

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**DISEÑO DE UNA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON UNA
RAMPA AUTOMÁTICA COMO MEDIO DE ACCESO PARA
PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA AL TRANSPORTE
PÚBLICO**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

AUTOR:

Jesús Sebastian Morales Bravo

ASESOR:

Dante Ángel Elías Giordano

Lima, Noviembre, 2024

Informe de Similitud

Yo, Dante Angel Elias Giordano, docente de la Facultad de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada DISEÑO DE UNA PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON UNA RAMPA AUTOMÁTICA COMO MEDIO DE ACCESO PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA AL TRANSPORTE PÚBLICO, del autor Jesús Sebastian Morales Bravo, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 6%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 30/10/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 30 de octubre de 2024

Apellidos y nombres del asesor: Elias Giordano, Dante Angel	
DNI: 10142907	Firma 
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5920-9608	

RESUMEN

En este documento, se presenta el diseño de un sistema mecatrónico conformado por un sistema de elevación y un sistema de traslación, con finalidad de permitir el acceso a personas con movilidad reducida, especialmente aquellas que usan sillas de ruedas, hacia la entrada de los buses de la línea roja del corredor complementario peruano. El sistema tiene una capacidad máxima de carga de 400kg, la cual se eleva a una altura de 1.10 m con respecto a la acera con una velocidad de 0.50 cm/s, permitiendo que el usuario llegue a la entrada del bus situada en la puerta posterior. La geometría está diseñada para sillas de ruedas de uso común con dimensiones máximas de 1.30 m de largo y 0.8 m de ancho.

El desarrollo del documento contempla inicialmente un breve resumen del trabajo de investigación con respecto al diseño conceptual del sistema propuesto siguiendo la metodología UFSC, resaltando conceptos claves, mecanismos existentes en el estado del arte, tesis, patentes y una solución conceptual representada en bocetos. A partir de este primer capítulo, se empieza a desarrollar el diseño mecánico teniendo en cuenta consideraciones preliminares para el desarrollo de los cálculos, los cuales junto con simulaciones en elementos finitos permiten seleccionar los distintos materiales y componentes mecánicos e hidráulicos. Luego se realiza el diseño eléctrico-electrónico y de control, donde se detalla el diagrama de funcionamiento, la lógica de control, y la selección de los distintos componentes eléctricos-electrónicos que se usaran para controlar y energizar el sistema. Por último, se realiza la integración del dominio mecánico y electrónico, presentando diseños 3D, planos y un balance de costos.

El sistema de elevación se basa en un mecanismo tipo tijera los cuales son usados por su robustez y su alta capacidad de carga sin perder el equilibrio. Por otro lado, el mecanismo de traslación está basado en un mecanismo telescópico el cual permite el traslado horizontal de cargas en voladizo con una flexión despreciable. Asimismo, se dispondrá de un panel de control el cual contendrá el controlador, relés de estado sólido y contactores, los cuales controlaran la entrada y salida de información de los sensores. La integración del sistema en sus tres dominios no supera los US\$ 12000 dólares estadounidenses, por lo que podemos concluir que su inversión está dentro del rango comercial.

DEDICATORIA



A Dios, el Arquitecto del Universo, por guiar cada uno de mis pasos, por darme unos padres maravillosos y amigos que han llegado y encajado perfectamente en mi vida.

A mis padres, por todo su amor, confianza e inspiración que me han brindado para alcanzar este gran logro. Los amo tres millones.

ÍNDICE

RESUMEN.....	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES.....	3
1.1. Persona con movilidad reducida	3
1.2. Silla de ruedas	3
1.3. Transporte público.....	5
1.4. Corredor complementario - Línea roja.....	5
1.5. Dimensiones de los accesos de ingreso y salida.....	6
1.6. Normas y regulaciones	6
1.6.1. Resolución de gerencia N.º 090 – 2019-MML/GTU	7
1.6.2. Resolución directoral N° 02-2021-ATU/DIR.....	7
1.6.3. Normas Ecuatorianas.....	8
1.7. Antecedentes tecnológicos	9
1.7.1. Modelos comerciales de plataformas de elevación	9
1.7.2. Modelos comerciales de rampas accesibles	10
1.7.3. Trabajos de investigación.....	11
1.8. Diseño conceptual	12
1.8.1. Requerimientos de diseño	12
1.8.2. Árbol de funciones y medios.....	13
1.8.3. Arquitectura mecatrónica	15
1.8.4. Bosquejos	16
1.8.5. Diagrama de relaciones e identidades	18
2. DISEÑO MECÁNICO DEL DISPOSITIVO.....	19
2.1. Consideraciones preliminares	19
2.1.1. Espacio de trabajo disponible.....	19
2.1.2. Geometría de la superficie de reposo para el ascenso	21
2.1.3. Geometría de la plataforma deslizante	22
2.1.4. Consideraciones cinemáticas de la plataforma de elevación.....	22
2.1.5. Cargas ejercidas en la plataforma de elevación.....	22
2.1.6. Cargas ejercidas en la plataforma deslizante.....	24
2.1.7. Metodología de cálculos de fuerzas y resistencia.....	24
2.2. Cálculos para el diseño del sistema de elevación.....	25
2.2.1. Dimensionamiento general de la estructura de elevación	25
2.2.2. Diseño de los brazos de elevación.....	29
2.2.3. Diseño de la superficie superior de la plataforma	38
2.2.4. Diseño de pasadores	40
2.2.5. Diseño de vástago de soporte para el cilindro	41
2.3. Cálculos para el diseño de la superficie telescópica.....	42
2.4. Selección de materiales	44
2.4.1. Selección de perfiles para la estructura de elevación	44
2.4.2. Selección del perfil de soporte central	47
2.4.3. Selección de la plataforma inferior	48
2.4.4. Selección de la plataforma superior	49

2.4.5.	Selección de la plataforma superior	50
2.4.6.	Selección de la plancha para la plataforma deslizable	50
2.4.7.	Selección de pasadores.....	51
2.4.8.	Selección de bocinas de unión.....	52
2.5.	Selección de actuadores	52
2.5.1.	Selección del actuador hidráulico.....	53
2.5.2.	Selección de la bomba y del motor	56
2.5.3.	Selección del mecanismo telescópico	59
2.6.	Modelamiento CAD del sistema mecánico	60
3.	DISEÑO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO Y DE CONTROL	64
3.1.	Lógica de funcionamiento del sistema	64
3.2.	Arquitectura de hardware	69
3.3.	Lógica de control del dispositivo	70
3.3.1.	Lógica de control para la plataforma de elevación.....	70
3.3.2.	Lógica de control para la plataforma telescópica automática	71
3.4.	Selección de componentes electrónicos	72
3.4.1.	Sensores.....	72
3.4.2.	Interfaz de entrada y salida.....	73
3.4.3.	Componentes para el control.....	75
3.4.4.	Controlador	77
3.4.5.	Fuentes de alimentación	79
3.5.	Diseño de la caja de control	80
4.	INTEGRACION Y ESTIMACION DE COSTOS	82
4.1.	Diseño de integración.....	82
4.2.	Registro de planos	85
4.3.	Diagrama de procesos	85
4.4.	Estimación de costos	87
4.4.1.	Costo de diseño del sistema	87
4.4.2.	Costo de materiales y componentes	87
4.4.3.	Costo de fabricación.....	89
4.4.4.	Costo de ensamblaje.....	89
4.4.5.	Costo de consumo energético.....	90
4.4.6.	Costo por imprevistos y logísticos	90
4.4.7.	Costo total del proyecto.....	90
5.	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES	92
6.	CONCLUSIONES	93
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	94
	ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Dimensiones estándar de una silla de ruedas manuales.....	4
Figura 1.2. Dimensiones estándar de una silla de ruedas eléctricas.....	5
Figura 1.3. Ruta del corredor complementario en Lima	6
Figura 1.4. Arquitectura del sistema mecatrónico.....	16
Figura 1.5. Boceto del sistema en proporción – vista inclinada.....	17
Figura 1.6. Vista en perspectiva de una persona de 1,70 m	17
Figura 1.7. Diagrama de relaciones y entidades.....	18
Figura 2.1 Dimensiones del espacio de trabajo.....	20
Figura 2.2 Dimensiones del sistema de elevación a) plegado y b) desplegado.....	21
Figura 2.3 Dimensiones de la superficie de contacto	21
Figura 2.4 Sistema de elevación.....	25
Figura 2.5 Medidas para el dimensionamiento de L	26
Figura 2.6 Medidas para el dimensionamiento de “a”	26
Figura 2.7 Esquema del elevador para usar trabajo virtual	28
Figura 2.8. Transmisión de carga útil desde la plataforma superior hacia los apoyos superiores.....	30
Figura 2.9. DCL de la plataforma superior AA´ en función de la medida M. Esta medida se usará para el análisis de la condición más crítica de carga.	30
Figura 2.10. DCL del conjunto de brazos de elevación	31
Figura 2.11 DCL del brazo de elevación CB	32
Figura 2.12 DCL del brazo de elevación AD.....	32
Figura 2.13. DCL de la rueda.....	33
Figura 2.14. DCL del brazo CB en las coordenadas X’Y’	35
Figura 2.15. a) Diagrama de fuerzas cortantes y b) diagrama de momentos flectores.....	36
Figura 2.16. DCL del brazo AD en las coordenadas X’Y’	36
Figura 2.17. a) Diagrama de fuerzas cortantes y b) diagrama de momentos flectores.....	38
Figura 2.18. Fuerzas de reacción generadas por la carga útil.....	38
Figura 2.19. DCL lateral de trinche telescópico.....	39
Figura 2.20. Analisis de deformación de la plancha base de la plataforma superior	40
Figura 2.21. Diagrama de fuerzas en la unión pasador – articulación	40
Figura 2.22. Diagrama de fuerzas en la unión pasador – articulación	42
Figura 2.23. Diagrama de fuerzas en vástago de soporte para los actuadores	42
Figura 2.24. DCL de la plancha del rinche telescópico.....	43
Figura 2.25. Distribución de las fuerzas en la plancha de la plataforma.....	43
Figura 2.26. Sección de la platina de acero	45
Figura 2.27. Plataforma inferior	48
Figura 2.28. Máxima deformación en la plataforma inferior	49
Figura 2.29. Plataforma superior.....	49
Figura 2.30. Máximo desplazamiento en la plataforma superior con platinas de soporte	50
Figura 2.31. Plancha de acero A36 de la empresa ICOFESA	50
Figura 2.32. Plancha estriada para la plataforma deslizante	51
Figura 2.33. Pasador de los brazos de elevación.....	51
Figura 2.34. Pasadores de los apoyos fijos del actuador hidráulico.....	52
Figura 2.35. Bocinas VSB50 de la empresa VIPLUS.....	52
Figura 2.36. Dimensiones del cilindro hidráulico	53
Figura 2.37. Dimensiones de la orquilla del cilindro	54
Figura 2.38. Sección de la bomba seleccionada PLP 10*2	57
Figura 2.39. Curvas de potencia vs velocidad de rotación PLP 10*1	58
Figura 2.40. Motor DC 1HP de la serie CDP3455.....	58

Figura 2.41. Trinche telescópico modelo ARES 65 W10	59
Figura 2.42. Sistema de elevación totalmente desplegado	61
Figura 2.43. Sistema de elevación totalmente plegado	61
Figura 2.44. Plataforma totalmente extendida.....	62
Figura 2.45. Plataforma totalmente retraída.....	62
Figura 2.46. Sistema integrado plegado completamente.....	62
Figura 2.47 Sistema mecánico integrado desplegado completamente	63
Figura 3.1. Diagrama de flujo principal	65
Figura 3.2. Diagrama de flujo a) Ascender plataforma, b) Deslizar rampa	66
Figura 3.3 Diagrama de flujo a) Descender plataforma, b) Retraer rampa	67
Figura 3.4. Diagrama de flujo de la interrupción cancelar operación	68
Figura 3.5. Arquitectura del hardware	69
Figura 3.6. Lógica de control para la altura del mecanismo de elevación	71
Figura 3.7. Lógica de control para el deslizamiento de la plataforma telescópica.....	71
Figura 3.8. Interruptores de fin de carrera MJ1-6107	73
Figura 3.9. Botones A-4480	74
Figura 3.10. Modulo de 2 luces FL50	74
Figura 3.11. Tira LED rojo de la marca Kobo, modelo NEON	75
Figura 3.12. Figura 3.12 Relé de estado sólido a) SSR-10DD y b) SRD-5VDC-SL-C	76
Figura 3.13. Contactor modelo HS1-63	76
Figura 3.14. Características técnicas del contactor modelo HS1-63	76
Figura 3.15. Regulador 6.5V-60V a 1.25V-30V	77
Figura 3.16. Arduino AT Mega 2560.....	79
Figura 3.17. Fuente conmutada a) 220Vac/12V y b) 220Vac/48Vdc	80
Figura 3.18. Fuente conmutada a) 220Vac/12V y b) 220Vac/48Vdc	80
Figura 3.19. Disposición interna del panel de control.....	81
Figura 3.20. Botonera para el control de operación	81
Figura 4.1. Diseño final en estado de reposo	83
Figura 4.2. Diseño final en estado de fin de operación	83
Figura 4.3. Disposición de sensores, caja de control, botonera y luces	84
Figura 4.4. Disposición de los sensores de campo magnético	84
Figura 4.5. Diagrama de procesos.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Modalidades del transporte público urbano [Bellido, 2018].....	5
Tabla 1.2 Buses concesionados del corredor [PROTRANSPORTE, 2022]	6
Tabla 1.3 Modelos de elevadores comerciales	10
Tabla 1.4 Modelos de rampas comerciales	11
Tabla 1.5 Trabajos de investigación sobre elevadores	12
Tabla 1.6 Requerimientos de diseño	13
Tabla 1.7. Funciones y medios óptimos.....	14
Tabla 2.1 Índice de masa corporal según sexo [Navarrete, 2016].....	23
Tabla 2.2 Dimensionamiento para la ubicación del actuador.....	27
Tabla 2.3 Fuerzas críticas que deberá soportar el actuador.....	29
Tabla 2.4 Fuerzas del sistema de elevación	34
Tabla 2.5 Fuerzas del brazo B1C1 en los ejes X'Y'	35
Tabla 2.6 Fuerzas del brazo AD en los ejes X'Y'	37
Tabla 2.7. Fuerzas de reacción en la plancha base de la plataforma superior	39
Tabla 2.8. Diagrama de fuerzas en la unión pasador – articulación.....	41
Tabla 2.9. Calculo de esfuerzo para la plancha.....	42
Tabla 2.10. Propiedades mecánicas del perfil rectangular [VH, 2022].....	44
Tabla 2.11. Dimensiones del perfil rectangular [VH, 2022]	44
Tabla 2.12. Características inerciales del perfil rectangular comercial.....	46
Tabla 2.13. Momentos de inercias generados por las fuerzas internas del sistema.....	47
Tabla 2.14. Momentos de inercias requeridos en vástago central.....	47
Tabla 2.15. Dimensiones de los perfiles cuadrados de la empresa CTM aceros.....	47
Tabla 2.16. Momento de inercia de del perfil cuadrado de la empresa CTM aceros	48
Tabla 2.17. Fuerzas del actuador hidráulico.....	53
Tabla 2.18 Configuración de cilindros hidráulicos a 100 bar	54
Tabla 2.19 Configuración de las dimensiones de la orquilla	55
Tabla 2.20. Cálculos de pandeo con ($L_e = L_{vástago}$)	55
Tabla 2.21. Magnitudes para hallar el caudal necesario.....	57
Tabla 2.22. Características principales del trinche telescópico ARES 65 W150.....	59
Tabla 2.23. Dimensiones de las variantes del modelo ARES 65 W150.....	60
Tabla 3.1. Posición del sensor magnético en los cilindros hidráulicos	70
Tabla 3.2. Selección de 3 modelos de sensores de fin de carrera.....	72
Tabla 3.3. Selección de 3 modelos de botones.....	73
Tabla 3.4. Selección de 3 modelos de balizas de luces	74
Tabla 3.5. Selección de 3 modelos de tiras LED.....	75
Tabla 3.6. Selección de reguladores de tensión.....	77
Tabla 3.7 Tabla de pines necesarios en el microcontrolador.....	78
Tabla 3.8 Selección de 3 modelos de microcontrolador	78
Tabla 3.9. Balance de potencias para la selección de las fuentes conmutadas.....	79
Tabla 4.1. Registro de planos mecánicos y electrónicos	85
Tabla 4.2. Costos de diseño.....	87
Tabla 4.3 Estimación de costos de materiales de construcción.....	87
Tabla 4.4. Estimación de costos de componentes comerciales	88
Tabla 4.5. Estimación de costos de fabricación	89
Tabla 4.6 Costos de ensamblaje del sistema	89
Tabla 4.7 Costo por consumo energético	90
Tabla 4.8 Costos total del proyecto de tesis	91

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú, el transporte público ha retomado su uso habitual como medio para llegar a lugares de trabajo, como oficinas, fábricas, escuelas, universidades, empleos independientes, y en el ámbito de la salud, para acudir a chequeos médicos, servicios de emergencia, pruebas de diagnóstico y terapias de rehabilitación. Entre las personas que utilizan este servicio, una gran proporción tiene alguna discapacidad, de las cuales aproximadamente el 38.2% emplea transporte público para desplazarse y un 28.6% utiliza transporte privado, lo que les supone una carga económica considerablemente mayor en comparación con el costo del transporte público [Defensoría del Pueblo, 2019]. Además, según el censo nacional realizado por el INEI en 2017, alrededor del 15.1% de la población tiene una discapacidad motriz que requiere el uso de silla de ruedas o muletas, y más del 59.4% son personas mayores de 60 años que sufren una o más discapacidades [Torres, 2019].

Malena Pineda, Jefa del Programa de Defensa y Promoción de los Derechos de las Personas con Discapacidad, indicó que el sistema de transporte no responde a las necesidades de las personas con discapacidad, “en el caso del transporte público es necesario renegociar los contratos con las concesionarias solicitando la accesibilidad en todo el sistema de transporte, mientras que en el transporte brindado por empresas privadas es necesaria una mayor fiscalización y sanción ante la falta de accesibilidad” [Defensoría del Pueblo, 2019]. Actualmente existen proyectos que se desarrollan en la ciudad de Lima con la adaptación de plataformas elevadoras en los buses del alimentador del metropolitano. De acuerdo con los datos obtenidos de la fiscalización realizada por CONADIS y publicado el 2016 en la plataforma digital única del estado peruano, nos

menciona que se cuentan con rampas y elevadores, sin embargo, faltan señalizaciones internas e implementación de más unidades de transporte que facilite el desplazamiento para personas con discapacidad. Ante esto, podemos observar que nuestro país no está lo suficientemente adaptado al problema de la accesibilidad en el servicio público debido a la carencia de cultura y la poca gestión de adaptación en las unidades de transporte.

El propósito principal de esta tesis es desarrollar una plataforma de elevación con una rampa automática que facilite el acceso al transporte público para personas con movilidad reducida en la línea roja del corredor complementario. Para lograr esto, se expone primero el marco teórico y el estado del arte, a partir de los cuales se elabora el diseño conceptual del sistema mecatrónico utilizando la metodología UFSC-PUCP [De Negri et al, 2021]. Con dicho diseño conceptual como base, se procede al diseño del sistema mecánico, detallando las consideraciones de diseño, los cálculos de dimensionamiento, y la selección de componentes y materiales tanto mecánicos como hidráulicos. Además, se lleva a cabo un análisis del sistema eléctrico y de control, eligiendo los componentes electrónicos adecuados y definiendo un algoritmo de control ON/OFF. Finalmente, se presenta el diseño final, que incluye diagramas de comportamiento, planos de ensamblaje y despiece, junto con una estimación de los costos de diseño y fabricación. Dada la envergadura que representa el diseño de este tipo de sistemas, este trabajo hará énfasis en: el diseño mecánico (diseño del sistema de elevación y de traslación), el diseño del diagrama hidráulico señalando los componentes de ingreso, salida y dirección del flujo, el diseño eléctrico-electrónico del sistema de elevación-traslación, y del sistema de control que se usará para activar o desactivar los cilindros hidráulicos cuando lleguen a las posiciones críticas. Por otro lado, en este documento no se desarrollará: el diseño de una interfaz de comunicación inalámbrica, el sistema de detección de buses para la alineación de la entrada posterior con la plataforma, la adecuación del espacio donde se instalará el sistema hidráulico, y el diseño detallado de los sistemas de protección en caso de fallas críticas.

El diseño propuesto en este documento busca promover y obtener impactos en la sociedad menos atendida, mediante el suministro de una solución mecatrónica, la cual permite un acceso sencillo al interior del bus a personas con movilidad reducida aumentando su capacidad de independencia. Asimismo, en el aspecto económico, se espera reducir el costo total de adaptación para los buses actuales, lo cual consta del costo del mecanismo e implementación.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

Este capítulo tratará sobre conceptos previos que proporcionan información para contextualizar la problemática, incluyendo detalles adicionales en la sección 1 del Anexo A. Además, se identifican las diversas tecnologías de elevación disponibles en el mercado y aquellas que son objeto de investigación. Finalmente, se presentará el diseño conceptual basado en la información recopilada.

1.1. Persona con movilidad reducida

Una persona con movilidad reducida (PMR) es aquella persona que presenta limitada, temporal o permanentemente, la posibilidad de desplazarse o moverse, lo cual genera una dependencia de una segunda persona que lo asista, ayudas técnicas y la supresión de barreras arquitectónicas para poder adquirir bienes y servicios [Consumoteca, 2020]. Esta definición no solamente considera a personas con alguna discapacidad relacionada a la movilidad (paraplejia, tetraplejia, problemas óseos, etc.), sino también se considera a ancianos, embarazadas, personas con niños pequeños, etc. [Fernandez,2003].

1.2. Silla de ruedas

Las sillas de ruedas son una forma de ayuda mecánica que sirve para movilizar a personas con alguna discapacidad motriz y adultos mayores quienes presentan problemas en las articulaciones [Válida, 2022]. Estos modelos están englobados en dos tipos, las sillas de

ruedas manuales y sillas eléctricas, las cuales están representadas en las Figuras 1.1 y 1.2 respectivamente.

Sillas de ruedas manuales: Estas permiten el movimiento mediante empuje manual y pueden auto propulsarse al girar las ruedas traseras, dependiendo del grado de discapacidad del usuario. Si el usuario tiene una discapacidad que limite completamente el movimiento de las extremidades, se necesitará de una segunda persona para impulsar la silla. Su uso puede ser para interior, intemperie o ambos [Válida, 2022].

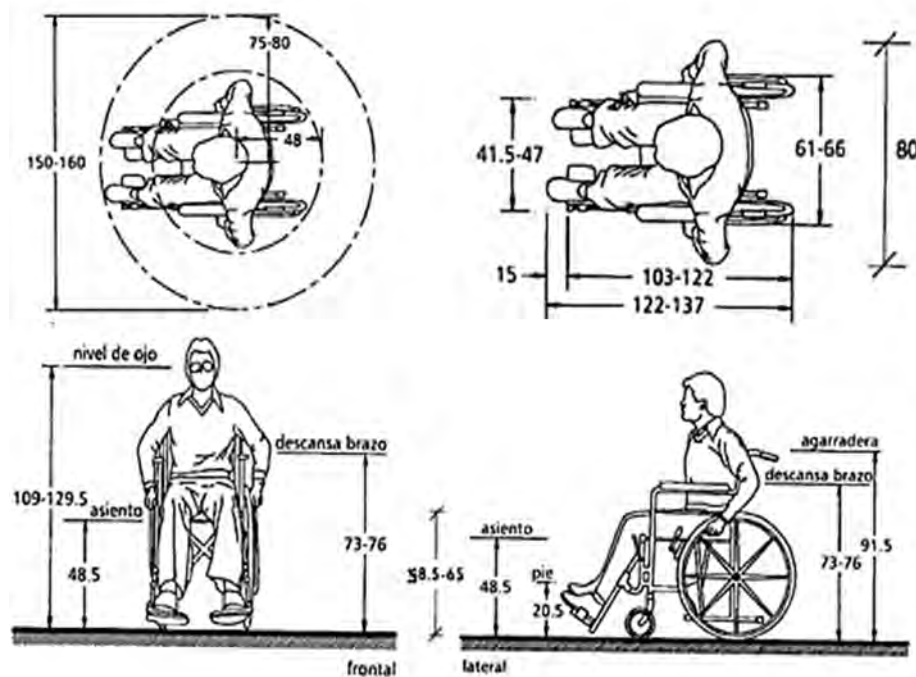


Figura 1.1 Dimensiones estándar de una silla de ruedas manuales [Ramírez, 2012]

Sillas de ruedas eléctricas: Estas sillas motorizadas funcionan con baterías y están pensadas para los usuarios que presentan limitaciones de movimiento y de coordinación, sin embargo, pueden utilizarlas cualquier persona. Normalmente se dirigen a través de un joystick integrado en el reposabrazos. Acostumbran a pesar más que las manuales y también pueden ser utilizadas tanto en interiores como en exteriores [Válida, 2022].



Figura 1.2. Dimensiones estándar de una silla de ruedas eléctricas¹

1.3. Transporte público

A continuación, se clasifican los tipos de transporte público según la capacidad que estos pueden transportar en sus recorridos. En la Tabla 1.1 realizada por la MTC, se describen las principales características de las modalidades en el transporte público urbano.

Tabla 1.1 Modalidades del transporte público urbano [Bellido, 2018]

Modalidad	Medio de transporte	Concepto
Alta capacidad	Tren Eléctrico (Metros) Metropolitano (Bus Rapid Transit-BRT)	En esta modalidad se transportan masivamente los pasajeros. Utilizan las rutas troncales por la mayor capacidad de pasajeros. Los articulados pueden transportar 180 pasajeros y los trenes de 5 vagones transportan 1000 pasajeros
Media capacidad	Corredores de buses, trolebuses, minibuses, tranvías, etc.	Esta modalidad usa las rutas alimentadoras y complementarias. Cada bus puede transportar 90 pasajeros.
Baja capacidad	Minibuses, taxis, mototaxis, otros.	En esta modalidad los vehículos son livianos y por ende solo transportan a pocos pasajeros, aumentando la congestión vehicular.

1.4. Corredor complementario - Línea roja

La línea roja del corredor complementario es un proveedor de transporte público en Lima que opera rutas de autobús. Presenta 4 rutas de autobús en Lima con 132 paraderos, las cuales cubren un área desde el norte de Ate en Ceres hasta el sur de La Molina con una parada en Río Amarillo. Asimismo, cubre desde el paradero Rafael Escardo en el oeste (San Miguel) hasta el paradero Victor Melasquez en el este (Pachacamac). Los límites zonales que comprende la ruta del corredor rojo se pueden observar en la Figura 1.3 [Moovit, 2022].

¹ ELENKER (2020), obtenido el 02 de mayo de 2022 de: <https://www.elenkerwalker.com/products/dy01106-2020-electric-wheelchair-foldable-power-wheel-chair-with-retractable-handle-for-travel-outdoor>



Figura 1.3. Ruta del corredor complementario en Lima²

Por medio del registro de buses concesionados hecho por el instituto metropolitano PROTRANSPORTE de Lima se obtuvo algunos datos presentados en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Buses concesionados del corredor [PROTRANSPORTE, 2022]

Corredor	Marca	Modelo de bus	Cantidad	Longitud
Corredor rojo	DAEWOO	BF120	8	12 metros
	DAEWOO	BF106	4	12 metros
	GOLDEN DRAGON	XML6125J13CN	12	12 metros
	VOLKSWAGEN	17.210	133	12 metros
	VOLKSWAGEN	17.230	37	12 metros

1.5. Dimensiones de los accesos de ingreso y salida

Se puede verificar, del “Informe técnico sobre el análisis de accesibilidad de los torniquetes en las unidades de transporte público de los corredores complementarios”, realizado por el personal de la Sub Dirección de Fiscalización, de la Dirección de Fiscalización y Sanciones del Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad, que la altura con respecto a la pista, tanto de la puerta de ingreso y salida, varían entre 1,00m a 1,10m dependiendo de los modelos de buses [CONADIS, 2020].

1.6. Normas y regulaciones

En esa sección se presentan normas y regulaciones más relevantes referidas al diseño y a los parámetros necesarios para el correcto funcionamiento de las plataformas de elevación, las cuales aportan un sustento teórico para el diseño del presente sistema.

² Moovit (2022), obtenido el 02 de mayo de 2022 https://moovitapp.com/index/es-419/transporte_p%C3%BAblico-lines-Lima-1102-858864

Asimismo, se adjuntan leyes y normas complementarias sobre el transporte y sobre la persona con discapacidad en la sección 2 del Anexo A.

1.6.1. Resolución de gerencia N.º 090 – 2019-MML/GTU

Según la resolución de gerencia N.º 090 dictada por la municipalidad metropolitana de Lima (MML) juntamente con la gerencia de transporte urbano (GTU), el diseño de los paraderos debe priorizar la seguridad vial y la accesibilidad universal por lo que se debe tener en consideración lo siguiente (Municipalidad metropolitana de lima, 2019).

- Garantizar las distancias de visibilidad seguras para la operación de los vehículos y para que el conductor pueda distinguir cualquier peligro, interferencia, acciones intempestivas o involuntarias de terceros.
- Considerar circuitos peatonales cómodos, seguros y libres de obstáculos con materiales adecuados para la circulación peatonal especialmente de las personas con movilidad diferente.
- Además, recomiendan mantener un área libre de obstáculos (postes, quioscos, etc.) a la altura de los puntos de embarque y/o desembarque del paradero.

1.6.2. Resolución direccional N° 02-2021-ATU/DIR

Se definen especificaciones técnicas sujetándose a lo establecido en la norma ISO 10542-1:2007, sistemas de ayuda técnica para personas con discapacidad, sistemas de sujeción de sillas de ruedas y sujeción de ocupantes [Municipalidad metropolitana de lima, 2021].

- La plataforma elevadora debe tener como mínimo 750 mm de ancho y mínimo 1 000 mm de longitud de espacio libre excluyendo bordes de seguridad, pasamanos y cualquier otro dispositivo de la plataforma.
- La velocidad de traslación de operación de la plataforma elevadora no debe exceder los 0,5 m/s y debe asegurarse de que no haya movimientos bruscos ni paradas repentinas.
- Estando el vehículo sobre una superficie plana y en la posición normal para que un usuario de silla de ruedas pueda abordar o desembarcar, el elevador debe ser capaz de ser bajado hasta reposar sobre esa superficie.
- El elevador debe contar con agarraderas en ambos lados.

1.6.3. Normas Ecuatorianas

En la siguiente sección se definirán algunas normas ecuatorianas que se usarán como medio de regulación para una futura implementación.

Norma técnica NTE 2245: La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2245 habilitada el año 2015, accesibilidad de personas con discapacidad al medio físico, indica la inclinación máxima que se puede permitir tener en una rampa de acceso con respecto a sus ejes. Inclinación con respecto al eje frontal o pendiente máxima, para rampas de acceso de longitud menor a 3 metros de 10 a 12 %. Inclinación con respecto al eje longitudinal y o pendiente transversal máxima 2%.

Norma técnica NTE 2853: La norma técnica NTE 2853 habilitada el año 2014, rampas para el ingreso a vehículos transporte, establece algunos requisitos que se deben tener en cuenta en la instalación, mantenimiento y uso, así como los métodos de ensayo que deben cumplir las rampas destinadas al ingreso y egreso asistido de personas con movilidad reducida, en especial con silla de ruedas, a los vehículos para el transporte terrestre de pasajeros. Las rampas, en su posición extendida, deben resistir una carga dinámica de, por lo menos, 250 kg. Las longitudes se deben medir con la rampa cargada con una silla de ruedas cuya masa sea de 150 kg. La silla se debe ubicar en el centro de la rampa, debiendo quedar los ejes de las ruedas equidistantes a los extremos de la rampa haciendo coincidir el eje longitudinal de la silla con el de la rampa.

Norma técnica NTE 2205: En la norma técnica ecuatoriana 2205 habilitada el año 2010, Vehículos automotores - bus urbano - requisitos, se definen los requerimientos técnicos para la construcción de elevadores para personas con movilidad reducida, para buses y minibuses, los mismos se detallan a continuación.

- Debe ser de 200 kg, sin contar con el peso de la plataforma, acompañante y otros elementos desplazables. Los mandos deben ser capaces de controlar de manera rápida e inmediata al sistema de elevación.
- Barrera de protección abatible en el piso y barandas que se desplacen junto a la silla de ruedas.
- Superficie antideslizante en la plataforma.

- Las dimensiones deben tener al menos un ancho mínimo de 800 mm y una profundidad de 1000 mm.
- Velocidad de desplazamiento de la plataforma. La velocidad de desplazamiento de la plataforma y partes de la misma no debe ser superior a 0,22 m/s. En despliegue y repliegue, la velocidad no debe ser superior a 0,33 m/s.

1.7. Antecedentes tecnológicos

En el siguiente apartado se describirán las principales características de modelos comerciales y trabajos de investigación, tanto de plataformas de elevación y rampas automáticas. Asimismo, se añade una descripción de modelos patentados en la sección 3 del Anexo A.

1.7.1. Modelos comerciales de plataformas de elevación




A continuación, se presentarán 3 modelos de elevadores que cumplen la función de elevar a las personas en sillas de ruedas hacia su medio de transporte.

Plataformas elevadoras doble brazo GX: Los elevadores de doble brazo proporcionan un sistema simple e innovador que facilita el acceso a bordo de vehículos adaptados a personas que utilizan sillas de ruedas ortopédicas. El sistema de elevación es de tipo electrohidráulico operado por un control remoto y equipado con un sistema manual de emergencia (Tecnoaccesible, 2019).

Plataforma de elevación UVL855: El modelo de la plataforma UVL855 se monta en un escalón para que no interrumpa el flujo subida y bajada de los usuarios. El elevador de tipo tijera es automático y operado por un asistente usando el control manual estándar. Presenta un funcionamiento suave, silencioso, y un sistema manual como característica estándar en el caso que presente algún inconveniente [Scientific, s.f].

Elevador para sillas de ruedas DH-TV.03: La plataforma DH-TV 300 está especialmente diseñada para autobuses urbanos. La plataforma se suele montar tras una de las puertas laterales del autobús y ocupa el lugar que ocuparía la escalera de acceso. Al desplegarla, el sistema se transforma automáticamente en una plataforma elevadora que es accionada por dos columnas y se usa para ayudar a los usuarios en silla de ruedas a subir y bajar del vehículo [Ayala, 2017].

Tabla 1.3 Modelos de elevadores comerciales

	Elevador para sillas de ruedas DH-TV.03 ³	Plataformas elevadoras doble brazo GX ⁴	Plataforma de elevación UVL855 ⁵
Características			
Alimentación	12V / 24V	-	12V / 24V
Capacidad de carga	350 kg	340 kg	300 kg
Operación	Control remoto	Control Manual	Mando a distancia
Actuador	Electrohidráulico	Eléctrico	Electrohidráulico
Plataforma antideslizante	Si	Si	Si

1.7.2. Modelos comerciales de rampas accesibles

A continuación, se presentarán 2 modelos de rampas automáticas que existen en el mercado para que la persona en sillas de ruedas pueda acceder al transporte público.

Rampa oculta automática Excelsior: Su funcionamiento se basa en emplear mandos de control colocados en la pared más próxima para plegar o desplegar la rampa en cuestión de unos segundos, asimismo destaca por su sencillez de uso y que se retrae sin ocupar espacio innecesario para el paso de los demás usuarios. [Grupo excelsior, 2020].

Rampa MOVIA automática: Las rampas MOVIA están hechas completamente de lámina de aluminio sin costuras, permitiendo la creación de dispositivos ligeros con un espacio mínimo. La superficie de contacto perforada aplica el mismo principio que la cáscara de nuez, creando una estructura muy ligera, de extrema dureza y resistencia. [Fadiel italiana, 2022].

³ Tecno accesible (2019), obtenido el 02 de mayo del 2022 de: <https://tecnoaccesible.cl/plataformas-elevadoras-doble-brazo-gx-modelo-lo/>

⁴ Scientific Co (s.f), obtenido el 02 de mayo del 2022 de: <http://scientificme.net/uvl-855/>

⁵ Movilidad sin límites (s.f), obtenido el 02 de mayo de 2022 de: https://movilidadesinlimites.com/elevadores_vehiculos_DH-TV.03.php

Tabla 1.4 Modelos de rampas comerciales

Características	Rampa oculta automática Excelsior ⁶	Rampa MOVIA automática ⁷
Alimentación	100V-240 V	-
Capacidad de carga	250 kg	350 kg
Operación	Control remoto, aplicación móvil	Control manual
Ancho	1,00 m	0,76 m
Actuador	-	Neumático
Plataforma antideslizante	Si	Si

1.7.3. Trabajos de investigación

A continuación, se presentarán algunos trabajos de investigación referidos a tipos de elevadores para buses accesibles desarrollados por estudiantes de pregrado y postgrado.


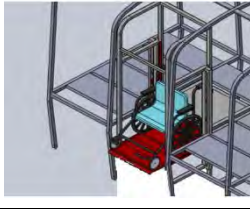
Sistema mecánico de una plataforma para el acceso a buses urbanos: Debido a la falta de accesibilidad en la ciudad de Ibarra, las personas en sillas de ruedas no hacen uso de los buses a pesar de que cuentan con un espacio preferente para ellos. Una forma de ayuda es el diseño de una plataforma que permita el ascenso desde el nivel del suelo al nivel de la entrada, sin necesidad de realizar ninguna modificación a la estética del bus, el mismo que puede ser acoplado en cualquier bus de tipo urbano [Quingla, 2017].

Sistema de elevación mecánica para personas en silla de ruedas: El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general diseñar y construir un elevador mecánico para personas con movilidad reducida que puede ser instalado en un bus de transporte urbano en la ciudad de Ibarra. Se realizaron cálculos estructurales para definir los perfiles y materiales adecuados para ser utilizados en la construcción del prototipo. [Vizcanio,2018].

⁶ Grupo Excelsior (2020), obtenido el 02 de mayo de 2022: <https://www.grupoexcelsior.com/rampas-de-accesibilidad-rampa-oculta-automatica/>

⁷ Fadiel Italiana (2022), obtenido el 02 de mayo de 2022: <https://www.fadiel.com/ausili-al-trasporto/rampe-accesso-veicoli-e-pedane-di-carico-/rampa-movia-automatica.html>

Tabla 1.5 Trabajos de investigación sobre elevadores

	Sistema mecánico de una plataforma para el acceso a buses urbanos [Quingla, 2017]	Sistema de elevación mecánica [Vizcaino, 2018]
Características		
Capacidad de carga mínima	200 kg	200 kg
Alimentación	-	12 V – 24V
Mecanismo	Elevador de 4 barras	Elevador 2 columnas
Actuador	Neumático	Electrohidráulico
Superficie antideslizante	Si	Si
Operación	Control manual	Control manual

1.8. Diseño conceptual

En esta sección se presentará el diseño conceptual de la propuesta de solución a la que se arribó siguiendo la metodología UFSC-PUCP [De Negri, 2021], la cual consiste inicialmente en la obtención de los requerimientos de diseño a partir de una encuesta realizada a nuestro público objetivo, los cuales junto con un árbol de funciones y medios del sistema, ayuda a la implementación de matrices de evaluación para elegir la solución más óptima y finalmente presentar bocetos con sus diagramas de operación correspondientes.

1.8.1. Requerimientos de diseño

A partir de los resultados de la encuesta realizada a personas con movilidad reducida y familiares, mostrada en la Sección 1 del Anexo B, se obtienen requisitos de usuarios los cuales se traducen a requisitos de diseño enlistándolos junto a sus valores cuantitativos en la Tabla 1.6, los cuales delimitarán ciertas características en el desarrollo de los subsistemas.

Tabla 1.6 Requerimientos de diseño

Categorías	Requisitos de diseño	Valores del parámetro
Funcionalidad	Sistema de ascenso del mecanismo de elevación	Elevar automáticamente al usuario a una altura de 1.00m - 1.10m de la superficie de la pista.
	Sensar la altura obtenida del despliegue	Sensar la altura de la plataforma mediante sensores de precisión
	Sistema de conexión que permite el desplazamiento del usuario	Desplazamiento automático hacia la entrada del bus.
Funcionalidad	Sensar la distancia de desplazamiento obtenida	Sensar la distancia de la rampa que sale de la plataforma
Ergonomía	Sistema de control de ruido	Ruido máximo de operación = 50 dB.
	Altura ergonómica del panel de control	Altura ergonómica aproximadamente de 1m desde el nivel del suelo
Estética	Señalización del espacio	Marcas y señaléticas en el suelo y en la plataforma
Seguridad	Sistema de alarma auditiva y visual	Luces de emergencia y sirena que señalen el proceso
	Diseño plegado compacto	Plegado de la plataforma al ras del suelo
Legalidad	Dimensionamiento de las rampas	NTE 2245 - rampas de acceso de longitud menor a 3 metros de 10 a 12 %.
	Capacidad de soporte de rampas	NTE 2853 - rampas deben resistir por lo menos 250 kg
	Dimensionamiento adecuado de la plataforma de elevación	Resolución directoral N.º 02-2021-ATU/DIR - espacio libre mínimo 750 x 1000 en mm
	Velocidad óptima de despliegue de la plataforma	Resolución directoral N° 02-2021-ATU/DIR - la velocidad de operación no debe exceder los 0.5 m/s
	Incorporación de barandas	NTE 2205- elevadores para buses necesitan barandas de seguridad a una distancia ergonómica
Robustez	Estructura anticorrosiva	Normativa de tratamiento corrosivo UNE-EN ISO 12944, preparación previa y recubiertas de pintura anticorrosión.
Robustez	Dimensionamiento adecuado del sistema completo	Dimensiones del sistema <ul style="list-style-type: none"> ● Desplegado= 1000*1200*1500mm ● Plegado = 1000*1200*800mm
Mantenibilidad	Desmontaje sencillo	Número de piezas (sin considerar piezas de sujeción) máxima a ensamblar = 20 piezas
Usabilidad	Panel de control sencillo y señalizado	Compuesta por pocos elementos, 3 botones, 1 panel con luces, alarmas visuales y auditivas, con etiquetas
Cinemática	Sistema de actuación constante	Actuador con suficiente fuerza para elevar un peso considerable y que permitan el desplazamiento suave de la rampa
Energía	Fuente de energía	Red doméstica, 220VAC 60 Hz
Materiales	Material óptimo de la estructura	Acero A36 para estructuras metálicas expuestos a cargas variables
	Tipo de material en la superficie de contacto	Rampas de aluminio con recubrimiento de goma antideslizantes
Tiempo	Tiempo de operación	Tiempo máximo subida y bajada de plataforma = 60s
Costos	Piezas de bajo costo y buena calidad	Componentes que son de fácil intercambio

1.8.2. Árbol de funciones y medios

En la sección 3 del Anexo B, se muestra el árbol de funciones y medios obtenido a partir del análisis de funcionamiento del sistema mecatrónico. Dicho esquema permite estructurar las distintas funciones de los subsistemas, como también, los medios que se

usan para llevar a cabo dichas funciones. Las subfunciones y medios óptimos que se usan en el diseño son seleccionados mediante evaluaciones técnico-económicas y presentadas en matrices morfológicas en la sección 4 del anexo B, asimismo, facilitarían la selección de componentes. A continuación, en la Tabla 1.7 se enlista las funciones y sus medios de solución respectivos.

Tabla 1.7. Funciones y medios óptimos

Nivel	Función	Descripción	Medio óptimo
1	Abordar el transporte público	La función de abordaje al transporte público se refiere al proceso de elevación y traslado del usuario desde el nivel del suelo hacia el nivel del ingreso	Mecanismo mecatrónico debido al aporte de un menor esfuerzo.
2	Interactuar con el usuario	La interacción física entre el sistema mecatrónico con el usuario es necesaria para que el sistema pueda realizar las funciones de acuerdo con la necesidad del usuario.	Interfaz integrada (Botones y luces), debido a la facilidad de uso.
	Elevar al usuario	La elevación del usuario se refiere a la acción de ascenso del usuario desde el nivel del suelo hacia el nivel de ingreso.	Mecanismo de elevación tipo tijera, debido a su estabilidad al ascender.
	Conectar la plataforma con la entrada	Permitir el desplazamiento del usuario hace referencia al deslizamiento de un mecanismo para cerrar la distancia entre la plataforma de elevación y la entrada de la puerta posterior del bus.	Rampa automática, debido a su autonomía de accionamiento.
	Controlar acciones del sistema	El control de las funciones del sistema como por ejemplo la elevación y el despliegue de la rampa son necesarias ya que debemos tener presente la activación de los actuadores correspondientes y de los sensores	Microcontrolador, debido a la rápida programación y al bajo costo.
	Energizar el sistema	La forma de energizar el sistema es muy importante al momento de minorizar costos de funcionamiento y buscar un enfoque ambientalista.	Corriente AC, debido al tiempo de operación del sistema y al consumo.
3	Alertar a los peatones	Esta función mantendrá alerta a cualquier peatón cerca de la zona mientras que el mecanismo esté funcionando	Buzzer y luces intermitentes, debido a su forma de alertar a los peatones.
	Mostrar estado	En el panel de control se mostrará por medio de una interfaz en qué estado se encuentra el sistema (tipo de operación que realice), así mismo el estado y el lugar donde se encuentre el bus.	Luces LED, debido a la facilidad de observación y entendimiento.
	Confirmar pedido del servicio	La confirmación del pedido del servicio hace referencia a la interacción que tiene el usuario con el panel de control para poder pedir el servicio de transporte y poder abordar el siguiente bus adaptado.	Esta confirmación se realizará mediante botones en el panel de control.
	Accionar mecanismo de elevación	El accionamiento del mecanismo de elevación se realiza mediante diferentes tipos de actuadores, los cuales presentan sus propias ventajas y desventajas frente a otros.	Cilindros hidráulicos, debido al ascenso fluido, con rápida reacción y poco ruido.
	Soportar cargas en la plataforma	Esta función hace referencia a la parte del mecanismo que se encuentra debajo del usuario soportando su peso y los pesos extra.	Plataforma antideslizante con sardinel, debido a que es una forma segura para el ascenso de la silla de ruedas.
	Controlar altura	Esta función hace referencia al control que se debe tener de la plataforma de elevación para que el movimiento sea fluido y que la altura a la que se encuentre sea la deseada.	Sensor infrarrojo, debido a que es la forma más precisa para saber la altura de la plataforma.

Nivel	Función	Descripción	Medio óptimo
3	Accionar mecanismo para el desplazamiento	El accionamiento del mecanismo de desplazamiento se refiere al despliegue de un accesorio que ayudará a los usuarios cruzar de la plataforma elevada hacia la entrada posterior del bus. Se realizará mediante diferentes tipos de actuadores, los cuales presentan sus propias ventajas.	Motor DC, debido a que la plataforma debe deslizarse con el torque suficiente.
	Controlar posición	El control de posición del accesorio que se desplegará de la plataforma de elevación es esencial para saber si es posible desplegarse o cuanta distancia falta para acoplarse a la entrada	Sensores de fin de carrera, debido a su práctico funcionamiento, a su precisión y rápida reacción.
	Soportar cargas en la rampa	Con la finalidad de soportar el peso de los usuarios al cruzar de la plataforma de elevación a la puerta de entrada posterior, se necesita de una estructura especial que pueda soportar el peso de los usuarios	Plataforma antideslizante con sardineles, debido a que es una forma segura de que el usuario pueda desplazarse.
	Alimentar componentes	La alimentación de los componentes proviene de la fuente de energía de la red doméstica, la cual es necesario transformar para cumplir con la alimentación de ciertos componentes que no pueden ser alimentados directamente	Transformador tipo Switching, debido a la capacidad y eficiencia de transformación a la potencia necesaria para alimentar a los componentes.
	Regular energía	La alimentación de los componentes electrónicos proviene de la fuente de energía de los transformadores, donde es necesario regularla para la alimentación de ciertos componentes electrónicos de bajo voltaje.	Reguladores de voltaje conmutada, debido a su eficiencia y a la protección necesaria para alimentar los componentes electrónicos-

1.8.3. Arquitectura mecatrónica

La Figura 1.4 muestra la arquitectura del sistema mecatrónico, ilustrando las entradas y salidas del mismo. En ella se destacan los sensores, actuadores y el sistema de información. El proceso inicia con el contacto del usuario con el panel de control, que incluye tres botones: Ascenso, Deslizar y Cancelar. Estas señales se transmiten al sistema de control, activando los actuadores de la plataforma y la rampa automática. La posición de la rampa se detecta mediante sensores de fin de carrera, mientras que la altura de la plataforma se mide con un sensor magnético de distancia. Por último, como salidas se tienen señales visuales, como luces LED que indican paraderos con servicio adaptado, luces de emergencia y un altavoz que emite sonidos cuando el sistema está en funcionamiento.

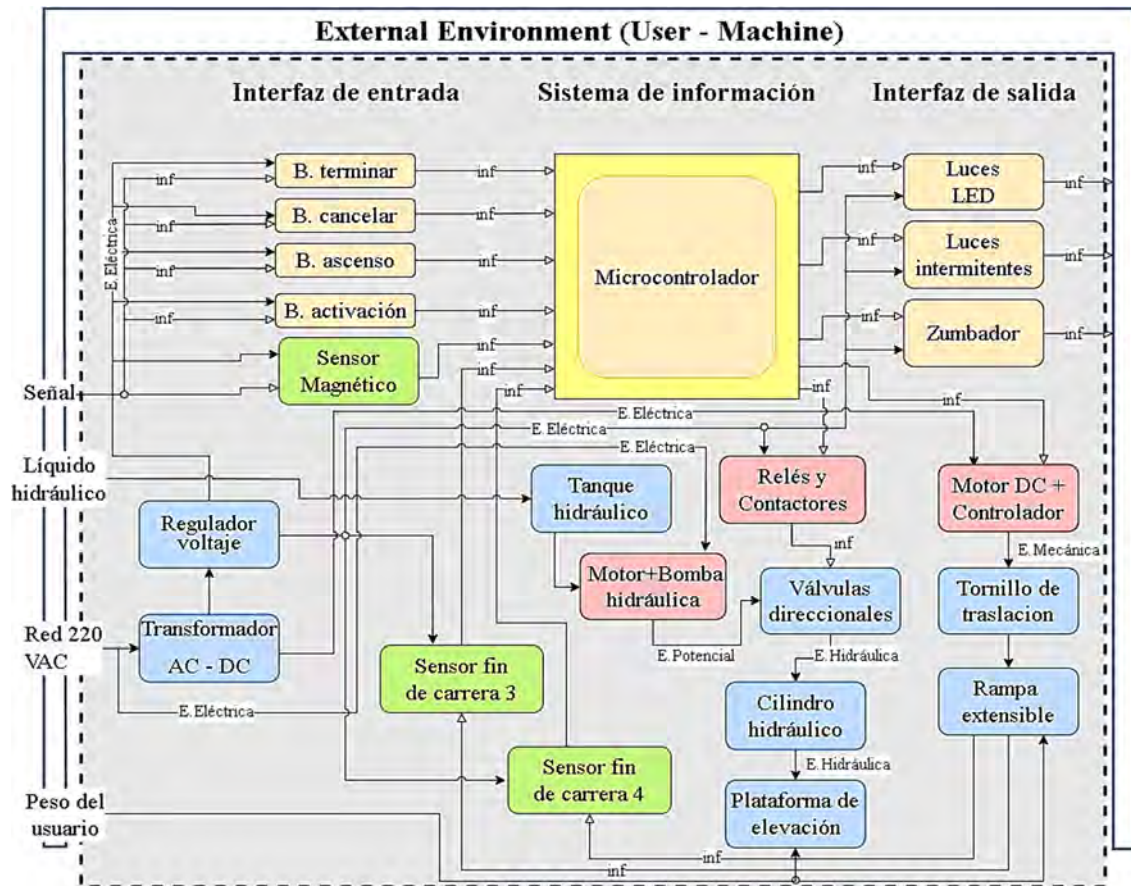


Figura 1.4. Arquitectura del sistema mecatrónico

1.8.4. Bosquejos

En esta sección se presentan bocetos de la propuesta de solución del sistema mecatrónico, tanto en vista inclinada como lateral, tomando como referencia dimensional a posibles usuarios. Los bocetos de las partes principales se encuentran en la sección 5 del Anexo B.

Por un lado, el boceto de la Figura 1.5 muestra de forma proporcional el mecanismo de elevación y la rampa en proceso de despliegue, con un usuario en silla de ruedas y las escaleras referenciales de un transporte público. Se puede observar un cajón donde reposará la rampa automática con sardinel, que deberá desplazarse una distancia menor a la longitud del cajón para evitar grandes esfuerzos en su punto de apoyo y su mecanismo de actuación. Asimismo, se observa el mecanismo de elevación, que será accionado por dos cilindros hidráulicos alimentados desde un depósito con un fluido especial, y se deslizará mediante ruedas sobre la plancha de acero de la plataforma inferior.

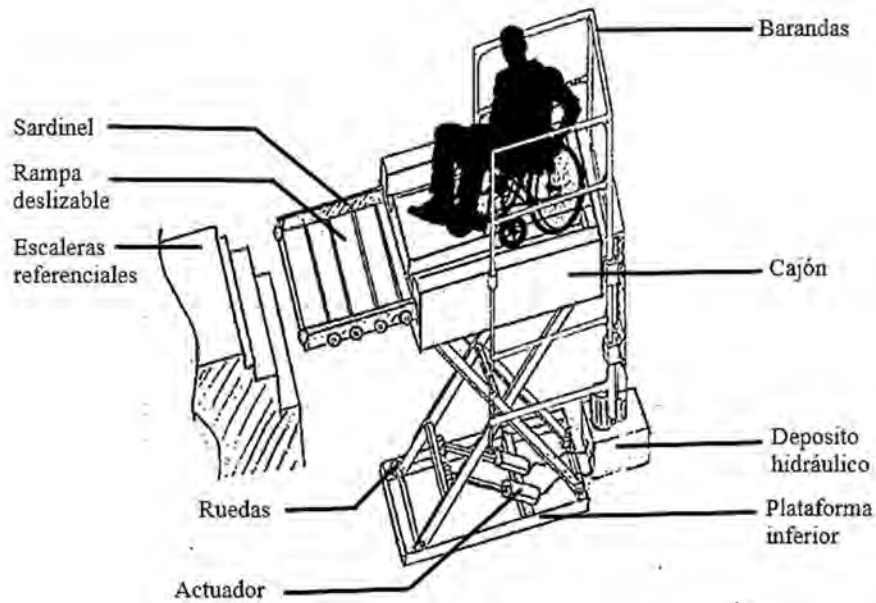


Figura 1.5. Boceto del sistema en proporción – vista inclinada

Finalmente, se muestra en la Figura 1.6 un boceto del sistema general implementado en un paradero en vista lateral, mostrando las dimensiones en proporción tomando como referencia a un peatón con una estatura promedio de 1.70m. Se puede observar el panel de control por el cual el usuario interactuara con el sistema, ascendiendo y descendiendo la plataforma superior junto con el cajón y al usuario. Este sistema de elevación se soportará por unos brazos de elevación dispuestos en forma de tijera los cuales permitirán en traslado vertical.

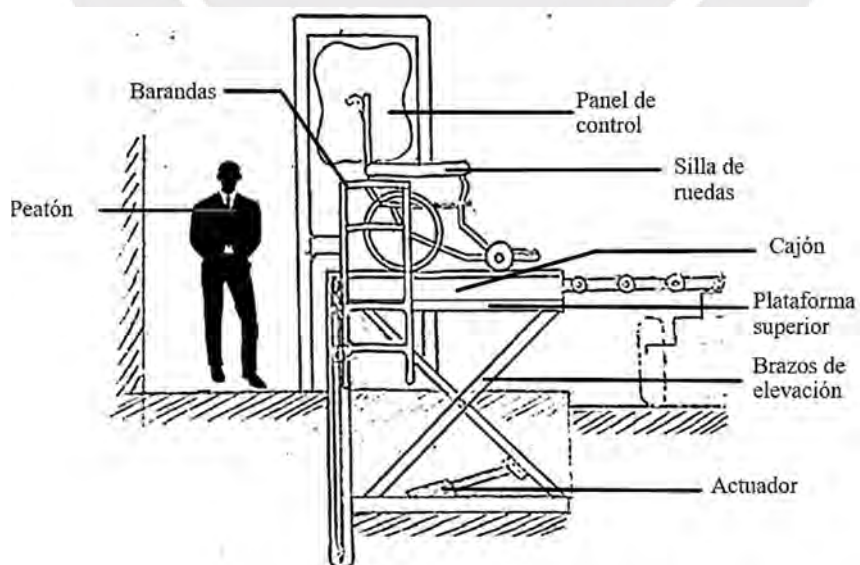


Figura 1.6. Vista en perspectiva de una persona de 1,70 m

1.8.5. Diagrama de relaciones e identidades

En el diagrama mostrado en la Figura 1.7 se observa el diagrama de relación e identidad del sistema mecatrónico, el cual presenta la interacción de los usuarios y las operaciones del sistema que son activadas mediante medios de entrada de información. Estas operaciones son medidas mediante sensores, teniendo como variables esperadas la posición de la plataforma, posición de la plataforma y la posición de las barandas. Las variables medidas nos proporcionan información del estado del sistema actual en cada proceso, los cuales solo algunas serán mostradas como el tipo de proceso en el que se encuentra o si ya termino de realizar alguno.

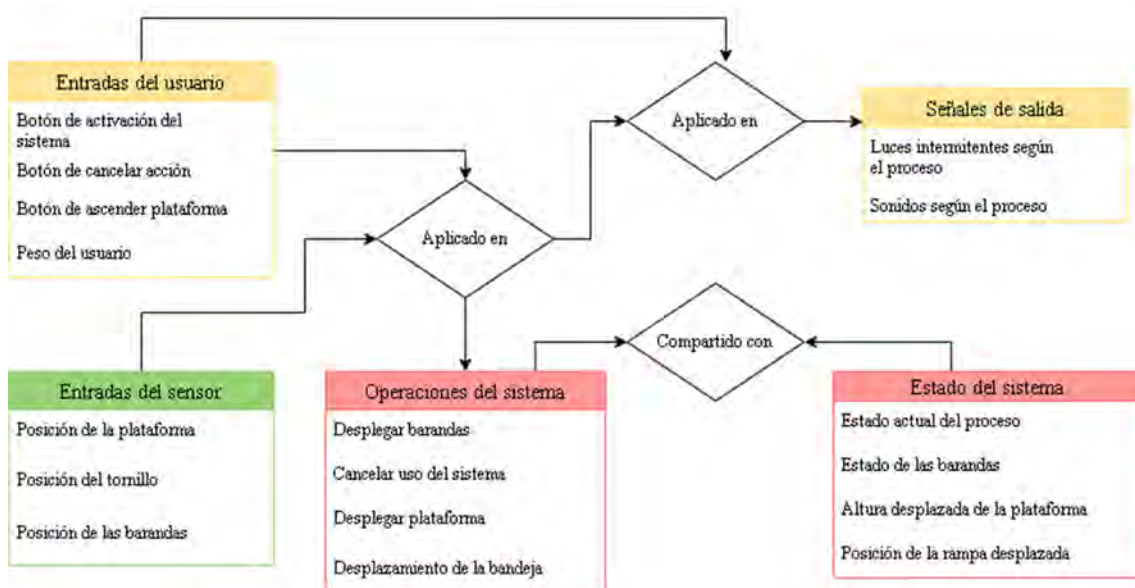


Figura 1.7. Diagrama de relaciones y entidades

CAPÍTULO II

DISEÑO MECÁNICO DEL DISPOSITIVO

Este capítulo detalla el desarrollo del diseño mecánico del sistema. Primero, se abordan las consideraciones preliminares para el dimensionamiento de la plataforma de elevación y la plataforma deslizable, conforme a las normas de construcción accesible indicadas en el apartado 1.4. Luego, se presentan los cálculos de dimensionamiento y fuerzas internas para los distintos componentes del dominio mecánico en situaciones críticas, y finalmente, se seleccionan el tipo de material y su método de actuación.

2.1. Consideraciones preliminares

A continuación, se presentarán criterios preliminares a tener en cuenta para el adecuado dimensionamiento de los subsistemas y el cálculo de sus componentes mecánicos.

2.1.1. Espacio de trabajo disponible

Basándose en la resolución emitida por la Gerencia de Transporte Urbano (GTU) y la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML), código 090-2019-GTU/MML, el espacio designado para la entrada y salida del bus, marcado en celeste en la Figura 2.1, es de 1,50 metros de ancho por 2,00 metros de largo. Por consiguiente, el diseño de la plataforma ocupará un espacio de 1,20 metros de ancho por 1,90 metros de largo, marcado en gris en la Figura 2.1. Así, se cumple con las dimensiones mínimas requeridas según la Resolución Directoral N°02-2021-ATU/DIR de la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU).

Para mantener la plataforma de elevación al nivel del pavimento, se construirá un agujero de cemento de 0,75 metros, donde el sistema totalmente retraído podrá reposar. De esta manera, los usuarios podrán acceder y colocarse sobre la plataforma fácilmente. Este agujero, que no está contemplado en el diseño propuesto del sistema, se dimensionará de modo que haya una pequeña separación de 1,5 cm a cada lado respecto a la plataforma para evitar cualquier fricción. Por lo tanto, las dimensiones del agujero serán de 1,23 metros de ancho por 1,93 metros de largo, como se muestra en la Figura 2.1.

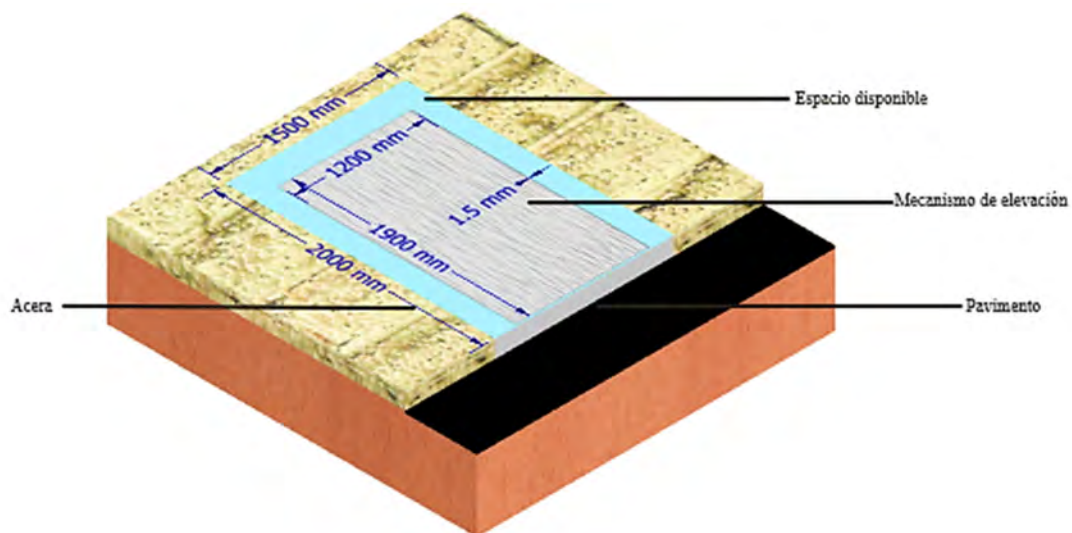


Figura 2.1 Dimensiones del espacio de trabajo

La Figura 2.2 muestra una representación del sistema de elevación, indicando sus dimensiones tanto en su forma completamente plegada (a) como desplegada (b). Se destacan varios componentes definidos por sus puntos de contacto, como los perfiles de las plataformas inferior CC' y superior AA', donde esta última transmite la carga útil a la estructura sostenida por los brazos de elevación AD y CB. Además, se visualiza el actuador hidráulico conectado en los puntos CP, encargado de generar la fuerza necesaria para elevar el sistema, y los diferentes puntos de apoyo, tanto fijos (A y C) como móviles (B y D).

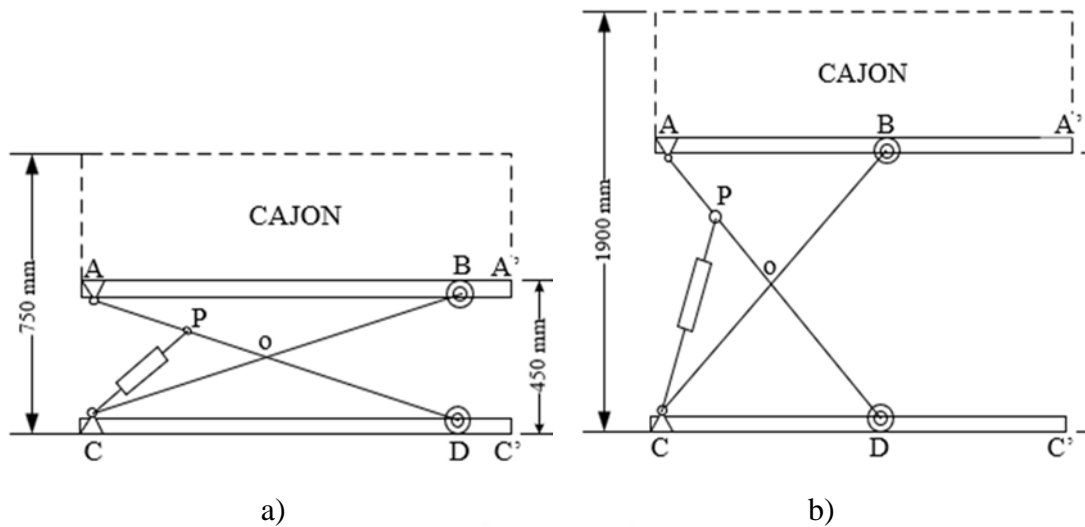


Figura 2.2 Dimensiones del sistema de elevación a) plegado y b) desplegado

2.1.2. Geometría de la superficie de reposo para el ascenso

Tomando como referencia la Resolución Directoral emitida Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU) con el código N.º 02-2021-ATU/DIR, la plataforma de contacto con la silla de ruedas debe presentar como mínimo 0,75 metros de ancho y 1,20 metro de largo. Por lo tanto, la superficie superior del cajón, el cual estará en contacto con las sillas de ruedas, será de 0,80 metros de ancho y 1,9 metros de largo. Por otro lado, se contará con un espacio rectangular de 0.10 metros de ancho a sus laterales para el anclaje de las barandas como se muestra en la Figura 2.3.

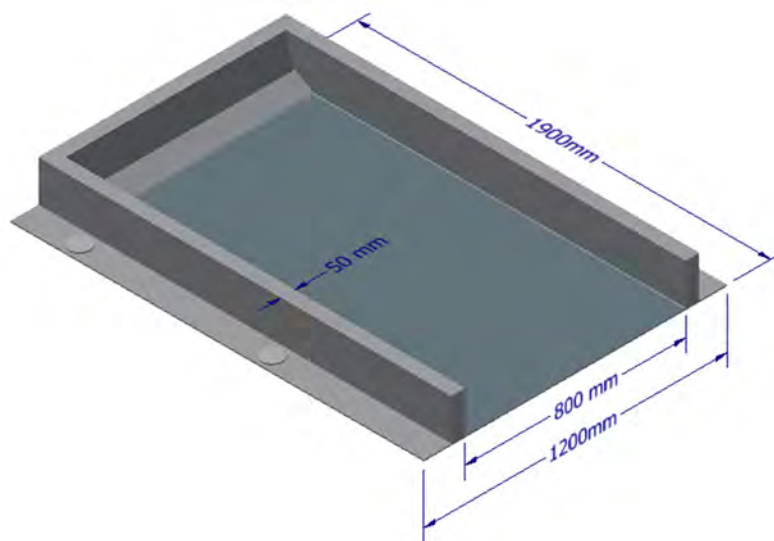


Figura 2.3 Dimensiones de la superficie de contacto

2.1.3. Geometría de la plataforma deslizable

Asimismo, de acuerdo con la Resolución Directoral N.º 02-2021-ATU/DIR, la plataforma deslizable que conecta la superficie del escalón superior de entrada con la entrada del bus debe cumplir con los requisitos mínimos establecidos. Por lo tanto, dicha plataforma tendrá 0,8 metros de ancho y 1,30 metros de largo. Se estima que se desplazará 0,70 metros hacia la entrada del bus.

2.1.4. Consideraciones cinemáticas de la plataforma de elevación

Con respecto al comportamiento cinemático, el sistema debe presentar una velocidad no mayor a 5 cm/s según la resolución directoral N° 02-2021-ATU/DIR. La velocidad deberá ser constante durante el recorrido vertical, por lo que la aceleración es prácticamente nula y se puede despreciar. Por este motivo, los cálculos realizados para hallar las distintas fuerzas del sistema de elevación serán analizados como un sistema estático.

La puesta en marcha del sistema necesitará una aceleración de partida hasta llegar a la velocidad cruceo de 5 cm/s, la cual se puede determinar mediante la Ecuación 2.1. Guerrero [2013] asume en su documento de tesis un tiempo referencial de 2,0 segundos para alcanzar la velocidad final requerida y así estimar la aceleración de arranque obteniendo un valor de 2,50 cm/s².

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{V_f - V_o}{\Delta t} \quad (2.1)$$

Tomando en cuenta que el tiempo referencial de aceleración y desaceleración es de 04 segundos en total, que la velocidad de cruceo es de 5 cm/s y que la altura requerida de elevación de la plataforma es de 1.10 metros con respecto al suelo, el tiempo calculado total de ascenso será 22 + 04 =26 segundos.

2.1.5. Cargas ejercidas en la plataforma de elevación

Dependiendo del nivel de discapacidad de la persona sentada en la silla de ruedas, el peso que se ejercerá en la plataforma es variable. Según el registro de enfermedades no transmisibles del instituto nacional de estadísticas e informática (INEI) realizado el año 2021, señala que alrededor del 62,7% de la población presenta exceso de peso y el índice de masa corporal (IMC) promedio en el país es 27,50 kg-m² demostrando que somos un

país con sobrepeso. En la Tabla 2.1, se evidencia el estado de la población según el índice de masa corporal y el sexo.

Tabla 2.1 Índice de masa corporal según sexo [Navarrete, 2016]

Índice de Masa Corporal	Masculino	Femenino	Total
Muy bajo peso (< 16.9)	0,4%	1,1%	0,6%
Bajo peso (17.0 - 18.4)	0,4%	1,2%	0,7%
Normal (18.5 - 24.9)	44,6%	64,7%	58,0%
Sobrepeso (25.0 - 29.9)	40,9%	26,7%	32,7%
Obesidad (30.0 - 34.9)	8,4%	4,4%	5,9%
Obesidad marcada (35.0 - 39.9)	4,9%	1,5%	1,7%
Obesidad mórbida (> 40.0)	0,4%	0,4%	0,4%

Con el fin de que una mayor parte de los usuarios puedan hacer uso del sistema, se considera un percentil 90, el cual abarca a una población de muy bajo peso hasta personas con sobrepeso ($IMC < 30 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$). Asimismo, realizando una aproximación lineal de la estatura con los estándares nacionales de argentina con un percentil 90 de 1,84 metros⁸ (se detalla en el Anexo C/sección 1) y sabiendo que la población de argentina es un 4.9% más alta que la población peruana⁹, el percentil 90 de la estatura en Perú obtenido mediante la Ecuación 2.2, tendría un valor de $Est_{pe} = 1,75$ metros.

$$Est_{pe} = 1,84 - 4,9\% * Est_{pe} \quad (2.2)$$

Con los datos de estatura e IMC determinados previamente, mediante la Ecuación 2.3, se calcula un peso máximo por usuario de $Peso_{per} = 91,875 \text{ kg}$, el cual se redondeará a 100 kg para facilidades de cálculo.

$$IMC * Est_{pe}^2 = Peso_{per} \quad (2.3)$$

Por otro lado, de acuerdo con las páginas de ventas Ortopediamimas¹⁰ y Onlinemedical¹¹, el peso de las sillas de ruedas manuales o eléctricas están alrededor de 15 kg y 40 kg

⁸ SAP (2005), obtenido el 25 de agosto de 2022: <https://www.sap.org.ar/docs/institucional/Del%20Pino.pdf>

⁹ Reliablecounter (2020), obtenido el 20 de agosto de 2022: <https://www.reliablecounter.com/es/blog/la-altura-corporal-promedio-en-diferentes-paises-de-america-del-sur/>

¹⁰ Ortopediamimas (2020), obtenido el 02 de mayo de 2022: <https://www.ortopediamimas.com/movilidad/sillas-de-ruedas-manuales/5849-silla-de-ruedas-manual-europe.html>

¹¹ Onlinemedical (2020), obtenido el 02 de mayo de 2022: <https://www.onlinemedical.es/content/21-como-elegir-una-silla-de-ruedas-electrica-guia-de-compra>

respectivamente. Para propósitos de este documento se considera un $Peso_{silla} = 40$ kg. Asimismo, al peso máximo de la silla ruedas se le debe adicionar el peso de un equipaje que un usuario puede trasladar, el cual se puede estimar como $Peso_{equipaje} = 10$ kg. Adicionalmente, la estructura superior se compone de un cajón que contiene la plataforma deslizable y su mecanismo de accionamiento, el cual está debajo de la superficie donde se posa el usuario. Este cajón está conformado por componentes los cuales, preliminarmente, se estima que tendrán un peso total no mayor a $Peso_{cajon} = 50$ kg.

Entonces, sumando las cargas previamente determinadas y aplicando un factor de amplificación de 2, según la Ecuación 2.4, el elevador estará sujeto a una carga útil W_{cu} de 400 kg.

$$W_{cu} = (Peso_{per} + Peso_{silla} + Peso_{equipaje} + Peso_{cajon}) * 2 \quad (2.4)$$

2.1.6. Cargas ejercidas en la plataforma deslizable

En el caso de la plataforma de conexión hacia el bus, la carga ejercida será el peso de la persona sentada en la silla de ruedas más el peso extra que pueda llevar, aplicando un factor de amplificación de 2, será aproximadamente de 300 kg. Según los requerimientos de diseño de rampas en las normas ecuatorianas NTE 2853 y NTE 2245, las rampas accesibles deben resistir como mínimo 250 kg y tener una pendiente de inclinación del 10% a 12 %. Por lo tanto, usando la carga amplificada se asegura que la estructura resista.

2.1.7. Metodología de cálculos de fuerzas y resistencia

Los cálculos de fuerzas, resistencias y valores críticos tanto para el sistema de elevación y la plataforma deslizable, las cuales permiten dimensionar y seleccionar los componentes, serán realizadas mediante la elaboración de Diagramas de Cuerpo Libre DCL y la resolución de ecuaciones matemáticas en el software Microsoft Excel, el cual es muy útil debido a que se realizarán las mismas operaciones con distintos datos de entrada. Así mismo, se harán simulaciones en el software Fusión 360 para poder comprobar los puntos donde se ejercen mayor esfuerzo.

2.2. Cálculos para el diseño del sistema de elevación

En la siguiente sección, se realizarán distintos cálculos para el diseño del sistema de elevación mostrado en la Figura 2,4, el cual está conformado por la plataforma superior e inferior, los brazos de elevación, los actuadores hidráulicos con el vástago de soporte y sus respectivos apoyos, los cuales son articulados mediante pines.

Se empieza con el desarrollo del cálculo para ciertas dimensiones de importancia como la extensión de los brazos o la posición óptima de los actuadores, ya que las fuerzas internas son dependientes de estas. Posteriormente, se analizan las fuerzas internas mediante el desarrollo de las ecuaciones generadas por los diagramas de cuerpo libre de cada componente.

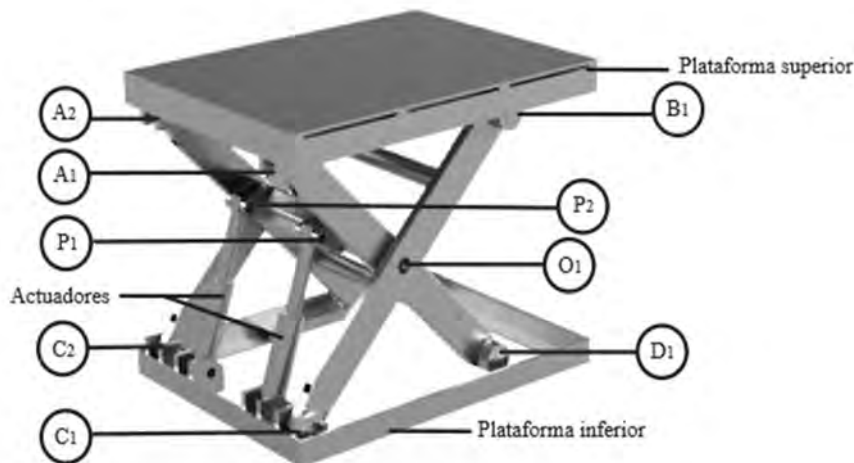


Figura 2.4 Sistema de elevación

Con la finalidad de simplificar la vista y el cálculo de dimensiones, sabiendo que el sistema de elevación es simétrico en uno de sus ejes, se representará de forma simplificada mostrando solo una vista lateral con la mitad de las componentes y usando la mitad de la carga útil.

2.2.1. Dimensionamiento general de la estructura de elevación

Inicialmente, se dimensionará la estructura que servirá como soporte para todo el sistema, tomando en cuenta las dimensiones de la plataforma previamente dimensionada en el acápite 2.1a. Para poder dimensionar los brazos de elevación se tomará la mínima altura de plegado de 0.45 metros, como se muestra en la Figura 2.5. De esta forma se determina que la longitud "L" de los brazos de elevación A_1D_1 y C_1B_1 serán de aproximadamente 1,75 metros.

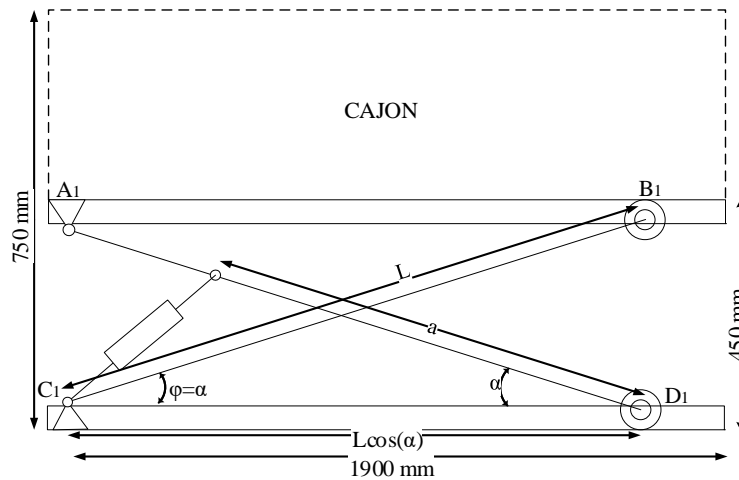


Figura 2.5 Medidas para el dimensionamiento de L

Por otro lado, ubicar el actuador hidráulico en el brazo de elevación A_1D_1 , con respecto al apoyo móvil D_1 , es de importancia debido a que esta distancia condiciona a la capacidad de carga que el actuador podrá aportar a la estructura. Para que el brazo A_1D_1 pueda girar pivoteando en la intersección O_1 con el brazo B_1C_1 , la distancia “a” en metros debe satisfacer la relación mostrada en la Ecuación 2.5, por lo que debe ser mayor a 0,875 metros.

$$a > L/2 \quad (2.5)$$

Por lo anterior, se plantea analizar la distancia “a” en función del ángulo de elevación “ α ” con respecto al apoyo móvil D_1 , mostrado en la Figura 2.6, en 5 posiciones cuando “a” es 0,80; 0,90; 1,00; 1,10 y 1,20 metros.

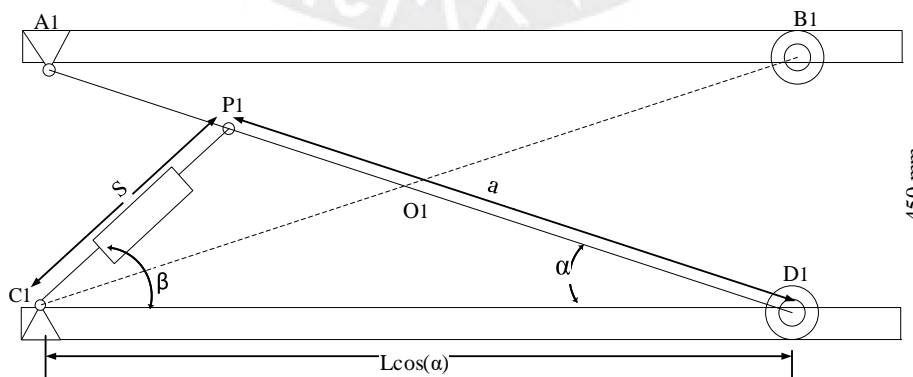


Figura 2.6 Medidas para el dimensionamiento de “a”

Se puede delimitar de mejor forma la distancia “a” tomando como condición geométrica que la carrera del actuador lineal sea menor a la distancia mínima de “S”. Asimismo, las distancias máximas y mínimas de “S” se hallan mediante la ley de cosenos por medio de la Ecuación 2.6, usando los ángulos de inclinación “α” cuando el sistema está completamente desplegado ($\alpha=66.10^\circ$) y plegado ($\alpha=14.9^\circ$) respectivamente. En la Tabla 2.2 se muestran los resultados del análisis para las 5 posiciones mencionadas.

$$S^2 = a^2 + (L * \cos(\alpha))^2 - 2 * a * L * \cos(\alpha)^2 \quad (2.6)$$

Tabla 2.2 Dimensionamiento para la ubicación del actuador

Distancia “a” (m)	Distancia “S” mínima (m)	Distancia “S” máxima (m)	Carrera del actuador hidráulico (m)	Carrera < Distancia C1P1 mínima
0.90	0.85	0.89	0.04	Si
1.00	0.77	0.96	0.19	Si
1.10	0.69	1.04	0.35	Si
1.20	0.61	1.12	0.50	Si
1.30	0.55	1.20	0.65	No
1.40	0.49	1.29	0.79	No

De estos resultados, se identifican cuatro opciones factibles para posicionar el actuador, de las cuales se elegirá una distancia intermedia. Esta distancia, como se mencionó anteriormente, está relacionada con la capacidad de carga del actuador. Considerando las condiciones más críticas, se realizarán cálculos para el cálculo de fuerzas usando el ángulo de la posición más baja del sistema. Dichos cálculos, se hallarán usando el principio de trabajo virtual, como se muestra en la Ecuación 2.7.

$$\delta U = \frac{-W_{cu}}{2} * \delta y + FP * \delta s \quad (2.7)$$

Donde:

δU : Trabajo virtual [kg-f.m]

δY : Desplazamiento vertical en el eje y [m]

δS : Desplazamiento del actuador hidráulico en el espacio [m]

W_{cu} : Carga útil que soportará la estructura [kg-f]

FP : fuerza del cilindro hidráulico [kg-f]

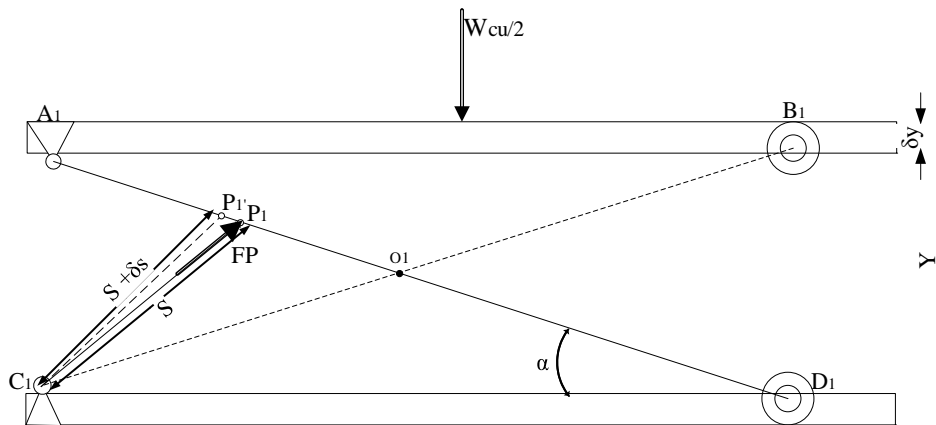


Figura 2.7 Esquema del elevador para usar trabajo virtual

Con el fin de poder hallar el desplazamiento vertical " δY " se deriva la Ecuación 2.8, la cual se obtiene geoméricamente, con respecto al ángulo " α " dando como resultado la Ecuación 2.9.

$$Y = L \operatorname{sen}(\alpha) \quad (2.8)$$

$$\delta Y = L \operatorname{cos}(\alpha) \delta \alpha \quad (2.9)$$

Por otro lado, para hallar el desplazamiento del actuador " δS ", se deriva la Ecuación 2.6 con respecto al ángulo " α ", obteniendo la siguiente Ecuación 2.10.

$$\delta S = \frac{(4aL - 2L^2) * \operatorname{cos}(\alpha) \operatorname{sen}(\alpha)}{2 * S} * \delta \alpha \quad (2.10)$$

Con el sistema en equilibrio, se espera que el trabajo virtual " δU " sea nulo. Por lo tanto, al sustituir las Ecuaciones 2.9 y 2.10 en la Ecuación 2.7, se obtiene la Ecuación 2.11, que relaciona la fuerza del actuador con su ángulo de inclinación " α ". Además, usando la relación geométrica dada por la Ecuación 2.12, se puede determinar el ángulo " β " del actuador con respecto a su horizontal. La Tabla 2.3 muestra los resultados de las fuerzas críticas usando la Ecuación 2.11 y el ángulo de inclinación más bajo del sistema " $\alpha=14.9$ " junto con el ángulo " β " correspondiente del actuador.

$$Fp = \frac{W * L * S}{[4aL - 2L^2] * \text{sen}(\alpha)} \quad (2.11)$$

$$\beta = \text{atan}\left(\frac{a * \text{sen}(\alpha)}{(L - a) * \text{cos}(\alpha)}\right) \quad (2.12)$$

Tabla 2.3 Fuerzas críticas que deberá soportar el actuador

Distancia “a” (m)	Fuerza critica del cilindro hidráulico (kg)	Angulo β
0.90	13275	15.74
1.00	2393	19.53
1.10	1191	24.24
1.20	735	30.14
1.30	502	37.55
1.40	366	46.78

Según los resultados obtenidos, se puede concluir que la capacidad de carga de los cilindros está definida por la distancia “a” y por el ángulo de plegado mínimo, por lo cual se utilizará este valor para realizar los cálculos de resistencia de materiales y determinar el modelo de actuador lineal que se necesitará para el sistema de elevación. En este caso se elegirá una distancia “a” de 1,10 metro donde la fuerza mínima que deberá soportar cada cilindro hidráulico es de 1,191 kg, debido a que la elección de un valor de “a” grande conlleva a elegir un actuador de mayor costo y un valor pequeño puede afectar a la estabilidad de la estructura.

2.2.2. Diseño de los brazos de elevación

A continuación, se realizará el análisis de fuerzas internas que presentan los brazos de elevación con la finalidad de evaluar los esfuerzos críticos que se producen para, finalmente, determinar el tipo de perfil a utilizar. Por este motivo, primero se realiza un análisis de la plataforma superior, donde se asume que la carga se distribuye uniformemente en los 4 apoyos como se muestra en la Figura 2.8.

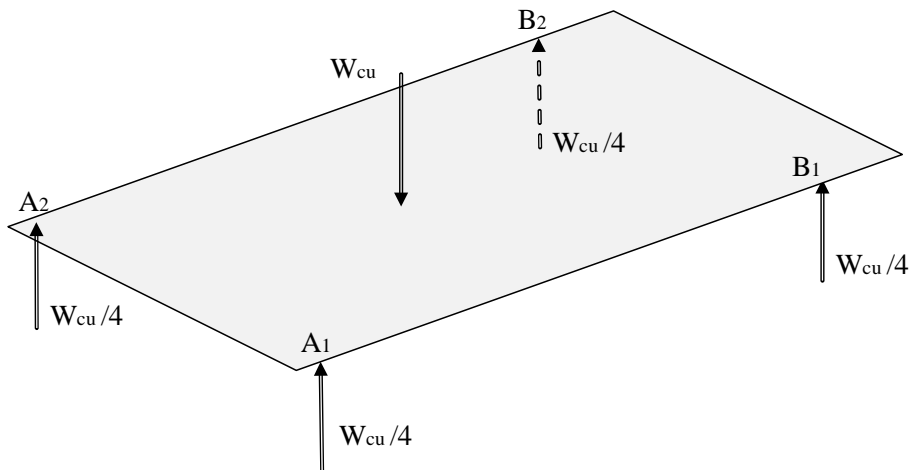


Figura 2.8. Transmisión de carga útil desde la plataforma superior hacia los apoyos superiores

Igual que en el apartado anterior, el dimensionamiento de los brazos se desarrollará mediante el análisis de la Figura 2.5, que muestra uno de los lados del sistema con la mitad de los componentes y aplicando la mitad de la carga útil. Esta simplificación se realiza asumiendo que el sistema es simétrico, de modo que las fuerzas calculadas en un lado se reflejan en el otro, reduciendo el número de ecuaciones y variables a utilizar.

Las Figuras 2.9 a 2.13 representan los diagramas de cuerpo libre (DCL) de la plataforma superior, simplificada como una barra horizontal, y de los brazos de elevación en un instante en que el sistema se eleva a una velocidad constante de crucero. En dicho instante, se pueden aplicar las condiciones de equilibrio estático de fuerzas y momentos en estos DCL, obteniendo las Ecuaciones 2.13 a 2.22.

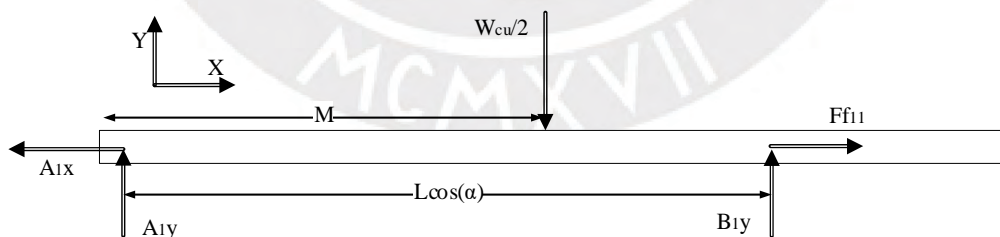


Figura 2.9. DCL de la plataforma superior AA' en función de la medida M. Esta medida se usará para el análisis de la condición más crítica de carga.

$$\Sigma F_X = 0: A_{1x} = F_{f1} \quad (2.13)$$

$$\Sigma F_Y = 0: A_{1y} = \frac{W_{cu}}{2} - B_{1y} \quad (2.14)$$

$$\Sigma M_A = 0: \frac{W_{cu}}{2} * M = B_{1y} * L \cos(\alpha) \quad (2.15)$$

A continuación, se muestra el conjunto de brazos de elevación los cuales recibirán la carga media distribuida en el apoyo fijo A_{1y} y el apoyo móvil B_{1y} . Asimismo se aprecia las fuerzas de fricción de las ruedas y la fuerza del actuador hidráulico, el cual aportara la fuerza suficiente para elevar el sistema.

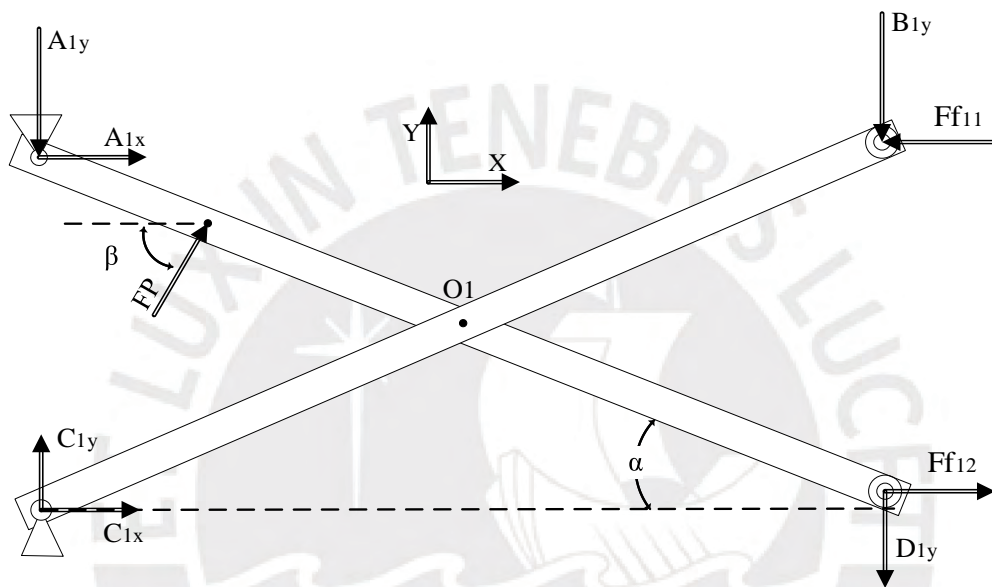


Figura 2.10. DCL del conjunto de brazos de elevación

Donde:

FP: Fuerza de un actuador [kg-f].

F_{f11} , F_{f12} : Fuerzas de fricción de las ruedas [kg-f].

A_{1x} , A_{1y} , B_{1y} , C_{1x} , C_{1y} , D_{1x} : Fuerzas internas de la estructura de elevación. [kg-f]

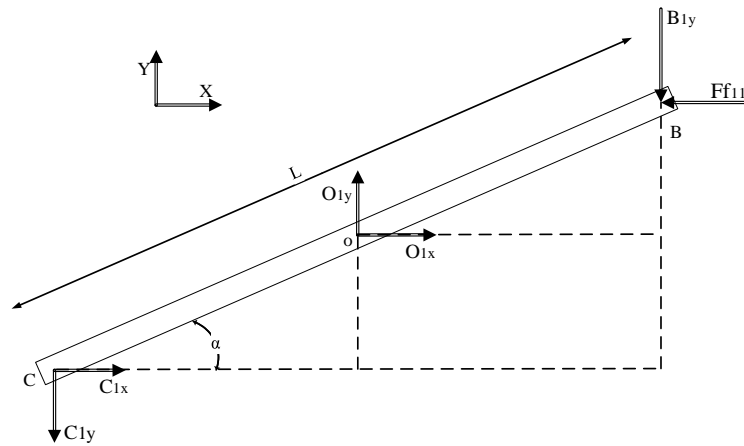


Figura 2.11 DCL del brazo de elevación CB

$$\Sigma F_X = 0: C_{1x} = F_{f11} - O_{1x} \quad (2.16)$$

$$\Sigma F_Y = 0: C_{1y} = B_{1y} - O_{1y} \quad (2.17)$$

$$\Sigma M_C = 0: \frac{L \cos(\alpha)}{2} * O_{1y} - \frac{L \sin(\alpha)}{2} * O_{1x} - B_{1y} * L \cos(\alpha) + F_{f11} * L \sin(\alpha) = 0 \quad (2.18)$$

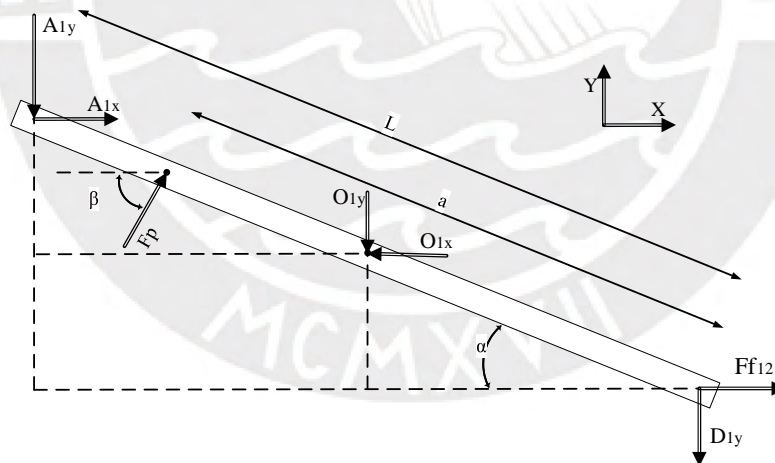


Figura 2.12 DCL del brazo de elevación AD

$$\Sigma F_X = 0: F_{f12} = A_{1x} - O_{1x} + FP * \cos(\beta) \quad (2.19)$$

$$\Sigma F_Y = 0: D_{1y} = A_{1y} + O_{1y} - FP * \sin(\beta) \quad (2.20)$$

$$\Sigma MD = 0:$$

$$A_{1y} * L \cos(\alpha) - A_{1x} * L \sin(\alpha) - FP * \sin(\beta) * a \cos(\alpha) - \quad (2.21)$$

$$FP * \cos(\beta) * a \sin(\alpha) + O_{1x} * \frac{L \sin(\alpha)}{2} + O_{1y} * \frac{L \cos(\alpha)}{2} = 0$$

Donde “F_{fl}” es la fuerza de fricción que las ruedas de la estructura deben poseer para rodar sin deslizar, la cual es descompuesta en la Figura 2.13. Debido a que la rueda es un componente pequeño, y despreciando las fuerzas de fricción en el eje durante la rotación de la rueda, las fuerzas se pueden trasladar al brazo de elevación.

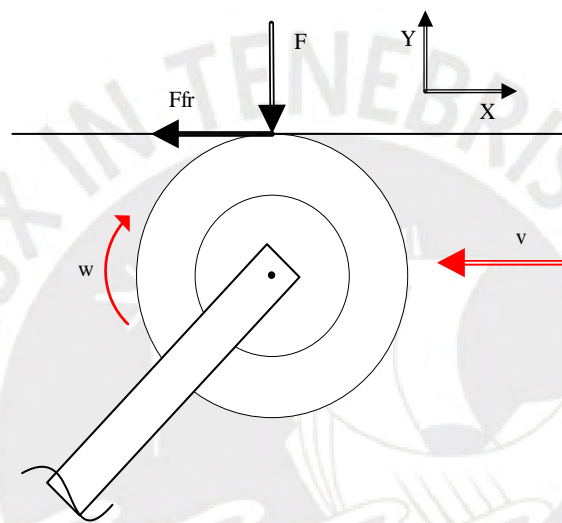


Figura 2.13. DCL de la rueda

En este caso se estima que se usarán ruedas de acero, por lo que el coeficiente de rozamiento cinético se puede estimar entre 0.14 a 0.18 que corresponde al contacto entre acero sobre acero [Koshkin, 2015]. La Ecuación 2.22 expresa como se halla la fuerza de fricción para el caso de rodadura sin deslizamiento.

$$F_{fr} = \mu_k * N \quad (2.22)$$

Dónde:

F_{fr}: Fuerza de fricción sobre la rueda [kg-f]

μ_k: Coeficiente de rozamiento cinético = 0,14

N= Fuerza normal = F [kg-f]

El desarrollo de las ecuaciones se realizará en dos niveles cuando $\alpha = 14.9^\circ$ y $\alpha = 66.10^\circ$, de tal forma que se pueda observar la variación de esfuerzos. Asimismo, se analizará en 3 posiciones de “M” (M= 0,5m, M=0.90m y M=1,7 m) donde se aplicará la carga útil media $W_{cu}/2$, debido a que dicha carga no permanecerá fija en un solo sitio.

A continuación, en la Tabla 2.4, se muestran los resultados al desarrollar las Ecuaciones 2.13 al 2.22, planteadas anteriormente, teniendo en cuenta las 3 posiciones de M y de los dos niveles más críticos del sistema de elevación.

Tabla 2.4 Fuerzas del sistema de elevación

Variable	Símbolo	Unidad	Valor					
			M= 0,50		M= 0,90		M= 1,70	
			$\alpha=14,9^\circ$	$\alpha=66,10^\circ$	$\alpha=14,9^\circ$	$\alpha=66,10^\circ$	$\alpha=14,9^\circ$	$\alpha=66,10^\circ$
Carga útil	$W_{cu}/2$	kg-f	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Fuerza del actuador	Fp	kg-f	1190,68	1010,73	1190,68	1010,73	1190,68	1010,73
Distancia del actuador	a	m	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Distancia de la carga	M	m	0,50	0,50	0,90	0,90	1,70	1,70
Angulo del brazo de elevación	α	grados	14,90	66,10	14,90	66,10	14,90	66,10
A_{1x}		kg-f	8,28	19,75	14,90	35,55	28,15	67,15
A_{1y}		kg-f	140,87	58,93	93,56	-53,92	-1,05	-279,64
F_{f11}		kg-f	8,28	19,75	14,90	35,55	28,15	67,15
B_{1y}		kg-f	59,13	141,07	106,44	253,92	201,05	479,64
C_{1x}		kg-f	-1093,96	-364,34	-1100,58	-380,14	-1113,83	-411,74
C_{1y}		kg-f	-348,02	-918,85	-395,33	-1031,70	-489,94	-1257,41
F_{f12}		kg-f	-8,28	-108,36	-14,90	-124,16	-28,15	-155,76
D_{1y}		kg-f	59,13	141,07	106,44	253,92	201,05	479,64
O_{1x}		kg-f	1102,24	384,09	1115,48	415,69	1141,97	478,89
O_{1y}		kg-f	407,15	1059,92	501,76	1285,63	690,98	1737,05
FP_{1x}		kg-f	1085,68	255,98	1085,68	255,98	1085,68	255,98
FP_{1y}		kg-f	488,89	977,78	488,89	977,78	488,89	977,78

En base a los resultados presentados, se puede observar que las fuerzas críticas se presentan cuando la carga útil se encuentra desplazada a una distancia de 1,70 metros. Por lo tanto, los cálculos de resistencia de materiales para la selección de perfiles se harán con dichas fuerzas descompuestas en un sistema referencial X'Y' para un mejor análisis.

A continuación, se procede a realizar el cálculo de las fuerzas internas de los brazos de elevación.

Brazo de elevación CB

Según los resultados de la Tabla 2.4, se puede observar que las fuerzas críticas en el brazo C_1B_1 están ubicadas en el centro O_1 en un ángulo $\alpha=14.9^\circ$. En la Figura 2.14, se muestra el diagrama de fuerzas descompuesto en los ejes $X'Y'$ los cuales se utilizarán para analizar los diagramas de fuerzas internas.

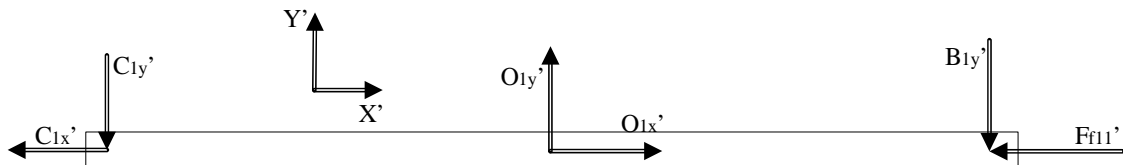


Figura 2.14. DCL del brazo CB en las coordenadas $X'Y'$

Los valores de dichas fuerzas primas se hallan reemplazando las fuerzas del brazo mediante las Ecuaciones 2.23 al 2.28 dando como resultado los valores mostrados en la Tabla 2.5

$$\bullet C'_{1x} = C_{1x} * \cos(\alpha) + C_{1y} * \sin(\alpha) \quad (2.23)$$

$$\bullet C'_{1y} = C_{1y} * \cos(\alpha) - C_{1x} * \sin(\alpha) \quad (2.24)$$

$$\bullet O'_{1x} = O_{1x} * \cos(\alpha) + O_{1y} * \sin(\alpha) \quad (2.25)$$

$$\bullet O'_{1y} = O_{1y} * \cos(\alpha) - O_{1x} * \sin(\alpha) \quad (2.26)$$

$$\bullet F'_{f11} = -F_{f11} * \cos(\alpha) - B_{1y} * \sin(\alpha) \quad (2.27)$$

$$\bullet B'_{1y} = -B_{1y} * \cos(\alpha) + F_{f11} * \sin(\alpha) \quad (2.28)$$

Tabla 2.5 Fuerzas del brazo B_1C_1 en los ejes $X'Y'$

C'_{1y}	-187,05 kg-f	F'_{f11}	-1202,35 kg-f
O'_{1y}	374,10 kg-f	O'_{1x}	1281,25 kg-f
B'_{1y}	-187,05 kg-f	B'_{1x}	-78,90 kg-f

Teniendo como base los resultados de las fuerzas descompuestas, se grafican el diagrama de fuerzas cortantes y el diagrama de momentos flectores los cuales se muestran en la Figura 2.15a y Figura 2.15b respectivamente.

El cálculo de los momentos flectores en el sistema se realiza mediante la Ecuación 2.29

$$M_f = V * d \quad (2.29)$$

Donde:

M_f : Momento flector [kg-f.m]

d : Distancia de tramo donde se aplica la fuerza cortante [m]

V : Fuerza cortante [kg-f]

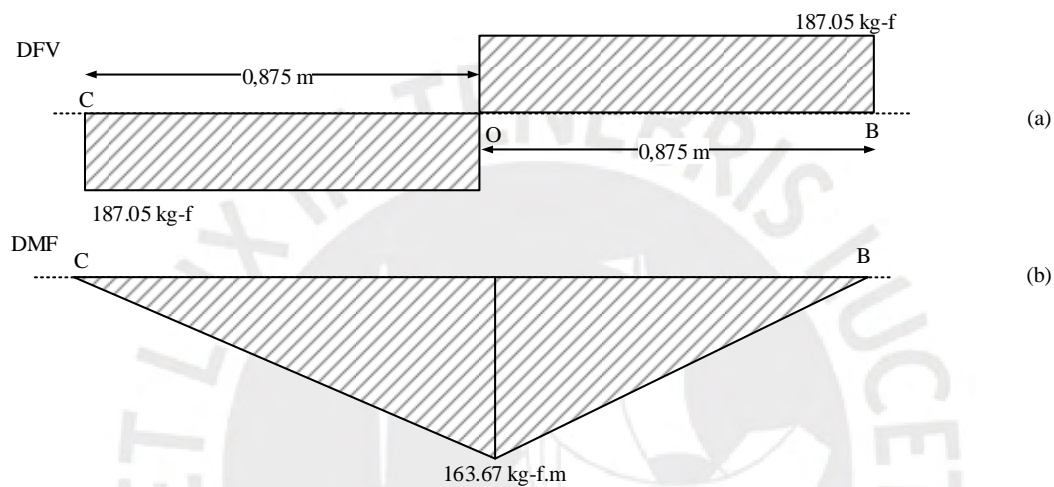


Figura 2.15. a) Diagrama de fuerzas cortantes y b) diagrama de momentos flectores

Brazo de elevación AD

A partir de los resultados de la Tabla 2.4, también se puede observar que las fuerzas críticas en el brazo A_1D_1 se encuentran cuando la carga se sitúa a un extremo de la plataforma con el sistema desplegado completamente ($\alpha=66.10^\circ$). A continuación, en la Figura 2.16 se presenta el DCL de la barra descompuesta en las coordenadas $X'Y'$. Los valores de dichas fuerzas primas se hallan reemplazando las fuerzas mediante las Ecuaciones 2.30 al 2.37 dando como resultado los valores mostrados en la Tabla 2.6.

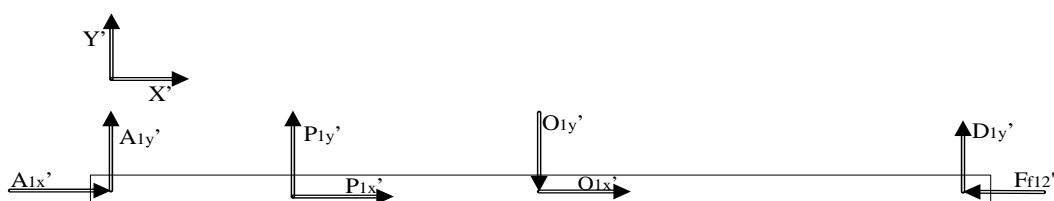


Figura 2.16. DCL del brazo AD en las coordenadas $X'Y'$

$$\bullet A'_{1x} = A_{1y} * \text{sen}(\alpha) + A_{1x} * \text{cos}(\alpha) \quad (2.30)$$

$$\bullet A'_{1y} = A_{1x} * \text{sen}(\alpha) - A_{1y} * \text{cos}(\alpha) \quad (2.31)$$

$$\bullet O'_{1x} = -O_{1x} * \text{cos}(\alpha) + O_{1y} * \text{sen}(\alpha) \quad (2.32)$$

$$\bullet O'_{1y} = -O_{1y} * \text{cos}(\alpha) - O_{1x} * \text{sen}(\alpha) \quad (2.33)$$

$$\bullet F'_{f12} = F_{f12} * \text{cos}(\alpha) + D_{1y} * \text{sen}(\alpha) \quad (2.34)$$

$$\bullet D'_{1y} = D_{1y} * \text{cos}(\alpha) - F_{f12} * \text{sen}(\alpha) \quad (2.35)$$

$$\bullet FP'_x = -FP_y * \text{sen}(\alpha) + FP_x * \text{cos}(\alpha) \quad (2.36)$$

$$\bullet FP'_y = FP_y * \text{cos}(\alpha) + FP_x * \text{sen}(\alpha) \quad (2.37)$$

Tabla 2.6 Fuerzas del brazo AD en los ejes X'Y'

A'_{1y}	174,67 kg-f	A'_{1x}	-228,47 kg-f
FP'_{1y}	630,11 kg-f	FP'_{1x}	-790,28 kg-f
O'_{1y}	-1141,47 kg-f	O'_{1x}	1394,17 kg-f
D'_{1y}	336,69 kg-f	Ff'_{12}	375,43 kg-f

Teniendo como base los resultados de las fuerzas descompuestas, se grafican el diagrama de fuerzas cortantes y el diagrama de momentos flectores los cuales se muestran en la Figura 2.17a y Figura 2.17b respectivamente.

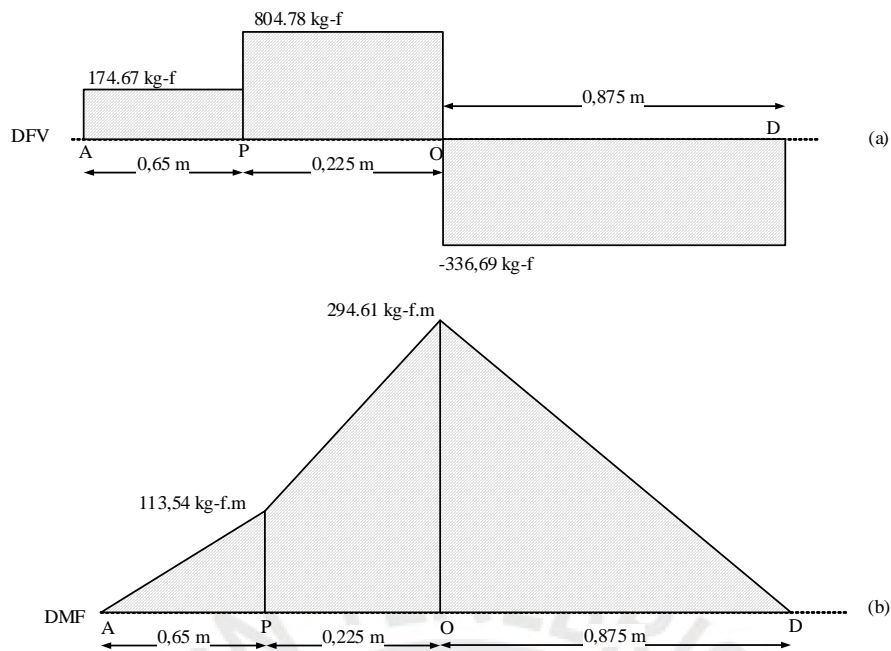


Figura 2.17. a) Diagrama de fuerzas cortantes y b) diagrama de momentos flectores

2.2.3. Diseño de la superficie superior de la plataforma

La superficie superior de la plataforma del sistema de elevación contará con una plancha de acero, la cual soportará las fuerzas de reacción R_{11} , R_{12} , R_{21} , R_{22} generadas en el trinche telescópico, debido a la carga útil mostrada en la Figura 2.18. Por este motivo, se realizará el cálculo de fuerza en el momento más crítico, donde el usuario se posa sobre la plancha del trinche telescópico desplegada en voladizo.

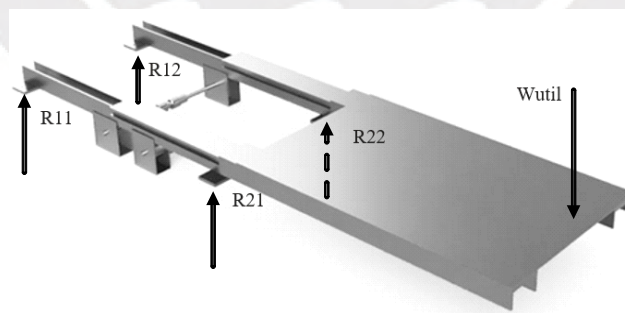


Figura 2.18. Fuerzas de reacción generadas por la carga útil.

Entonces, para calcular dichas fuerzas de reacción se usarán las Ecuaciones 2.38 y 2.39, las cuales son derivadas del esquema simplificado de la Figura 2.19. El uso de dicho esquema simplifica los cálculos a realizar, trabajando con solo 2 fuerzas de reacción R_{11}

y R_{21} , y la carga útil $W_{\text{útil}}$ media. Esa simplificación se posible debido a que el sistema es simétrico.

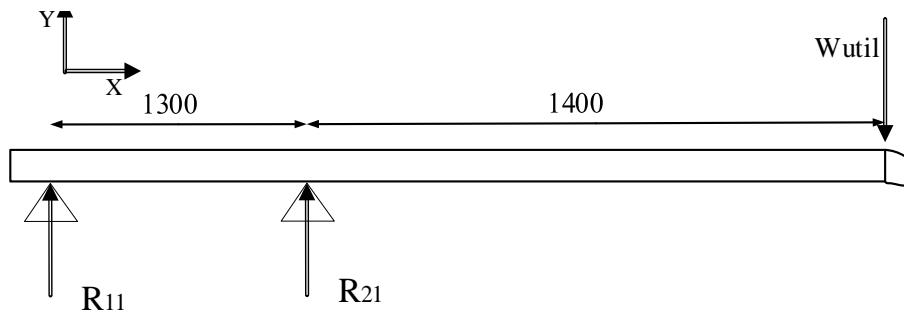


Figura 2.19. DCL lateral de trinchete telescópico

Donde:

R_{11} : Fuerza de reacción en el pivote fijo R_{11} [kg-f]

R_{21} : Fuerza de reacción en el pivote fijo R_{21} [kg-f]

$W_{\text{útil}}$: Carga útil [kg-f]

$$\Sigma FY = 0: R_{11} + R_{21} = \frac{W_{\text{útil}}}{2} \quad (2.38)$$

$$\Sigma M_{R1} = 0: \frac{W_{\text{útil}}}{2} * 2700 = R_{21} * 1300 = 0 \quad (2.39)$$

En la Tala 2.7, se muestra las fuerzas de reacción halladas mediante las ecuaciones antes mostradas. Con estas fuerzas, se procederá a analizar la deformación y el esfuerzo generado en la plancha base.

Tabla 2.7. Fuerzas de reacción en la plancha base de la plataforma superior

Característica	Unidades	Valor
Carga útil $W_{\text{útil}}$	kg-f	400,00
Fuerza de resistencia R_{11}	kg-f	-215,38
Fuerza de resistencia R_{21}	kg-f	415,38

En la siguiente Figura 2.20 se puede observar el análisis por elementos finitos de la plancha base de la plataforma superior, la cual estará sometida a las fuerzas de reacción R_{11} , R_{12} , R_{21} y R_{22} halladas anteriormente.

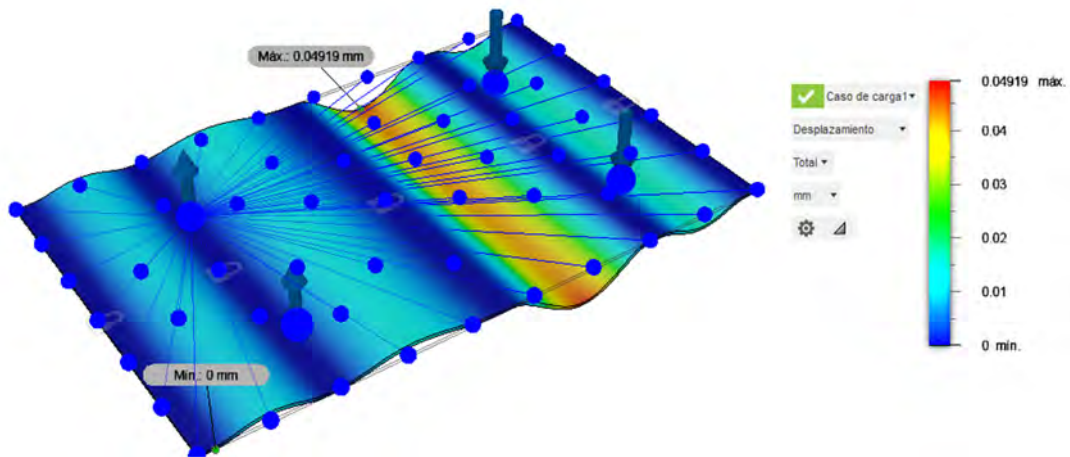


Figura 2.20. Analisis de deformación de la plancha base de la plataforma superior

Según el análisis mostrado en la Figura 2.20, se puede observar que el desplazamiento máximo obtenido en la plancha base es de 0.5426 mm situado en el centro. Por lo tanto, al ser un desplazamiento muy pequeño a comparación de las dimensiones del sistema, se concluye que la carga de trabajo no genera un esfuerzo crítico en la plancha.

2.2.4. Diseño de pasadores

El diseño de los pasadores del sistema de elevación se enfocará en las uniones donde las fuerzas son más críticas. Para los pasadores de las uniones de los cilindros hidráulicos, se calcularán en los apoyos unidos a la base de la estructura. Por otro lado, las uniones en los brazos de elevación, tanto para fijar las articulaciones fijas, móviles y la central, se analizarán en el punto "O" donde, según la Tabla 2.4, las fuerzas son más altas. La Figura 2.21 muestra cómo se aplican las cargas en el pasador del apoyo fijo.

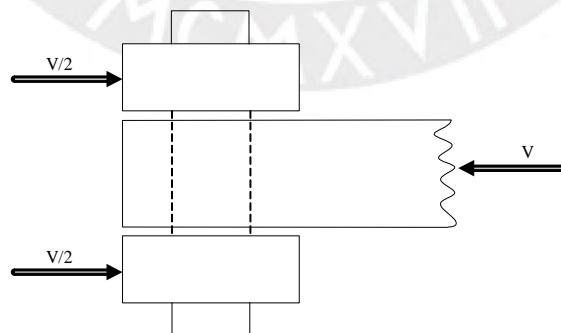


Figura 2.21. Diagrama de fuerzas en la unión pasador – articulación

El esfuerzo cortante en el pin que es generado por las fuerzas internas, la que se obtiene por medio de la Ecuación 2.40. Asimismo, se señala que el esfuerzo generado debe ser

menor al esfuerzo de corte admisible, condición la cual permitirá seleccionar un diámetro posteriormente.

$$\tau_c = \frac{V}{A} = \frac{V}{\pi * d^2} \leq \tau_{adm} \quad (2.40)$$

Donde:

τ_c : Esfuerzo cortante [kg-f/cm²]

V: Fuerza cortante [kg-f]

A: Área de la sección transversal del eje [cm²]

d: Diámetro del eje [cm]

τ_{adm} : Esfuerzo admisible de corte [kg-f/cm²]

En la Tabla 2.8 se muestran los resultados del desarrollo de la Ecuación 2.40 donde se obtuvo el esfuerzo cortante al cual están sometidos los pines del cilindro hidráulico usando las fuerzas internas resultantes ($\mathbf{V} = \mathbf{FP1}$) de la Sección 2.2.2.

Tabla 2.8. Diagrama de fuerzas en la unión pasador – articulación

Nombre	Símbolo	Unidades	Pasador actuador	Pasador brazos
Fuerza Crítica	V	kg-f	1190,68	1737,05
Esfuerzo límite de corte	τ	kg-f*cm ²	2393,27	2393,27
Factor de seguridad	FS		5,00	5,00
Esfuerzo mínimo admisible	τ_{adm}	kg-f*cm ²	382,92	382,92
Área	A	cm ²	3,11	4,54
Diámetro	d	cm	1,99	2,40

Según los resultados obtenidos, asumiendo el uso de un material SAE 102 y empleando un factor de seguridad de 5, se puede observar que el diámetro necesario para los pasadores tanto en los apoyos fijos del actuador y en las articulaciones de los brazos de elevación, deben ser de 20 mm y de 24 mm de diámetro respectivamente.

2.2.5. Diseño de vástago de soporte para el cilindro

A continuación, se realiza el cálculo para diseño del vástago que transmite la fuerza necesaria a la estructura de elevación. Como se puede observar en la Figura 2.22, el valor y la disposición de las fuerzas es simétrica debido a su geometría.

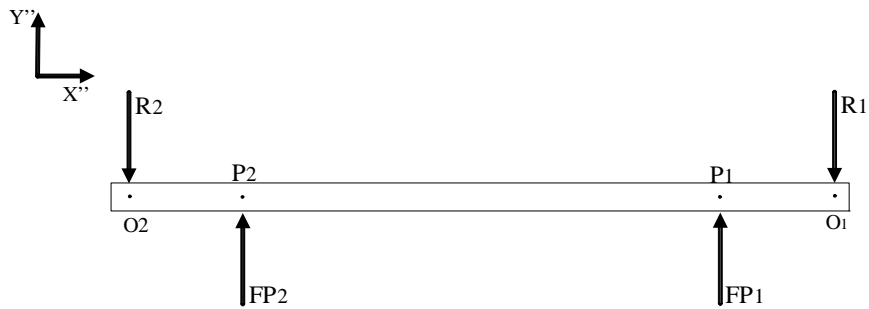


Figura 2.22. Diagrama de fuerzas en la unión pasador – articulación

Por lo tanto, en la Tabla 2.9, se observa que las fuerzas FP1 y FP2 como también las fuerzas de reacción R1 y R2 son de igual magnitud.

Tabla 2.9. Cálculo de esfuerzo para la plancha

R_{v1}	25,00 kg-f	F_{P1}	25,00 kg-f
R_{v2}	25,00 kg-f	F_{P2}	25,00 kg-f

Con dichas fuerzas resultantes, podemos graficar los diagramas de fuerzas cortantes Figura 2.23a y momentos flectores Figura 2.23b, los cuales servirán para poder seleccionar un perfil adecuado que resista el máximo momento flector.

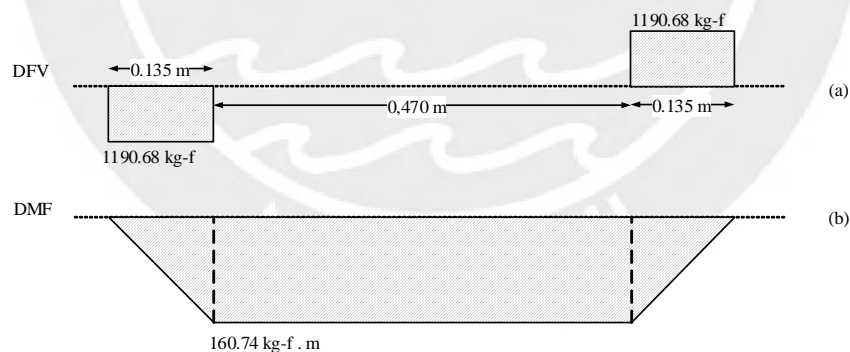


Figura 2.23. Diagrama de fuerzas en vástago de soporte para los actuadores

2.3. Cálculos para el diseño de la superficie telescópica

El diseño de la superficie de la plataforma telescópica se basará en el cálculo del esfuerzo y desplazamiento generado por el peso de una persona en sillas de ruedas en la plancha posada sobre el trinche telescópico. Dicha carga es la que previamente fue calculada en el acápite 2.16, resultando una carga de aproximadamente de 300 kg-f. Esta carga se

analizará de manera concentrada en el centro de la plancha para obtener resultados en la situación más crítica, apoyándose en dos tramos rectangulares que forman parte de la superficie de contacto con el trinche telescópico, como se muestra en la Figura 2.24.

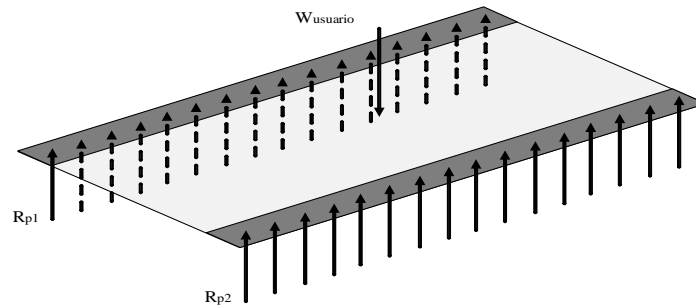


Figura 2.24. DCL de la plancha del rinche telescópico

Donde:

W_{usuario} : Carga útil del usuario en silla de ruedas [kg-f]

R_{p1} , R_{p2} : Fuerzas de reacción distribuidas en el punto de contacto de los brazos del trinche telescópico [kg-f]

A continuación, en la Figura 2.25 se muestra una simulación de esfuerzos mostrando el máximo desplazamiento generado por una carga sobredimensionada de 300 kg-f más el peso de la misma plancha de acero A36 de 6mm de espesor. Como se puede observar, no presenta una deformación significativa, por lo que es conveniente su uso.

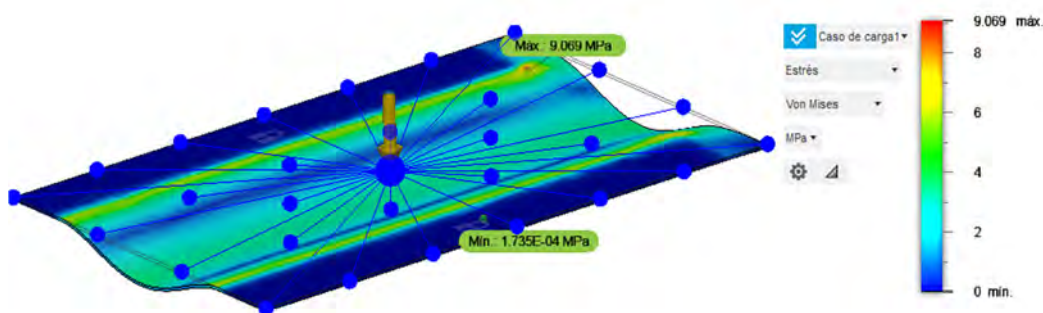


Figura 2.25. Distribución de las fuerzas en la plancha de la plataforma

Con los resultados obtenidos mediante la simulación presentada en la Figura 2.25, se puede ver que el desplazamiento máximo generado por la carga del usuario en silla de ruedas es 0.130 mm en el centro de la plancha, el cual es despreciable a comparación de

las dimensiones de la estructura. Por este motivo, se concluye que la plancha resistirá satisfactoriamente los esfuerzos generados.

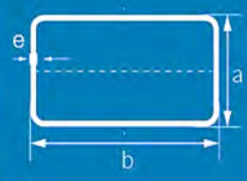

2.4. Selección de materiales

En la siguiente sección se seleccionan los materiales de las partes más relevantes que el sistema mecánico deberá poseer. Esta selección se realiza de acuerdo con los datos obtenidos en los cálculos previos. En el Anexo C - Sección 2, se mostrarán más información acerca de dichos materiales.

2.4.1. Selección de perfiles para la estructura de elevación

Los brazos de elevación A_1D_1 y B_1C_1 , utilizarán perfiles de acero estructural de sección rectangular, las cuales son comúnmente utilizadas en estructuras de elevación por su robustez. Actualmente, en el mercado se pueden encontrar perfiles de acero ASTM A-36 de la empresa VH¹², donde sus propiedades y dimensiones se pueden observar en las Tablas 2.10 y 2.11.

Tabla 2.10. Propiedades mecánicas del perfil rectangular [VH, 2022]

FICHA TÉCNICA	Espesor (mm)	Normas De Fabricación	Calidad De Aceros	
	Mayor a 1,5 mm	NCh 3518 Producto certificado por CESMEC modelo ISO CASCO 5	 CESMEC	
Menor o igual a 1,5 mm	ASTM A 500 / UNE - EN 10219		SAE [1008;1010] JIS G 3141	

Largo estándar 6 m; largos especiales a pedido.

Tabla 2.11. Dimensiones del perfil rectangular [VH, 2022]

Dimensión (bxa) Nominal (mm)	Espesor (e) Nominal (mm)	Peso Nominal kgf/m	Código (VH)	Unid. por Paquete
100x50	2,00	4,50	1250	42
	3,00	6,60	1251	42
	4,00	8,59	1253	30
	5,00	10,48	1259	24
150x50	2,00	6,07	1254	24
	3,00	8,96	1255	24
	4,00	11,73	1256	20
	5,00	14,41	1257	20

En base a las dimensiones de la Tabla 2.11, se pueden obtener ciertas características mecánicas usando las Ecuaciones 2.41 y 2.42 para la elección del tipo de perfil.

¹² VH (2022) Obtenido el 10 de setiembre del 2022 de <https://vh.cl/somos-aceros/>

Asimismo, en la Figura 2.26 se muestran la simbología de las dimensiones del perfil que serán necesarias para el cálculo.

$$A = b * a \quad (2.41)$$

$$I = \frac{a_1 * b_1^3}{12} - \frac{a_2 * b_2^3}{12} \quad (2.42)$$

Donde:

A: Área transversal [cm²]

b1: Ancho del perfil exterior [cm]

a1: Altura del perfil exterior [cm]

b2: Ancho del perfil interior [cm]

a2: Altura del perfil interior [cm]

Iy: Momento de inercia en el eje Y [cm⁴]

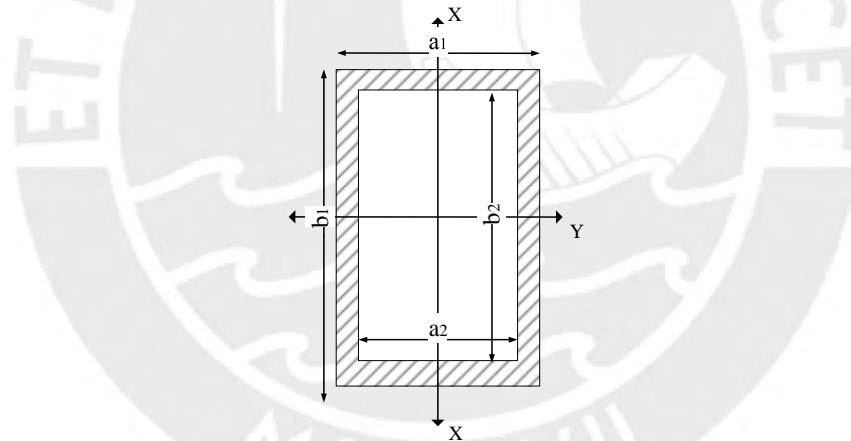


Figura 2.26. Sección de la platina de acero

En la Tabla 2.12 se muestran los momentos de inercia obtenidos mediante las dimensiones comerciales de la empresa VH. Estos momentos de inercia servirán como referencia para elegir un perfil adecuado el cual supere el momento de inercia requerido del sistema de elevación.

Tabla 2.12. Características inerciales del perfil rectangular comercial

Nombre	Perfil								
	Símbolo	Unidades	10 x 5 cm			15 x 5 cm			
Espesor nominal	e	cm	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5
Ancho 1	a1	cm	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Altura 1	b1	cm	10,00	10,00	10,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Ancho 2	a2	cm	4,40	4,20	4,00	4,60	4,40	4,20	4,00
Altura 2	b2	cm	9,40	9,20	9,00	14,60	14,40	14,20	14,00
Inercia 1	I1	cm ⁴	416,67	416,67	416,67	1406,25	1406,25	1406,25	1406,25
Inercia 2	I2	cm ⁴	304,55	272,54	243,00	1192,99	1094,86	1002,15	914,67
Inercia	I	cm ⁴	112,12	144,13	173,67	213,26	311,39	404,10	491,58
Radio de giro	c	cm	5,00	5,00	5,00	7,50	7,50	7,50	7,50
Momento de inercia - eje y	I/c	cm ³	22,42	28,83	34,73	28,44	41,52	53,88	65,54

A continuación, se procede a seleccionar uno de estos perfiles teniendo en cuenta los momentos flectores máximos para los brazos A₁D₁ y B₁C₁ obtenidos en el acápite 2.3 usando la Ecuación 2.43.

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_f}{F_s} \geq \frac{M_f * c}{I} \quad (2.43)$$

Donde:

F_s: Factor de seguridad

I: Inercia admisible [cm⁴]

c: Radio de giro [cm]

M_f: Momento flector [kg-f.cm]

σ_f: Resistencia a la fluencia [kg-f/cm²]

σ_{adm}: Esfuerzo admisible debido a la flexión [kg-f/cm²]

En la Tabla 2.13 se muestran los momentos de inercias requeridos como mínimo para los brazos de elevación, considerando un factor de seguridad¹³ FS = 5, y que el límite de fluencia¹⁴ en los aceros ASTM A-36 es de 2530 kg/cm². De acuerdo con los resultados obtenidos, se selecciona un perfil de acero que sea mayor o igual al momento de inercia de 58,22 cm³ el cual, el perfil que cumple requerimiento es un perfil rectangular de acero ASTM A-36 de 150 mm x 50 mm de 5mm de espesor nominal.

¹³ Se escoge este valor de factor de seguridad, debido a recomendaciones de docentes que concluyen que el diseño de una estructura que este en contacto con personas, necesita un factor de seguridad entre 5 y 8.

¹⁴ ICOFESA (s.f) Obtenido el 03 de setiembre del 2022 de: <https://icofesa.com/sistema/fichastecnicas/PLATINA%20ACERO.pdf>

Tabla 2.13. Momentos de inercias generados por las fuerzas internas del sistema

Nombre	Símbolo	Unidades	Brazo CB	Brazo AD
Momento flector máximo	Mf	kg*cm	16367,00	29461,00
Resistencia a la fluencia	σ	kg/cm ²	2530,00	2530,00
Factor de seguridad	FS		5,00	5,00
Esfuerzo admisible	σ_{adm}	kg/cm ²	506,00	506,00
Momento de inercia - eje y	I/c	cm ³	32,35	58,22

2.4.2. Selección del perfil de soporte central

A continuación, se seleccionará un tipo de perfil para el soporte de los actuadores hidráulicos, el cual transmitirá la fuerza de los cilindros hacia los brazos de elevación, permitiendo que el usuario llegue a la altura requerida. Teniendo en cuenta el momento flector generado por las fuerzas de los actuadores, en la Tabla 2.14 se obtiene el siguiente momento de inercia.

Tabla 2.14. Momentos de inercias requeridos en vástago central

Nombre	Símbolo	Unidades	Perfil central
Momento flector máximo	Mf	kg*cm	16074,00
Resistencia a la fluencia	σ	kg/cm ²	3234,12
Factor de seguridad	FS		5,00
Esfuerzo admisible	σ_{adm}	kg/cm ²	646,82
Radio de giro	c	cm	
Momento de inercia - eje y	I/c	cm ³	24,85

Según los resultados obtenidos, se elige un perfil cuadrado de acero de la empresa *CTM aceros*, que pueda superar el momento de inercia hallado. Para ese análisis se usará las dimensiones de los perfiles de la Tabla 2.15. Luego, usando la Ecuación 2.42 se obtiene el momento de inercia de los perfiles disponibles comercialmente.

Tabla 2.15. Dimensiones de los perfiles cuadrados de la empresa CTM aceros

Dimensiones	Espesor	Peso Nominal
A x A mm	mm	kg/m
75	2,0	4,50
	3,0	6,60
100	2,0	6,07
	3,0	8,96

Tabla 2.16. Momento de inercia de del perfil cuadrado de la empresa CTM aceros

Nombre	Perfil		
	Símbolo	Unidades	10x10 cm
Espesor nominal	e	cm	0,3
Ancho 1	a1	cm	10,00
Altura 1	b1	cm	10,00
Ancho 2	a2	cm	9,40
Altura 2	b2	cm	9,40
Inercia 1	I1	cm	833,33
Inercia 2	I2	cm	650,62
Inercia	I	cm	182,71
Radio de giro	c	cm	5,00
Momento de inercia	I/c	cm	36,54

Como se puede observar en la Tabla 2.16, el perfil de acero que cumple con superar el momento de inercia de $24,85 \text{ cm}^3$, calculado con un factor de seguridad de 5, es uno de $10 \times 10 \text{ cm}$ con 3 mm de espesor, el cual posee un momento de inercia de $3,54 \text{ cm}^3$.

2.4.3. Selección de la plataforma inferior

En la Figura 2.27 se muestra una base que consta de 4 ángulos de alas de igual longitud, la cual soportara el sistema de elevación. Esta base estará sometida a presiones generadas por el peso de la estructura, al desgaste debido a la fricción de las ruedas y por ambiente húmedo del país. Por este motivo se requiere un ángulo robusto que sea resistente al desgaste e inoxidable, por lo que se escoge un acero galvanizado A304, el cual se puede encontrar en la empresa *ACEROS CARTAGO S.A.*



Figura 2.27. Plataforma inferior

En la Figura 2.28 se presenta el análisis por elementos finitos de la base anclada al suelo mediante 9 pernos, mostrando la máxima deformación del componente.

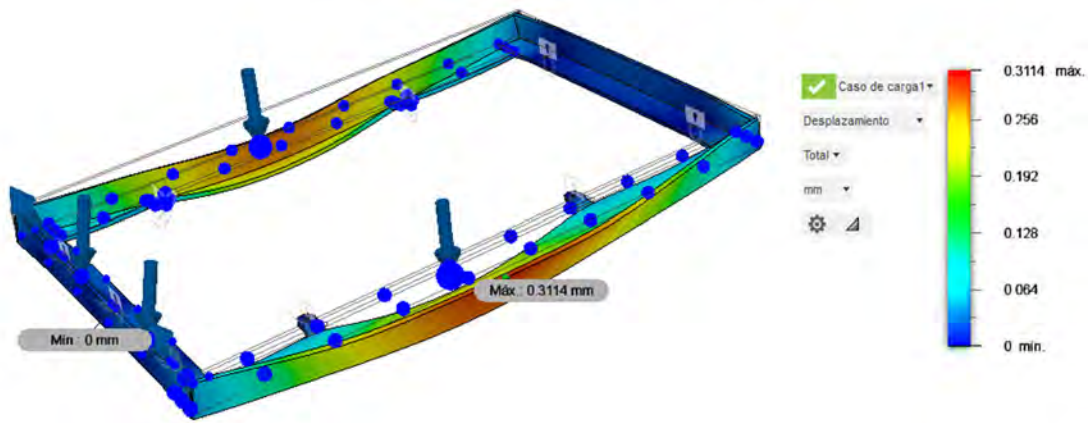


Figura 2.28. Máxima deformación en la plataforma inferior

Observando el resultado del análisis por elementos finitos, la máxima deformación se genera en el centro de los ángulos laterales con una magnitud de 0.3114 mm. Dicha deformación se considera despreciable a comparación de las dimensiones de la estructura por lo que la selección de un perfil de acero A304 de 4in x 4in de 3/8 in de espesor, es adecuada.

2.4.4. Selección de la plataforma superior

Con respecto a la plataforma superior, estará conformada por 4 ángulos similares a los de la base en forma inversa como se muestra en la Figura 2.29. Esta estructura soportará la carga útil de trabajo, transmitiéndola hacia los brazos de elevación. Por este motivo, se les agregará 5 platinas de acero A36 en los extremos y en el medio para obtener una estructura robusta y nivelada. En la Figura 2.30 se presenta el análisis por elementos finitos de la plataforma superior conformada por los ángulos invertidos y las platinas de acero estructural, mostrando la máxima deformación de sus componentes.



Figura 2.29. Plataforma superior

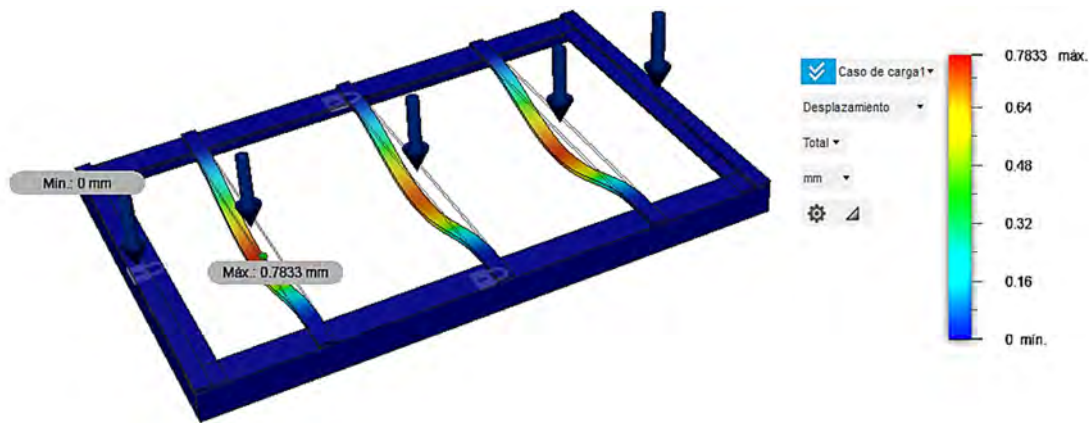


Figura 2.30. Máximo desplazamiento en la plataforma superior con platinas de soporte

Según lo observado en la figura anterior, el máximo desplazamiento generado por la carga útil será de 0.7833 mm en la parte central de las platinas. Estas deformaciones son muy pequeñas a comparación de las dimensiones de dicha estructura, por lo que la selección del acero A36 para las platinas y un acero galvanizado A304 en los ángulos es adecuada.

2.4.5. Selección de la plataforma superior

Por otro lado, de acuerdo al análisis de elementos finitos realizado en el acápite 2.2.3, sobre la selección de la plancha base, se puede elegir una plancha de acero de A-36 de la empresa *ICOFESA S.A.* de 1200 x 1900 mm de 3/8 in de espesor como se muestra en la Figura 2.31. Este tipo de acero posee un esfuerzo límite de fluencia de 2539.09 kg/cm², el cual es suficiente para que no se deforme críticamente por la carga aplicada.



Figura 2.31. Plancha de acero A36 de la empresa ICOFESA

2.4.6. Selección de la plancha para la plataforma deslizable

De acuerdo con el esfuerzo y el máximo desplazamiento obtenido del análisis por elementos finitos en el acápite 2.3, se elige una plancha estriada (con la finalidad de evitar el deslizamiento de las sillas de ruedas) de acero A-36 de la empresa *FIORELLA*

REPRESENTACIONES S.A.C con dimensiones de 800 x 1300 mm y 1/4 in de espesor como se muestra en la Figura 2.32. Este tipo de acero posee un esfuerzo límite de fluencia en el rango de [2110-3510] kg/cm².

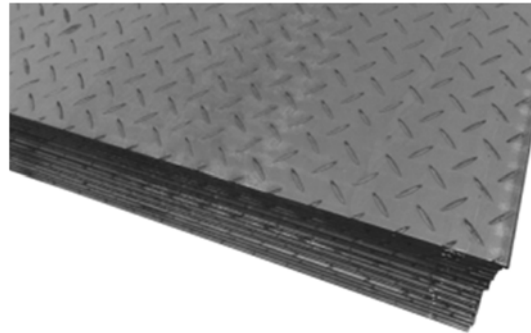


Figura 2.32. Plancha estriada para la plataforma deslizable

2.4.7. Selección de pasadores

Según los resultados obtenidos en el cálculo de pasadores para los brazos y los apoyos de los actuadores hidráulicos mostrados en la Tabla 2.8 de la Sección 2.2.4, se elegirán pasadores de acero SAE 1020 con diámetros comerciales en ambos casos. Para los pasadores de los apoyos fijos de los actuadores, se utilizará un pasador de 20 mm de diámetro, como se muestra en la Figura 2.33, ya que el cilindro cuenta con una oreja de soporte de dicha dimensión. Por otro lado, los pasadores para los brazos de elevación tendrán un diámetro de 30 mm, como se muestra en la Figura 2.34, lo cual es mayor que el hallado en los cálculos mencionados anteriormente.



Figura 2.33. Pasador de los brazos de elevación



Figura 2.34. Pasadores de los apoyos fijos del actuador hidráulico

2.4.8. Selección de bocinas de unión

Las bocinas que se encuentran en los brazos de elevación deben presentar una buena resistencia al desgaste debido a que estarán en constante contacto con los pasadores. Además, deben presentar una buena resistencia a la corrosión debido a la humedad que presenta el entorno, y ser compatibles con los diámetros de los pasadores seleccionados anteriormente. Debido a estos requerimientos, se selecciona bocinas de bronce con grafito VSB50 de la empresa VIPLUS¹⁵, las cuales se utilizan a menudo en aplicaciones industriales con grandes exigencias, sometidos a bajas velocidades y a cargas medianas-altas. En la Figura 2.35 se observa el modelo de la bocina junto a sus principales propiedades mecánicas.



Figura 2.35. Bocinas VSB50 de la empresa VIPLUS

2.5. Selección de actuadores

En esta sección se seleccionan los elementos actuantes tanto para el sistema de elevación y de la plataforma deslizable.

¹⁵ VIPLUS (2022) Self-lubricating bearing and bronze bushings. Obtenido el 15 de octubre del 2022 de: <https://www.viplus.com/>

2.5.1. Selección del actuador hidráulico

De acuerdo con lo descrito en la Sección 2.2, se ha calculado la fuerza requerida en el actuador hidráulico para elevar la carga útil aplicada al sistema. Utilizando estos valores, se procede a determinar el diámetro necesario del cilindro empleando la Ecuación 2.44. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2.17.

$$F_c = P * \frac{\pi * Dc^2}{4 * FS} \quad (2.44)$$

Donde:

F_c : Fuerza requerida para el cilindro [kg-f]

P : Presión de trabajo del cilindro [bar o kg-f/cm²]

Dc : Diámetro del cilindro [cm]

Fs : Factor de seguridad = 1.5

Tabla 2.17. Fuerzas del actuador hidráulico

Nombre	Símbolo	Unidades	Cilindro
Fuerza requerida	F_c	kg-f	1191,00
		KN	11,68
Fuerza c/ FS		KN	17,52
Presión de trabajo	P	bar	100,00
		kg-f/cm ²	101,97
Área	A	cm ²	11,68
Diámetro del pistón	Dc	cm	3,86

Una vez obtenido las características de selección, se escoge un cilindro hidráulico teniendo en cuenta el diámetro, las longitudes mínimas y las máximas de extensión, y que sea compatible con sensores magnéticos para la medición del desplazamiento del embolo. Por lo que se selecciona uno de la marca *AGIROSSI GMBH* de la serie M3. En la Tabla 2.18 se muestran las dimensiones del catálogo de cilindros referidas a la Figura 2.36

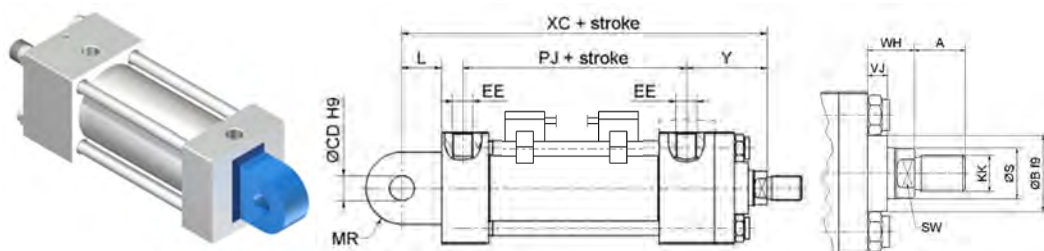


Figura 2.36. Dimensiones del cilindro hidráulico

Tabla 2.18 Configuración de cilindros hidráulicos a 100 bar

Calculation Force F / Volume V										
Piston- ϕ	Rod- ϕ	Area Ratio	Pressure with 100 bar (in kN)	Tension with 100 bar (in kN)	Volume with 100mm stroke (in L) piston side	Volume with 100mm stroke (in L) rod side				
25	12	1,3	4,91	3,78	0,05	0,04				
	18	2,08		2,36						
32	14	1,24	8,04	6,5	0,08	0,07				
	22	1,9		4,24						
40	18	1,25	12,57	10,02	0,13	0,1				
	28	1,96		6,41						
50	22	1,24	19,63	15,83	0,2	0,16				
	28	1,46		13,48						
	36	2,08		9,46						
63	28	1,25	31,17	25,01	0,31	0,25				
	36	1,48		20,99						
	45	2,04		15,27						
Piston- ϕ	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
XC	127	147	172	191	200	229	257	289	308	381
XG	44	54	57	64	70	76	71	75	75	85
XJ	101	115	134	140	1499	168	187	209	230	276
XO	130	148	178	190	206	238	261	304	337	415
XS	33	45	45	54	65	68	79	79	86	92
XV min	82	96	107	117	132	147	158	180	198	226
XV max	72+stroke	82+stroke	88+stroke	90+stroke	91+stroke	99+stroke	107+stroke	109+stroke	104+stroke	130+stroke
Y	50	60	62	67	71	77	82	86	86	98
Y1	50	60	62	67	71	77	82	86	79	94
ZJ	114	128	153	159	168	190	203	232	245	299
ZJ1	-	-	-	-	-	-	216	244	273	331
ZM	154	178	195	207	223	246	265	289	293	353

Con la finalidad de garantizar el buen funcionamiento al usuario debido a cualquier falla por falta de fuerza, se elige un cilindro 50 mm de pistón con un vástago de 28 mm con una carrera de 400 mm. Estas dimensiones nos proporcionan una fuerza de compresión de 19.53 KN, la cual cumple con la fuerza necesaria aplicando un factor de seguridad de 1,5 para elevar la plataforma de elevación.

Asimismo, se añade un accesorio tipo horquilla para el extremo del cilindro que se desplaza. Teniendo en cuenta las distancias del cilindro = 190 mm, la carrera = 400 y la horquilla = 55 mm, llega a cumplir las distancias mínimas y máximas requeridas. En la siguiente Figura 2.37 y en la Tabla 2.19 se muestran las dimensiones.

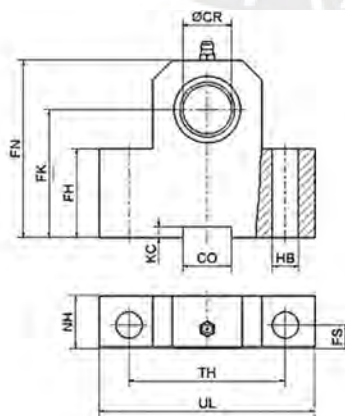


Figura 2.37. Dimensiones de la orquilla del cilindro

Tabla 2.19 Configuración de las dimensiones de la orquilla

Piston-ø	CR H7	FH	FK js12	FN max	UL max	NH max	HB H13	TH js14	FS js14	CO N9	KC +0,3	Art.-Code
25	12		34	49	63	17	9	40	8	10	3,3	TB
32	16		40	59	80	21	11	50	10	16	4,3	
40	20		45	69	90	21	11	60	10	16	4,3	
50	25		55	80	110	26	13,5	80	12	25	5,4	
63	32		65	100	150	33	17,5	110	15	25	5,4	
80	40		76	120	170	41	22	125	16	36	8,4	
100	50		95	140	210	51	26	160	20	36	8,4	
125	63		112	177	265	61	33	200	25	50	11,4	
160	80		140	220	325	81	39	250	31	50	11,4	

Una vez seleccionado el cilindro, se procede a evaluar si el diámetro del vástago fallará por pandeo mediante la Ecuación 2.45 ofrecida por el fabricante, teniendo en cuenta que la longitud efectiva es igual a la longitud del vástago ya que se considera un extremo fijo pivotado y el otro libre. Los resultados se muestran en la Tabla 2.20.

$$F_p = \frac{\pi^2 * E * I}{L_p^2 * v} = \frac{\pi^2 * E * (\pi * d_v^4)}{L_p^2 * v * 64} \quad (2.45)$$

Donde:

L_p: carrera de trabajo del cilindro hidráulico [cm]

E: módulo de elasticidad del acero=2.1 x 10⁶ [kg-f/cm²]

F_p: Fuerza de pandeo [kg-f]

I: Inercia [cm⁴]

v: Factor de seguridad

d_v: Diámetro del vástago [cm]

Tabla 2.20. Cálculos de pandeo con (Le = Lvástago)

Nombre	Símbolo	Unidades	Vástago del cilindro
Diámetro del vástago	dv	cm	2,80
Módulo de elasticidad del acero	E	kg-f/cm ²	2100000,00
Inercia	I	cm ⁴	12,57
Longitud efectiva	Le	cm	1040,00
Factor de seguridad	v		4
Fuerza crítica	Fc	kg-f	14454,21

Según la fuerza crítica obtenida se confirma que el cilindro seleccionado de 50 mm de pistón con un vástago de 28 mm de diámetro y con una carrera de 400 mm, será lo suficientemente resistente para no fallar por pandeo y satisfacer las exigencias para la elevación de la estructura.

2.5.2. Selección de la bomba y del motor

El accionamiento de los cilindros hidráulicos se realizará mediante una bomba hidráulica, la cual proporcionará el caudal para desplazar el vástago de los cilindros. Para hallar el caudal necesario para determinar la velocidad del pistón del cilindro, el cual se obtiene mediante la relación geométrica mostrada en la Ecuación 2.46¹⁶.

$$V_{piston} = \frac{Z_{piston}}{T_{elevacion}} = \frac{Z_{piston} * V_{elv}}{H_{vert}} \quad (2.46)$$

Donde:

V_{piston} : Velocidad del pistón en el cilindro hidráulico [cm/s]

Z_{piston} : Carrera del cilindro calculada = 400mm

Asimismo, para hallar el tiempo de elevación se determinará mediante la relación cinemática expresada en la Ecuación 2.47 [Guerrero,2013], donde se tomará la altura a la cual la plataforma necesita elevarse y la velocidad máxima normada a la cual la altura

$$T_{elevacion} = \frac{H_{vert}}{V_{vert}} + T_{ac-ds} \quad (2.47)$$

Donde:

H_{vert} : Recorrido vertical de la plataforma de elevación [cm]

V_{elev} : Velocidad normada de la plataforma de elevación [cm/s]

T_{ac-ds} : Tiempo de aceleración y desaceleración para llegar a la velocidad crucero [s]

Esta velocidad del pistón ayudará a determinar el caudal que se requiere para elevar la plataforma a 1600mm sobre el suelo H_{vert} . el cálculo del caudal se realizará mediante la Ecuación 2.48

$$Q = \#cilindros * V_{piston} * A_{embolo} \quad (2.48)$$

Donde:

Q : Caudal de accionamiento del cilindro hidráulico a una velocidad determinada

A_{embolo} : Área del embolo del cilindro [cm²]

A continuación, en la Tabla 2.21, se muestran los resultados de las Ecuaciones 2.46 y 2.47.

¹⁶ Relación geométrica obtenida del análisis de caudal en el documento de tesis de [Guerrero,2013]

Tabla 2.21. Magnitudes para hallar el caudal necesario

Nombre	Símbolo	Unidades	Valor
Recorrido vertical	Hvert	cm	110,00
Velocidad de elevación	Velev	cm/s	5,00
Tiempo de elevación	Televacion + Tencendido	s	26,00
Carrera del cilindro	Zpiston	cm	40,00
Velocidad del pistón	Vpiston	cm/s	1,54
Numero de cilindros	# Cilindros		2,00
Área del Pistón	Apiston	cm ²	19,63
Revoluciones	RPM	rev/min	1750,00
Caudal necesario	Q	cm ³ /min	3627,62
		cm ³ /rev	2,07

Con los resultados mostrados en la Tabla 2.21, se selecciona una bomba de la serie PLP 10•2 de la empresa CASAPPA¹⁷, la cual genera un caudal de 2.13 cm³/rev, puede trabajar a una presión máxima de 260 bar y a una velocidad de giro máxima de 4000 rpm. En la Figura 2.38 se observa una sección del modelo de la bomba seleccionada.

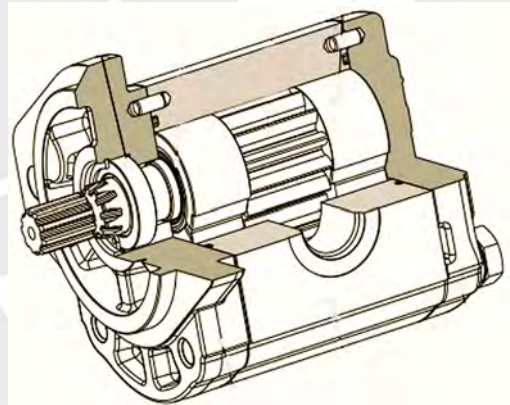


Figura 2.38. Sección de la bomba seleccionada PLP 10*2

Asimismo, en la Figura 2.39 se muestra las curvas de potencia vs velocidad de rotación para el modelo de bomba PLP 10*2. Del análisis de estas curvas se determina la potencia necesaria es aproximadamente de 1 HP con 4 Nm de torque, las cuales deben ser generadas por el motor eléctrico, teniendo en cuenta una velocidad de giro de 1750 RPM y una presión de trabajo de 100 bar.

¹⁷ CASAPPA (2022) Gear Pumps – Polaris. Obtenido el 15 de octubre del 2022.
<https://www.casappa.com/en/c/products/4/aluminium-body/#polaris-pl-tab>

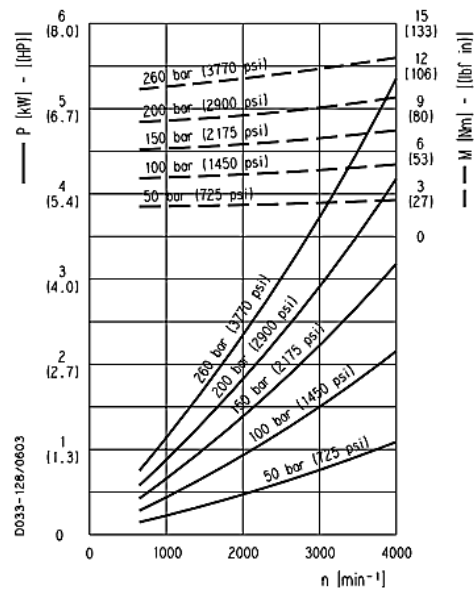


Figura 2.39. Curvas de potencia vs velocidad de rotación PLP 10*1

Tomando en cuenta los datos obtenidos de potencia y torque requerido para el motor, se selecciona uno de la marca ABB de la serie CDP3455, el cual trabaja a 1750 RPM con una salida de 1 HP, el cual se muestra en la Figura 2.40.



Figura 2.40. Motor DC 1HP de la serie CDP3455

Para poder verificar el torque generado por el motor de la serie CDP3455, se usa la siguiente Ecuación 2.49.

$$T = \frac{P * 60}{2\pi * n} \quad (2.49)$$

Donde:

T: Torque en [Nm]

P: Potencia en vatios (746 W para 1 HP).

n: Revoluciones por minuto [RPM]

Desarrollando la ecuación mencionada anteriormente, Ecuación 2.49, se obtiene un torque de 4.07 Nm, el cual es suficiente para poder desplazar el flujo de la bomba hidráulica.

2.5.3. Selección del mecanismo telescópico

En esta sección se elegirá el mecanismo que permitirá al usuario trasladarse desde la plataforma de elevación hasta la entrada del bus. Dado que el tiempo de operación no debe ser muy prolongado por la movilización concurrente de los usuarios, se necesita un mecanismo que permita el desplazamiento horizontal de la plataforma de conexión de manera continua y sin interrupciones. Por lo tanto, se optará por un mecanismo telescópico capaz de soportar la carga útil del usuario y la silla de ruedas.

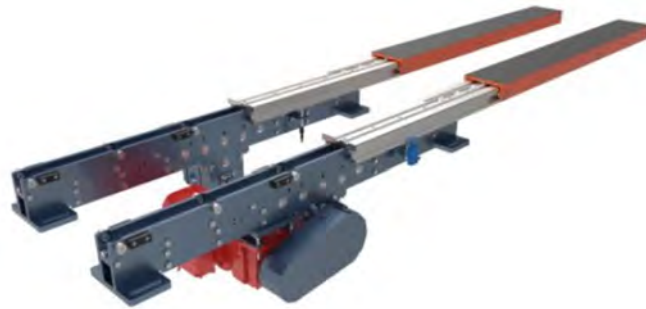


Figura 2.41. Trinche telescópico modelo ARES 65 W10

Por lo tanto, se selecciona un trinche telescópico de la empresa LHD del modelo ARES 65 W150 mostrado en la Figura 2.41, que soporta 600kg, el cual es mayor a la carga útil requerida. Asimismo, algunas de sus características más resaltantes son presentadas en la Tabla 2.22.

Tabla 2.22. Características principales del trinche telescópico ARES 65 W150

Característica	Unidades	Valor
Carga máxima	kg	600
Longitud estándar	mm	[700-2100]
Carrera	mm	[800 - 2300]
Sección transversal	mm	150x65
Velocidad de carga	m/min	30
Aceleración	m/s ²	0,5

En este caso, se selecciona el trinche telescópico AR65W-140 debido a que sus dimensiones, en estado plegado y desplegado mostradas en la Tabla 2.23, satisfacen los requerimientos. Por otro lado, se observa que la flexión generada por la carga máxima de 600 kg, produce un máximo desplazamiento de 21mm. Sabiendo que la carga que se aplica en el sistema es menor a la mitad de la máxima carga, la flexión producida no será considerable.

Tabla 2.23. Dimensiones de las variantes del modelo ARES 65 W150

PRODUCT CODE	Q LOAD (KG)	L FIXED BODY LENGTH (MM)	Ls UPPER SLIDE LENGTH (MM)	S1 STROKE (MM)	MAX BENDING UNDER LOAD (MM)
AR65W-120		1200	1200	1300	15
AR65W-125		1250		1350	17
AR65W-130		1300		1400	18
AR65W-135	600	1350	1240	1450	20
AR65W-140		1400		1500	21
AR65W-145		1450		1550	22
AR65W-150		1500		1600	25
AR65W-200	300	2000	2000	2100	32

2.6. Modelamiento CAD del sistema mecánico

En esta sección se muestra el diseño CAD realizado en el software Fusion 360 del sistema de elevación y de la plataforma deslizante, mencionando los componentes que conformarán el sistema mecánico final. En la Figura 2.42, se muestra el sistema de elevación completamente desplegado, por acción de los actuadores hidráulicos y soportado por los brazos de elevación. Dichos brazos están articulados en apoyos fijos y móviles (ruedas) tanto en la plataforma superior como en la inferior. Asimismo, los brazos están articulados entre sí por medio de pasadores. Por otro lado, se pueden observar los dos actuadores hidráulicos, los cuales también se articulan en 2 apoyos fijos a la plataforma inferior y al perfil cuadrado del centro, el cual transmitirá las fuerzas actuantes al sistema. Finalmente, se emplean 2 barras cilíndricas, que unen cada par de brazos para poder aumentar la rigidez entre estos.



Figura 2.42. Sistema de elevación totalmente desplegado

En la Figura 2.43 se muestra el sistema de elevación plegado completamente, en el cual puede observar que la plataforma superior e inferior están compuestas por ángulos de alas iguales. Por otro lado, se agregarán unas platinas de acero A36 debajo de la plancha base, las cuales, al presentar una mayor superficie de contacto en la parte central de la plancha, aportarán una mayor rigidez evitando altas deformaciones por el peso del usuario.

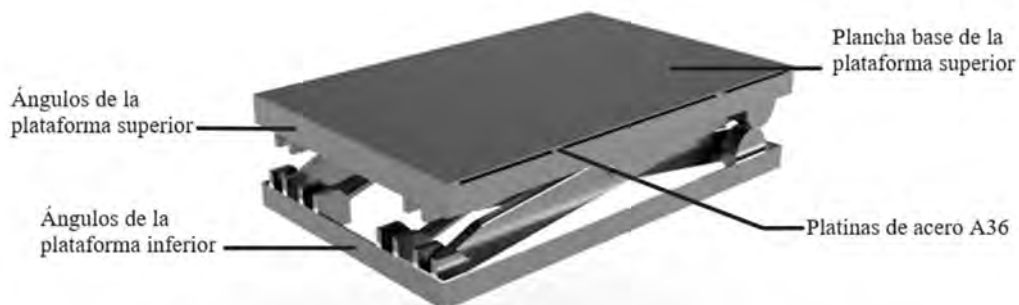


Figura 2.43. Sistema de elevación totalmente plegado

En la Figura 2.44 se muestra un trinche telescópico de 3 cuerpos del modelo *ARES 65 150W* desplegado completamente, el cual funciona por medio de rieles con transmisión por cadenas y engranajes, accionados por un motor. Dicho motor puede mover las cadenas de los dos brazos del trinche sincrónicamente debido a que están unidos por un eje central. Por otro lado, se puede observar la plancha de la plataforma, la cual soportará el peso del usuario en silla de ruedas.

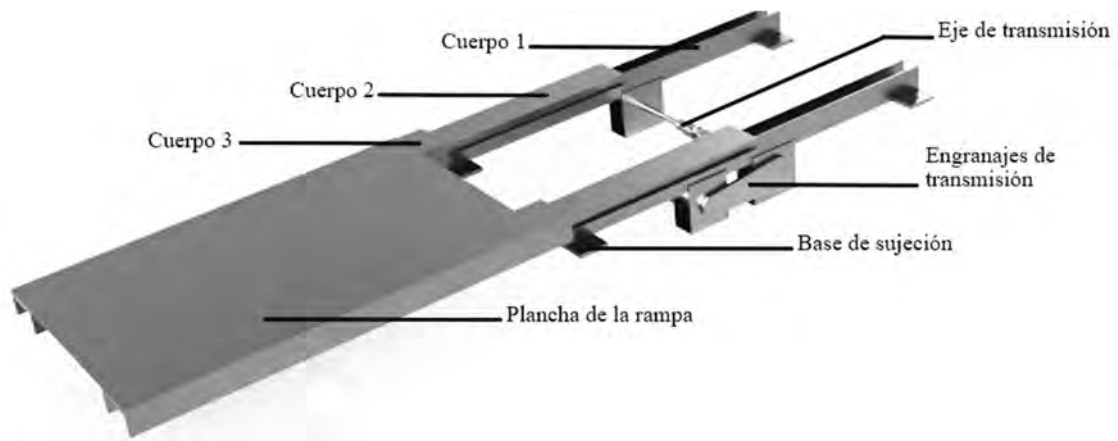


Figura 2.44. Plataforma totalmente extendida

En la Figura 2.45, se muestra el motor de accionamiento del mecanismo telescópico, el cual moverá las cadenas de los brazos y permitirá el despliegue. Asimismo, se muestra el soporte para el eje de transmisión y para el motor.



Figura 2.45. Plataforma totalmente retraída

A continuación, en la Figura 2.46 se muestra el sistema mecánico integrado (sistema de elevación junto al rinche telescópico) totalmente plegado en estado de reposo. Asimismo, se agrega unas barandas de contención para que el usuario pueda sujetarse al momento de su elevación.

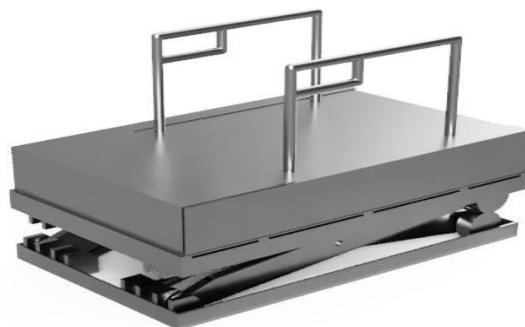
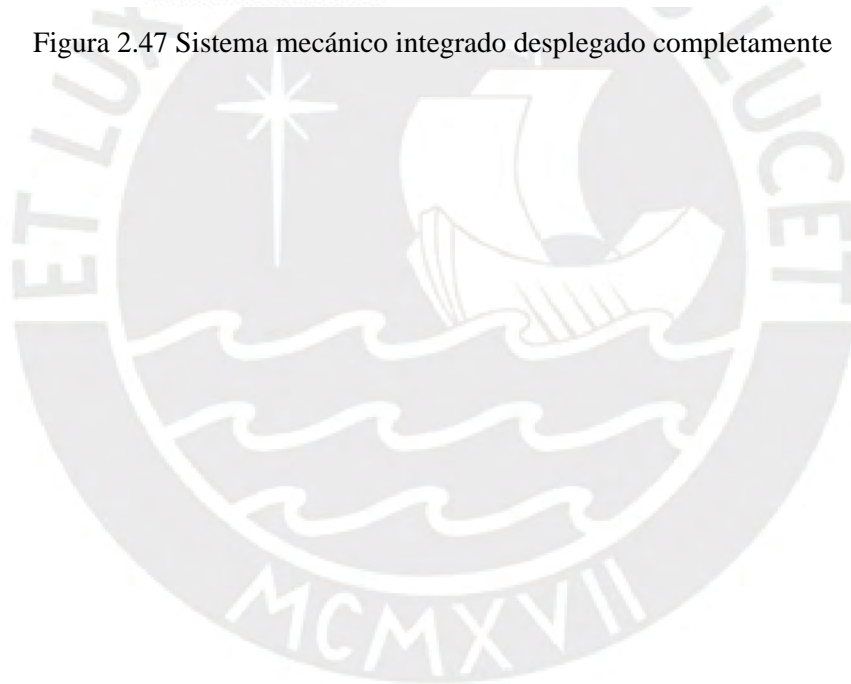


Figura 2.46. Sistema integrado plegado completamente

Por último, en la Figura 2.47, se muestra el sistema mecánico integrado totalmente desplegado. Con dicho sistema, se espera poder trasladar al usuario hacia la entrada del bus de una manera sencilla y eficaz.



Figura 2.47 Sistema mecánico integrado desplegado completamente



CAPÍTULO III

DISEÑO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO Y DE CONTROL

Este capítulo expone el diseño del sistema eléctrico-electrónico y de control. Inicialmente, se define la lógica de funcionamiento del sistema de elevación y conexión, lo cual brinda una mejor comprensión de los componentes necesarios para cumplir ciertas funciones y la lógica de control requerida. Además, se detallará la selección de componentes electrónicos que se utilizarán para el control y la alimentación del proyecto actual.

3.1. Lógica de funcionamiento del sistema

En esta sección se mostrará la lógica de funcionamiento mediante el diagrama de flujo que el sistema adoptará, teniendo en cuenta el diagrama de flujo preliminar que se realizó en el trabajo de investigación previo [Morales, 2023]. El diagrama de la Figura 3.1 muestra cómo el sistema inicia su movimiento mediante la interacción del usuario con el panel de control (botones de acción). Mediante estos botones el sistema realizará el ascenso de la plataforma (Fn Ascender plataforma), el deslizamiento de la plataforma telescópica (Fn. Deslizar rampa) y la cancelación de la alguna de las operaciones anteriormente mencionadas (Fn. Cancelar operación). Una vez que el usuario termine de abordar el bus, el conductor presiona un botón de regreso, retrayendo la plataforma telescópica (Fn. Retraer rampa) y el descenso de la plataforma de elevación (Fn. Descender plataforma a su posición inicial).

Cabe resaltar que la función es iterativa ya que, al terminar la acción, estará esperando a que un nuevo usuario vuelva a presionar el botón de activación,

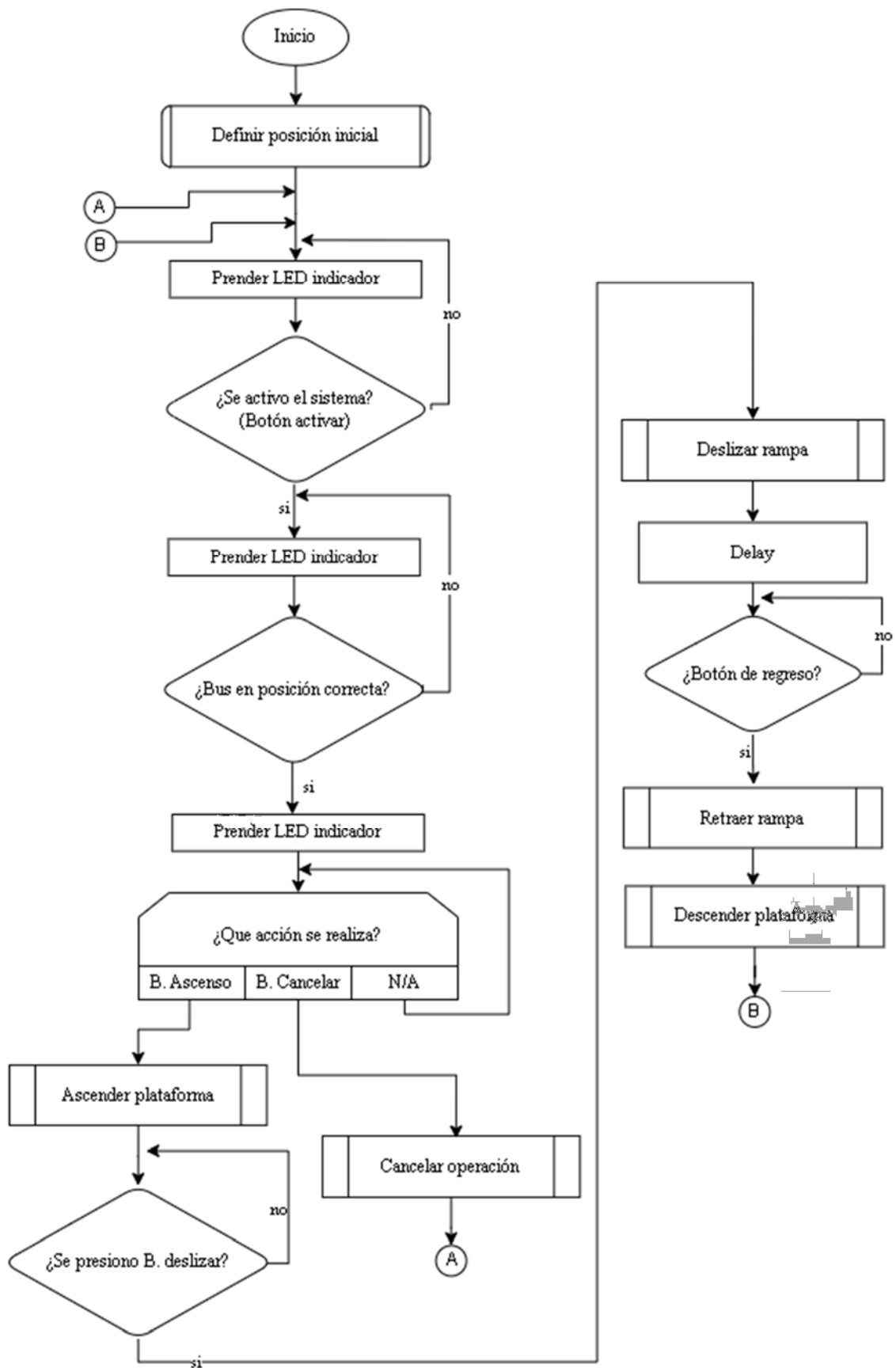
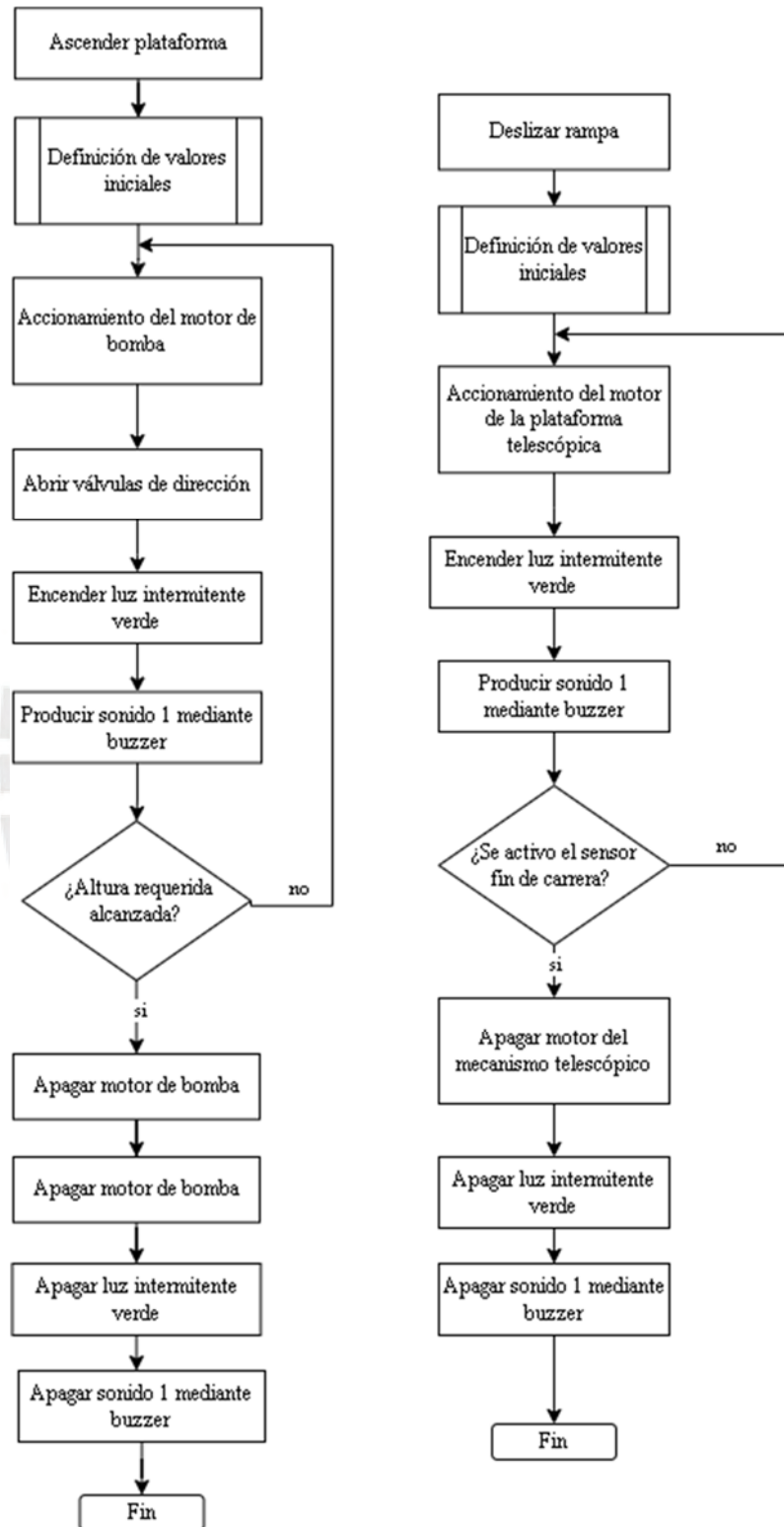


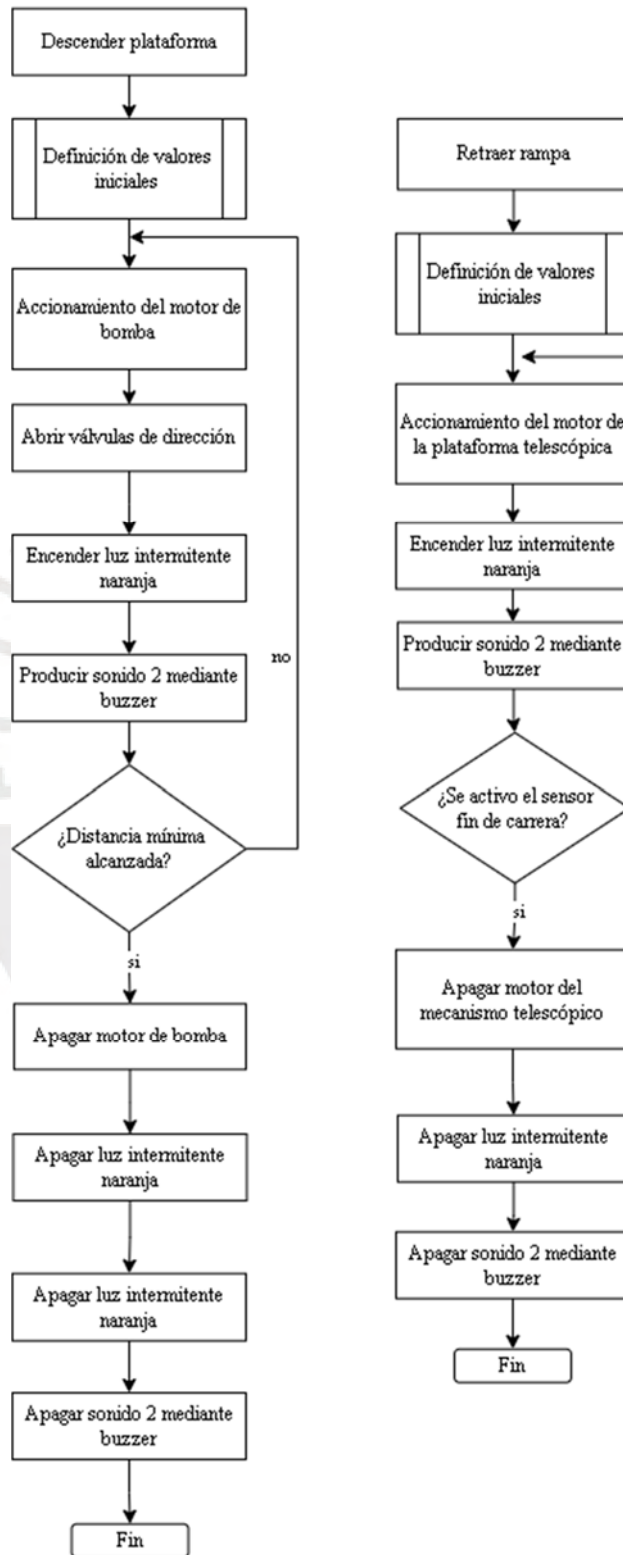
Figura 3.1. Diagrama de flujo principal

A continuación, en las Figuras 3.2a y 3.2b se presenta la lógica de las funciones que permiten el movimiento de los mecanismos cuando el usuario lo requiere. “Ascender plataforma” y “Deslizar rampa”.



a) b)
 Figura 3.2. Diagrama de flujo a) Ascender plataforma, b) Deslizar rampa

Asimismo, en las Figuras 3.3a y 3.3b se presenta la lógica de las funciones que permiten volver a la posición inicial de los mecanismos. Esas son: “Descender plataforma” y “Retraer rampa”.



a)

b)

Figura 3.3 Diagrama de flujo a) Descender plataforma, b) Retraer rampa

Asimismo, en la Figura 3.4 se presenta el diagrama de funcionamiento de la interrupción generada al presionar el botón de “Cancelar operación”.

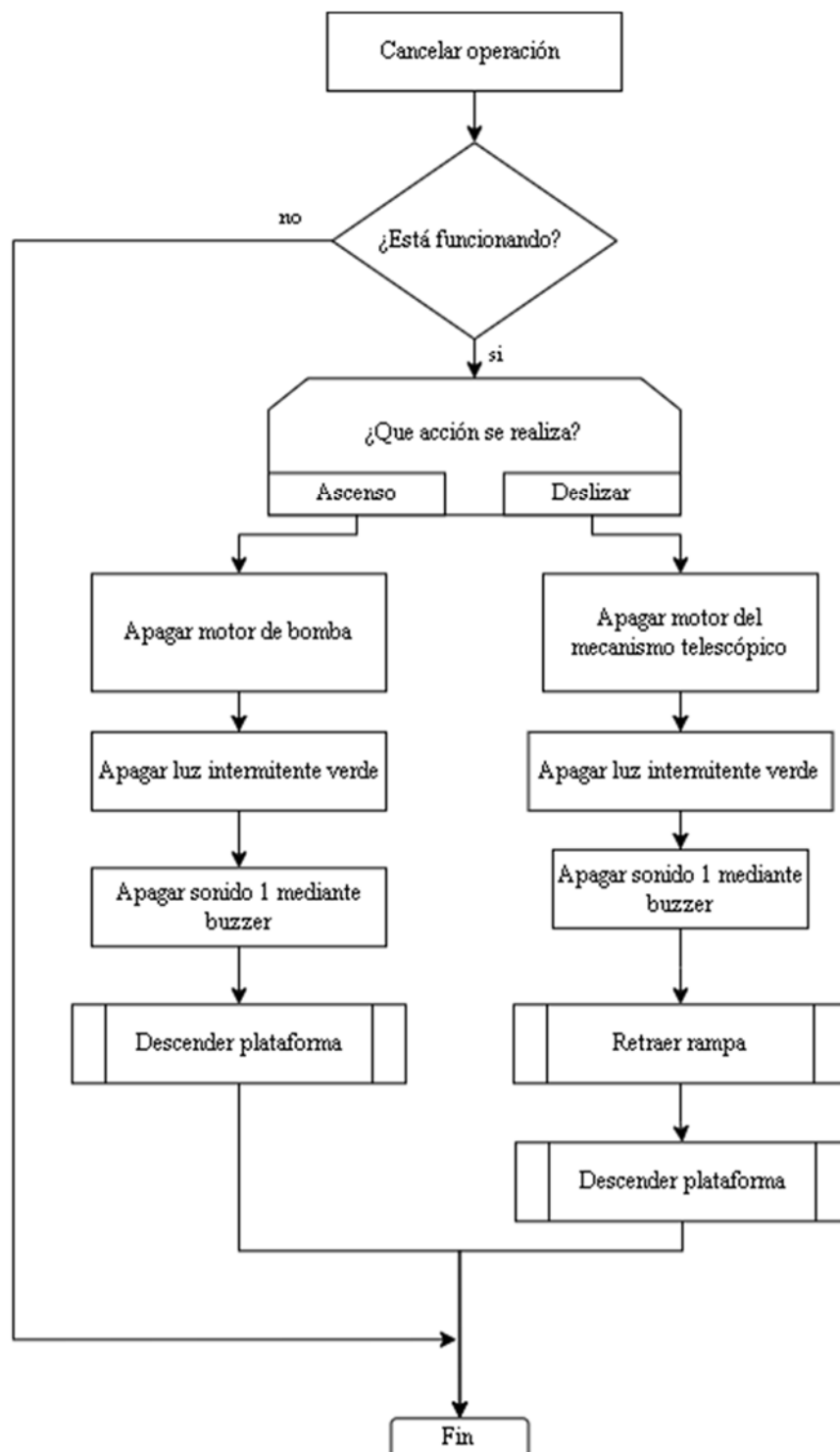


Figura 3.4. Diagrama de flujo de la interrupción cancelar operación

Con la lógica de funcionamiento obtenida, se puede observar que se necesitarán sensores que puedan proveer información de la plataforma superior al llegar a su altura requerida y si la plataforma telescópica llega al tope que se encuentra a la entrada del bus. Teniendo en cuenta dichos requerimientos, para saber cuánta distancia recorre la plataforma superior, se usará un sensor magnético adherido al cilindro hidráulico mediante un soporte impreso, el cual brindará información de la posición del émbolo y se podrá relacionar con la distancia desplazada de la plataforma superior.

Por otro lado, para detectar la llegada y la retracción de la plataforma telescópica, se usará sensores de fin de carrera, los cuales nos dan información en las posiciones donde se instalen.

3.2. Arquitectura de hardware

En la arquitectura de hardware que se muestra en la Figura 3.5 se observan las conexiones de los componentes eléctricos y electrónicos hacia el controlador y a su alimentación.

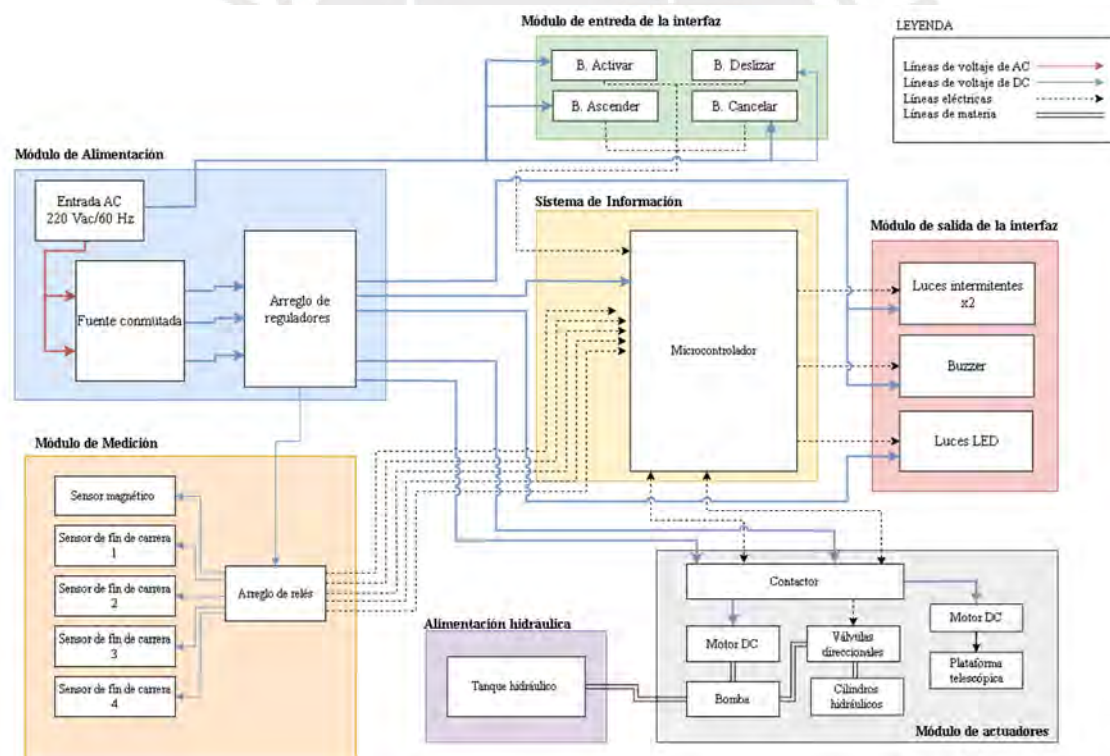


Figura 3.5. Arquitectura del hardware

El presente diseño cuenta con dos subsistemas principales: sistema de elevación y sistema de conexión a la entrada del bus. El primer sistema cuenta con dos cilindros hidráulicos accionados por una electrobomba y un sensor magnético el cual permite tener un control de la altura requerida. El segundo sistema cuenta con dos sensores de fin de carrera, los

cuales delimitarán el recorrido de la plataforma telescópica y, además, cuenta con un motor DC el cual accionará el mecanismo telescópico con su respectivo controlador. Por otro lado, se cuenta con las fuentes conmutadas (*switching*), las cuales alimentarán al sistema, un controlador y la interfaz de interacción con el usuario conformado por botones, luces led, luces de emergencia y un zumbador (*buzzer*).

3.3. Lógica de control del dispositivo

De acuerdo con la lógica de funcionamiento, se establecen ciertos parámetros de control, como la altura de la plataforma superior, que utiliza un sensor magnético para detectar el nivel del émbolo y establecer una relación entre el desplazamiento del émbolo y la plataforma elevadora. También se busca controlar la llegada y retracción total de la plataforma telescópica mediante interruptores de fin de carrera, que al activarse cortan la energía del motor en el mecanismo telescópico. En ambos casos, el control es de tipo ON/OFF, lo que implica la modelación de una lógica de control en lugar del diseño de un controlador.

3.3.1. Lógica de control para la plataforma de elevación

Como se mencionó anteriormente concierne al control de la altura, una vez que los émbolos lleguen a un cierto nivel en los cilindros, el cual estará en proporción con la altura requerida, el controlador desenergizará la electrobomba mediante relés, manteniendo la presión en los cilindros y deteniendo la elevación. Una vez que empiece la acción de descender, la electrobomba ira en reversa, desplazando el líquido hidráulico de los cilindros hacia el interior del tanque, permitiendo que la plataforma descienda hasta su posición inicial.

La posición del sensor magnético en los cilindros hidráulicos se determinará tomando en cuenta la longitud máxima hallada en la Sección 2.2, donde se calculó las dimensiones del cilindro para alcanzar los niveles de altura requeridos. Con dicha longitud máxima para que la plataforma superior alcance los 1600mm de altura, y la longitud máxima del cilindro comercial seleccionado, se obtiene la longitud diferencia mostrada en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Posición del sensor magnético en los cilindros hidráulicos

Nombre	Símbolo	Unidades	Magnitud
Longitud del cilindro máximo requerido	CP max	mm	1040
Longitud del cilindro máximo comercial	LC max	mm	1130
Posición del sensor magnético	Ds	mm	90

En la Figura 3.6 se puede observar la lógica de control de la posición del émbolo en uno de los cilindros hidráulicos, denotada con la variable x_1 , la cual activará o desactivará el sensor magnético, y enviando dicha información hacia el controlador.

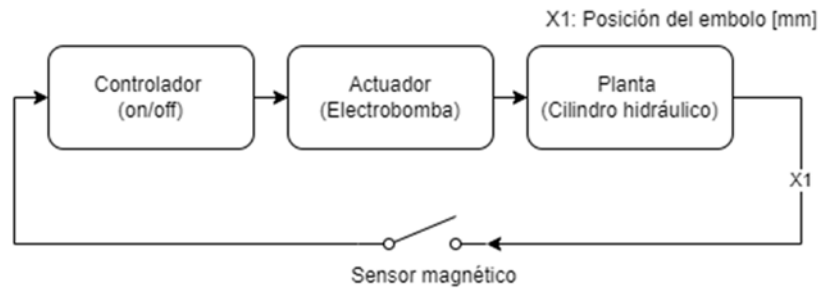


Figura 3.6. Lógica de control para la altura del mecanismo de elevación

3.3.2. Lógica de control para la plataforma telescópica automática

Por otro lado, para el control del desplazamiento de la plataforma telescópica, se usarán interruptores de fin de carrera, los cuales, una vez que llegue al tope de la entrada del bus, este se accionará enviando una señal al controlador, el cual desenergizará el motor del mecanismo telescópico mediante relés. Una vez que inicie la acción de retracción, el motor empezará a girar en dirección contraria, retrayendo el mecanismo telescópico, hasta que los interruptores de fin de carrera en la posición inicial se activen, dejando el mecanismo en reposo.

En la Figura 3.7 se puede observar la lógica de control de la posición de la plataforma telescópica, denotada con la variable Y , la cual activará o desactivará el interruptor de fin de carrera, enviando dicha información hacia el controlador.

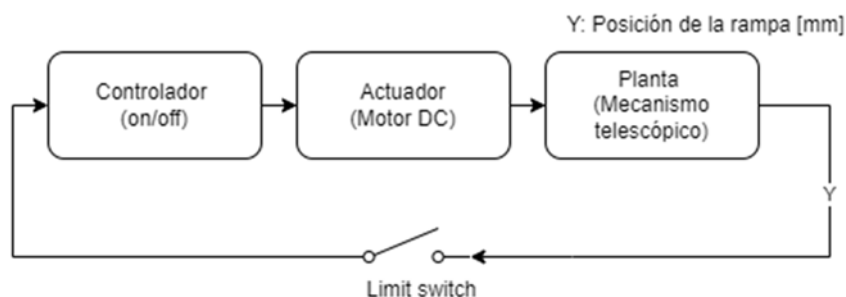


Figura 3.7. Lógica de control para el deslizamiento de la plataforma telescópica

3.4. Selección de componentes electrónicos

En esta sección se seleccionarán los distintos componentes electrónicos que permitirán la comunicación del usuario con el sistema, tanto como la interfaz de entrada y salida, componentes que proveerán información de los procesos y estado del sistema como sensores y, por último, los componentes del módulo de alimentación.




3.4.1. Sensores

Con la finalidad de determinar la posición de la plataforma de elevación con respecto al nivel del suelo, se requiere adquirir un sensor el cual pueda brindar dicha información sin depender del ruido, las interferencias de partículas en el aire, como el polvo, y la interferencia debido a la luz externa. Teniendo en cuenta estos parámetros ambientales, se determinó usar un sensor de campo magnético, el cual medirá de forma directa el nivel del émbolo disminuyendo en gran parte las interferencias que pueda generar el entorno con la toma de datos. Dicho sensor magnético viene incorporado en el cilindro hidráulico.

Por el lado del sistema de conexión a la entrada del bus, se requiere controlar la posición inicial y final de la plataforma telescópica con la finalidad de que no se extienda más de lo necesario, y que pueda retraerse a su estado inicial por completo. Debido a esto, se requieren sensores de fin de carrera, los cuales trabajarán en corte y encendido limitando el movimiento del motor del mecanismo telescópico.

A continuación, en la Tabla 3.2 se presentan las principales características de 3 modelos de sensores de campo magnético, los cuales se consiguen comercialmente.

Tabla 3.2. Selección de 3 modelos de sensores de fin de carrera

	Z-15GW255-B	D4C	MJ1-6107
Características			
Corriente máxima de operación	10A@250 VAC	5A@250 VAC	15A@250VAC
Velocidad de operación	0.1 mm-1 m/s	1 mm/s-1 m/s	0.01 mm-1 m/s -
Grado de protección	IP62	IP67	IP65
Precio	s/.80.67	s/.749.89	s/.112.98

Con el resultado obtenido, se selecciona un interruptor de contacto de la empresa MOUJEN de modelo MJ1-6107, el cual se muestra en la Figura 3.8. Este es un dispositivo robusto e ideal para el uso en sistemas de gran tamaño soportando corrientes altas.






Figura 3.8. Interruptores de fin de carrera MJ1-6107

3.4.2. Interfaz de entrada y salida

Se requiere una interfaz de comunicación usuario-sistema, conformado por componentes de entrada como botones y componentes de salida como las luces de emergencia, el zumbador (buzzer) y luces led. A continuación, en la Tabla 3.3 se presentan las principales características de 3 modelos de botones.

Tabla 3.3. Selección de 3 modelos de botones

Características	SKU A-4480	Taiss XB2-11DN/RG	RESISPAR
			
Voltaje máximo de operación	220 VAC – 5A	110 VAC – 10A	220 VAC – 5A
Contacto	NA-NC	NA-NC	NA-NC
Precio	s/.5	s/.36	s/.60

Según los resultados presentados, por lo que concierne a la interfaz de entrada, se usarán 4 botones de la empresa , como se muestra en la Figura 3.9. Estos botones permitirán activar todo el sistema, elevar a la plataforma superior, deslizar la plataforma telescópica mediante el mecanismo telescópico y cancelar la operación actual que se esté realizando.



Figura 3.9. Botones A-4480

Con respecto a la interfaz de salida, se usarán luces de trabajo para mostrar el tipo de operación que se está realizando, alertando a los peatones cercanos. A continuación, en la Tabla 3.4 se mostrarán las principales características de 3 modelos de luces de trabajo.

Tabla 3.4. Selección de 3 modelos de balizas de luces

Características	LED FL50	LGE-202	LTA-505-3T
Voltaje máximo de operación	24VDC / 60 Hz	24VDC / 60 Hz	12, 24VDC /60 Hz
Zumbador (Buzzer)	90 dB	85 dB	-
Montaje	Externo/ interno	Interno	Externo/ interno
Grado de protección	IP65	IP54	-
Precio	s/.100	-	s/.50




Con los resultados obtenidos en la Tabla 3.4, se elige unas luces de trabajo que se puedan montar en exteriores y que cuenten con un zumbador incorporado. Debido a esto, se elige uno de la empresa FC-COM de modelo FL50 como se muestra en la Figura 3.10, el cual es un módulo de dos luces que se pueden adaptar para tres y posee un zumbador (buzzer), el cual ayudará a mantener a los peatones alerta del funcionamiento del sistema.



Figura 3.10. Modulo de 2 luces FL50

Con la finalidad de señalar las posibles estaciones donde se encuentran instalados los sistemas de elevación, se usarán luces LED en una sola tira de un color llamativo y visible en el día. A continuación, en la Tabla 3.5 se presentan las principales características de 3 modelos de tiras LED.

Tabla 3.5. Selección de 3 modelos de tiras LED

	Kobo-Neon	Kobo lighting-5050	Lucky-5630
Características			
Voltaje de operación	12 V	12 V	12 V
Consumo	9.6 W/m	14.4 W/m	-
Longitud	5 m	5 m	5 m
Precio	s/.57	s/.45	s/.50

Con lo obtenido anteriormente, se escoge tiras LED de color rojo de la marca Kobo, modelo NEON como se muestran en la Figura 3.11, ya que consumen menos potencia por metro.



Figura 3.11. Tira LED rojo de la marca Kobo, modelo NEON

3.4.3. Componentes para el control

Las funciones del sistema se activarán por medio de interruptores, controlados por pequeñas o medianas corrientes en sus entradas. Las características de los componentes de conmutación se diferencian principalmente por sus entradas y salidas, por lo que se procederá directamente a la selección, donde se usarán relés de estado sólido [3-32V a 5-60V] a 10A del modelo SSR-10DD, como se muestran en la Figura 3.12a. Con respecto a la conmutación en las conexiones de los sensores de fin de carrera y el sensor magnético, y para las conexiones que

salen del microcontrolador, se usarán relés de 5Vdc-30Vdc del modelo SRD-5VDC-SL-C, como se muestran en la Figura 3.12b, los cuales pueden trabajar hasta con 10 A.



Figura 3.12. Figura 3.12 Relé de estado sólido a) SSR-10DD y b) SRD-5VDC-SL-C

Por otro lado, se usarán contactores para el control de los motores, debido a que, a diferencia de un relé de estado sólido, estos pueden trabajar con altas corrientes y permite el enclavamiento. Por lo que se escoge un contactor del modelo HS1-63 de 12V como entrada para la sinusoide, como se muestran en la Figura 3.13, esto con la finalidad de permitir el paso de la corriente trifásica o monofásica por los bornes de entrada activando y desactivando los motores dependiendo del estado de los botones correspondientes. Sus principales características se muestran en la Figura 3.14.





Figura 3.13. Contactor modelo HS1-63

Fabricante	Heschen
Identificador de producto del fabricante	HS1-63 4P 12V
Dimensiones del paquete	9.2 x 8.3 x 6.2 cm; 350 gramos
Referencia del fabricante	HS1-63 4P 12V
Voltaje	12 Voltios, 230 Voltios
Tipo de montaje	Montaje en carril DIN
Incluye baterías	No
Necesita baterías	No
Peso del producto	350 g

Figura 3.14. Características técnicas del contactor modelo HS1-63

Asimismo, se utilizarán reguladores de voltaje para que la tensión de entrada se adapte a los distintos voltajes requeridos en los componentes. En la Tabla 3.6 se muestran las principales características de 2 modelos de reguladores que se pueden utilizar.

Tabla 3.6. Selección de reguladores de tensión

Características	OOTDTY - módulo Step up 	Diycore - Modulo reductor 
Voltaje de entrada	10 - 60 VDC	6.5 – 60 VDC
Voltaje de salida	12V, 24, 36, 48V, 80V	1.25-30VDC
Corriente máxima	10A	10A
Precio	s/. 43,61	s/. 11.76

En el sistema se determinó que se requiere reducir la tensión de entrada mediante reguladores, por lo que se escogerán de la marca Dymore mostrada en la Figura 3.15, los cuales pueden trabajar con corrientes de hasta 10 A y llega a la tensión requerida.



Figura 3.15. Regulador 6.5V-60V a 1.25V-30V

3.4.4. Controlador

Con la lógica de control y la arquitectura de hardware, se puede observar que se necesitarán al menos 10 pines, exceptuando los pines de 5V y GND, como se puede observar en la Tabla 3.7, los cuales funcionarán como entadas y salidas de información para los distintos módulos que serán conectados.

Tabla 3.7 Tabla de pines necesarios en el microcontrolador

Función	Componente	Pines	#Pines x componente	#Pines información
Sensor llegada de la plataforma telescópica	Sensor fin de carrera 1	GND	2	1
		I1		
Sensor llegada de la plataforma telescópica	Sensor fin de carrera 2	GND	2	1
		I2		
	Sensor fin de carrera 3	GND	2	1
		I3		
Sensor fin de carrera 4	GND	2	1	
	I4			
Cambiar el sentido de giro del motor	Relé de cambio de giro 1	GND	3	1
		VCC		
		O1		
Sensor llegada a la altura requerida	Sensor magnético	GND	2	1
		I5		
Cambiar el sentido de giro del motor	Relé de cambio de giro 2	GND	3	1
		VCC		
		O2		
Encender luces de trabajo	Relé de activación luz 1 y 2	GND X2	6	2
		VCC X2		
		O3 Y O4		
Encender el zumbador (buzzer)	Relé para la activación del buzzer	GND	3	1
		VCC		
		O5		

El tipo de operaciones que el procesador se limitara a realizar son comparaciones y envíos de pequeñas corrientes para la activación de los relés, asimismo, la velocidad de procesamiento no es muy exigente, debido a que las operaciones no poseen un control complejo y que solo posee una interrupción.

A continuación, en la Tabla 3.8, se presentan las principales características de 3 modelos de microcontrolador que se podrían implementar para el control del sistema.

Tabla 3.8 Selección de 3 modelos de microcontrolador

Características	Arduino Mega	Tiva C Launchpad tm4c123gh6pm	Raspberry Pi 4B
Voltaje max. de entrada	7 - 12 V	3.15 - 3.63 V	5V
Corriente Max. /pin	50 mA	30 - 40 mA	3 A
Pines analógicos	16	12	-
Pines digitales	54	40	40
Arquitectura	8 bits	32 bits	64 bits
Frecuencia	16 MHz	80 MHz	1.5 GHz
Precio	s/. 70	s/. 80	s/. 250

Por este motivo, se selecciona un Arduino Mega como se muestra en la Figura 3.16, el cual posee un número de pines mayor a lo que se requiere para controlar el sistema mecatrónico y, además, posee 6 interrupciones en el caso se requiera realizar mejoras o aumentar nuevas funciones.



Figura 3.16. Arduino AT Mega 2560

3.4.5. Fuentes de alimentación

Finalmente, los distintos componentes electrónicos se alimentarán con energía transformada y regulada proveniente de la red eléctrica de 220Vac@60Hz. Para determinar la potencia que debe de entregar las fuentes conmutadas de alimentación, se realiza un balance de potencias de los distintos componentes anteriormente mencionados, la cual se muestra en la Tabla 3.9. Se deberá tener en cuenta que el motor del mecanismo telescópico es un motor monofásico de 48 VDC, el cual será alimentado desde la misma fuente conmutada.

Tabla 3.9. Balance de potencias para la selección de las fuentes conmutadas

Módulo	Corriente [A]	Voltaje [V]	Potencia [W]
Microcontrolador	1.00	5.00	5.00
Luces en tiras LED	1.60	12.00	19.20
Regulador 12/5V	1.00	7.00	7.00
Válvula direccional	3.33	12.00	40.00
Fuente conmutada 12V	6.93	Suma	71.20
Luces de trabajo	1.80	24.00	43.20
Zumbador	0.01	24.00	0.24
Regulador 48/24V	1.81	24.00	43.44
Motor 48V	12.50	48.00	600.00
Fuente conmutada 48V	16.12	Suma	686.88

Según el resultado obtenido, la potencia requerida por los componentes de bajo voltaje es de 31.2W y los de alto voltaje de 686.88W. Por este motivo, se escogerán 2 fuentes conmutadas para suministrar dichas potencias requeridas. Para los de bajo voltaje, se selecciona uno de la empresa Maxtronics de la marca *SABIO LU MAYO*, como se muestra en la Figura 3.18a, el cual tiene como características de trabajo: 12V, 10A y 120W.

Por otro lado, para los componentes de mayor voltaje, se usará una fuente conmutada de la empresa *Vistronica* del modelo S-720-48, como se puede observar en la Figura 3.17b. Dicha fuente proveerá las siguientes características eléctricas: 48V, 15A y 720W.



Figura 3.17. Fuente conmutada a) 220Vac/12V y b) 220Vac/48Vdc

3.5. Diseño de la caja de control

El sistema será controlado por el microcontrolador, el cual enviará distintas señales de activación, y recibirá información de los sensores. Estos componentes estarán distribuidos en una caja de eléctrica de control, la cual estará posicionada a un costado de la plataforma de elevación. Esto con la finalidad de que, en una de sus caras como se muestra en la Figura 3.18, se presente al usuario el arreglo de luces mostrando la ruta y en qué posición se encuentra. Asimismo, en la parte inferior de dicha cara, se encontrará el botón de activación, el cual energizará el sistema.



Figura 3.18. Fuente conmutada a) 220Vac/12V y b) 220Vac/48Vdc

Por otro lado, el interior de la caja estará dividido en 4 separaciones donde se encontrará en el primer nivel; las fuentes conmutadas, en el segundo nivel; el arreglo de reguladores, en el tercer nivel; los componentes de conmutación, como relés de estado sólido de altas corrientes y contactores, y en el primer nivel el microcontrolador con los relés de pequeña señal. En la Figura 3.19 se muestra la disposición de dichos componentes.



Figura 3.19. Disposición interna del panel de control

Asimismo, para que el usuario pueda interactuar con el sistema, se tiene una botonera con tres botones como se muestra en la Figura 3.20, los cuales tienen la función de elevar, desplazar o cancelar cualquier operación.



Figura 3.20. Botonera para el control de operación

CAPÍTULO IV

INTEGRACION Y ESTIMACION DE COSTOS

En el siguiente capítulo se presentará el sistema mecatrónico integrando el diseño mecánico y electrónico previamente presentado en los capítulos 2 y 3 respectivamente. Se mostrará inicialmente el diseño 3D de los componentes mecánicos y los componentes eléctricos-electrónicos, mostrando su disposición y presentando el diseño final del sistema de elevación y plataforma telescópica. Asimismo, se presentará un diagrama de procesos dándonos a entender cuál es la estructura de uso que el usuario debería realizar y que señales debería observar. Finalmente, se presentará una estimación de costos, el cual abarcará costos de fabricación, costos de materiales y costos de uso.

4.1. Diseño de integración

A continuación, se presentará el diseño 3D realizado en el software Fusion 360 del diseño final integrado, observándose en la Figura 4.1 el sistema mecatrónico de elevación en su estado de reposo, el cual mantiene la superficie de la plataforma telescópica al nivel de la acera para que el usuario en silla de ruedas pueda posarse encima del elevador sin esfuerzo. Asimismo, mediante el panel de control que se encuentra en la parte posterior, se energiza el sistema, esperando a que el usuario se encuentre en la posición adecuada para iniciar el ascenso de la plataforma y desplazamiento de la plataforma telescópica mediante la botonera.

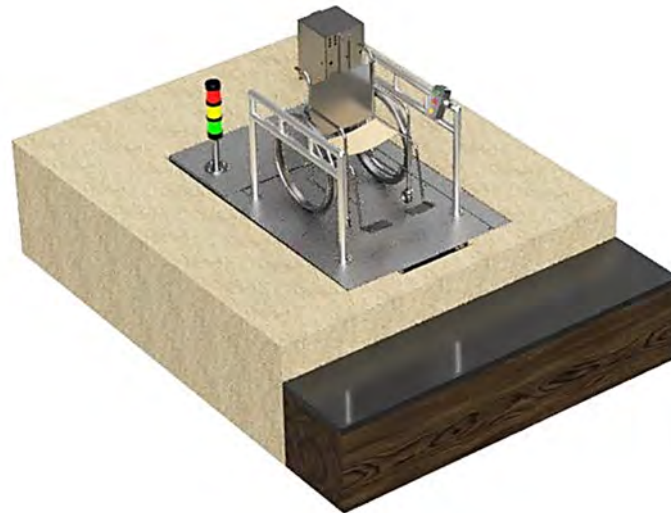


Figura 4.1. Diseño final en estado de reposo

Por otro lado, en la Figura 4.2 se muestra el subsistema de elevación completamente desplegado a una distancia de 1.10 metros sobre el nivel de la acera, asimismo, la plataforma telescópica desplazada a una distancia 0.6 metros. Este instante ilustra el instante en el cual el usuario está listo para ingresar al bus y donde las luces de emergencia deben prenderse señalando el estado en el que se encuentra el sistema. También, se observa el extremo de la plataforma telescópica el cual se apoyará en un tope de la escalera superior del bus para limitar el efecto de la flexión.

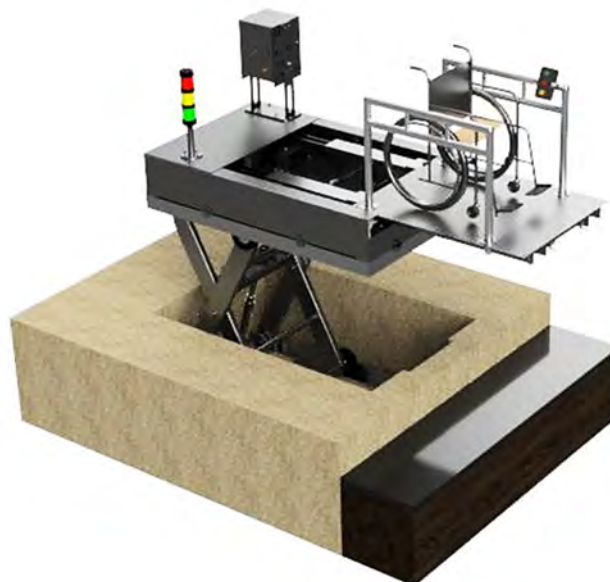


Figura 4.2. Diseño final en estado de fin de operación

En la Figura 4.3, se observa a más detalle el mecanismo telescópico que permite el traslado del usuario hacia la entrada del bus. Junto a este mecanismo se puede observar la disposición de los sensores de fin de carrera, los cuales 2 se colocará al inicio de los trinchas telescópicos y otros dos en su extremo para que pueda cancelar

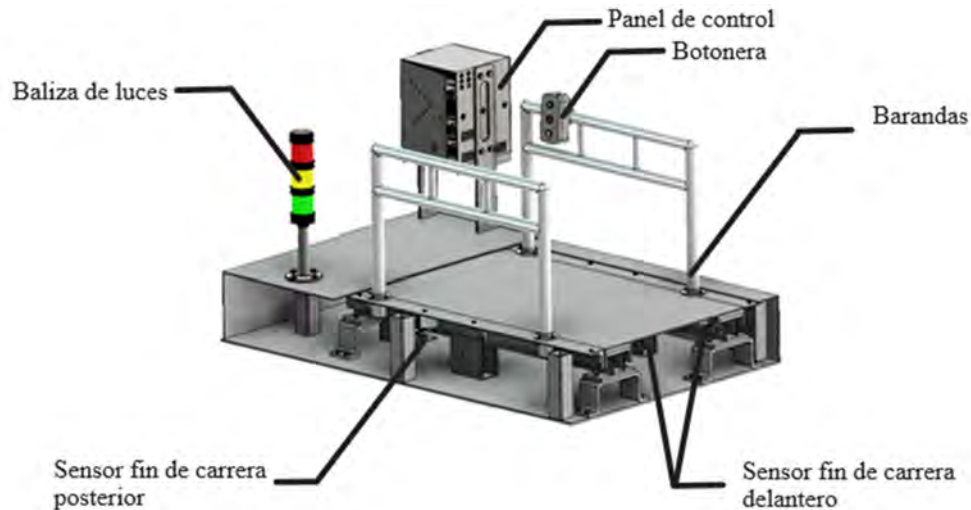


Figura 4.3. Disposición de sensores, caja de control, botonera y luces

En la Figura 4.4 se, muestra la posición de los sensores de campo magnético y la forma de acoplarse a los cilindros hidráulicos con la finalidad de sensar la llegada del embolo a cierta posición. Esta posición medida, mediante una relación directa, permite saber a qué altura se encuentra el usuario y asimismo poder controlar la subida y bajada del mecanismo.



Figura 4.4. Disposición de los sensores de campo magnético

4.2. Registro de planos

En esta sección, en la Tabla 4.1 se presentará el registro de planos que se encuentran en el Anexo de planos, tanto de ensamble y despiece de los distintos componentes mecánicos que serán fabricados. Asimismo, se adjunta los planos eléctrico-electrónicos del bloque de control y de potencia, los cuales estarán dentro del panel de control.

Tabla 4.1. Registro de planos mecánicos y electrónicos

Número	Nombre	Código de identificación
1	Plano Hidráulico	PDH-A4
2	Plataforma inferior	PD1-A2
3	Estructura de elevación1	PD2-A3
4	Estructura de elevación 2	PD3-A3
5	Eje inferior para ruedas	PD4-A3
6	Eje superior para ruedas	PD5-A3
7	Plataforma superior	PD6-A2
8	Pasador intermedio del brazo	PD7-A4
9	Pasador del brazo	PD8-A4
10	Pasador inferior del cilindro	PD9-A4
11	Pasador superior del cilindro	PD10-A4
12	Soporte sensor fin de carrera frontal	PD11-A3
13	Subsistema de elevación	PE1-A0
14	Subsistema de traslado	PE2-A1
15	Sistema de elevación y traslado	PE3-A0
16	Conexiones del panel de control 1	PEL1-A3-CTR
17	Conexiones del panel de control 2	PEL2-A4-POT

Donde:

PDH: Plano del diagrama hidráulico

PD: Plano de despiece

PE: Plano de ensamble

PEL: Plano eléctrico

4.3. Diagrama de procesos

A continuación, en la Figura 4.5 se presenta un diagrama de procesos, el cual tiene como finalidad dar a conocer cuál es la estructura del uso del sistema y cuáles son las distintas

señales que el usuario debería observar en todo el proceso desde activar el sistema, observando en que paradero se encuentra, hasta poder desplazarse desde la plataforma telescópica hacia la entrada del bus.

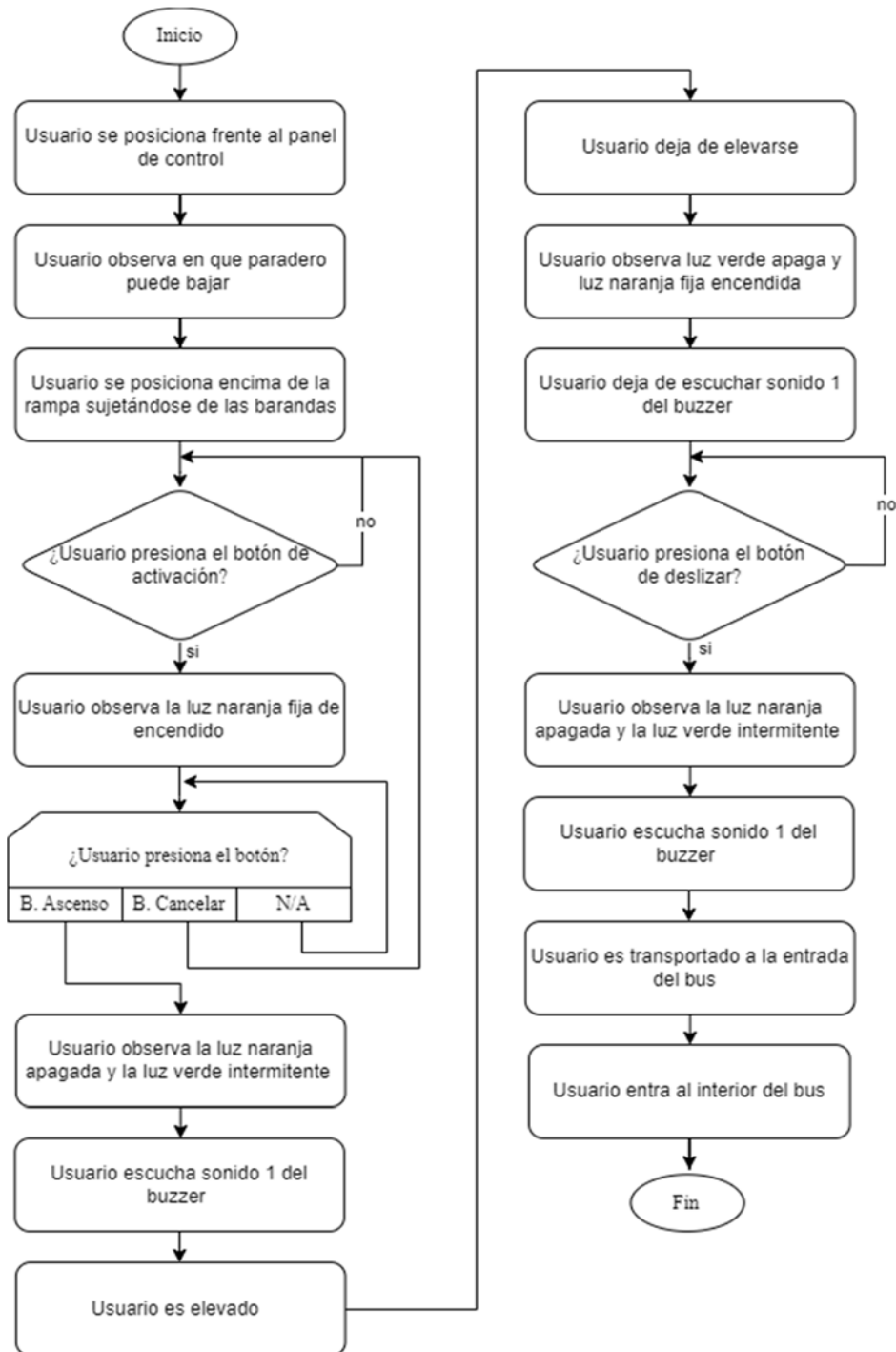


Figura 4.5. Diagrama de procesos

4.4. Estimación de costos

En esta sección, se detalla la estimación de costos del sistema mecatrónico, teniendo en cuenta el costo de los materiales, componentes y fabricación.

4.4.1. Costo de diseño del sistema

Con respecto al diseño del sistema, se considera que el tiempo invertido fue de 2 meses tomando en cuenta que el diseño mecánico, eléctrico-electrónico y de control fue realizado por un ingeniero recién egresado y supervisado por un ingeniero senior. Para estimar el costo de diseño, se tomará como referencia los honorarios mencionados en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Costos de diseño

	Costo x hora (s./)	Tiempo de diseño (horas)	Honorarios (s./)
Asistente	10.00	320	3200.00
Supervisor	40.00	160	6400.00
		Total	9600.00

4.4.2. Costo de materiales y componentes

En la Tabla 4.3, se muestran los precios de compra incluyendo IGV de los distintos materiales de construcción que serán adquiridos en tiendas nacionales e internacionales, especialmente en Chile a la fecha del mes de septiembre del 2024. Se tendrá en cuenta que los materiales de importación contarán con un costo de envío igual a la mitad del precio total.

Tabla 4.3 Estimación de costos de materiales de construcción

Material	Cant.	Precio unitario (CLP \$)	Tipo de cambio	Precio unitario (s./)	Costo por importación (s./)	Costo (s./)
Perfil rectangular acero A36 150mm x 50mm x 5mm x 6m	1	162890.00	0.0042	684.14	342.07	1026.21
Perfil cuadrado acero A36 100mm x 100mm x 3mm x 6m	1	64790.00	0.0042	272.12	136.06	408.18
Ángulos de acero inoxidable A304 4in x 4in x 3/8in x 12m	2	-	-	150.00	-	150.00
Platina de acero A36 de 4in x 1/2in x 6m	4	-	-	200.00	-	200.00
Placa de acero 5in x 20in, e=1 1/4in	3	71428.57	0.0042	300.00	150.00	450.00
Plancha de acero A36 120cm x 240cm, e=3/8in	1	-	-	200.00	-	200.00
Plancha de acero estriado A36 120cm x 240cm, e=1/4in	2	-	-	250.00	-	250.00
Barras de acero SAE 1020 ϕ 4cm x 1.5m	1	15796.00	0.0042	66.34	33.17	99.51

Barras de acero SAE 1020 ϕ 3cm x 2.5m	1	26327.00	0.0042	110.57	55.29	165.86
Tubos de acero A36 ϕ 5cm x3m	1	76190.48	0.0042	320.00	160.00	480.00
Tubos de aluminio ϕ 5cm x 6m	1	148809.52	0.0042	625.00	312.50	937.50
Total						4,367.26

Por otro lado, en la Tabla 4.4, se muestran los precios de compra incluyendo IGV de los distintos componentes comerciales que serán adquiridos en tiendas nacionales e internacionales. Asimismo, como en el dominio mecánico, se tendrá en cuenta que los materiales de exportación contarán con un costo de envío el cual se estima que sea la mitad del precio total.

Tabla 4.4. Estimación de costos de componentes comerciales

Componentes	Cant.	Precio unitario (USD \$)	Tipo de cambio	Precio unitario (s/.)	Costo por importación (s/.)	Costo (s/.)
Ruedas de caucho de 20cm de diámetro	4	15.00	3.84	57.60	28.80	259.20
Chavetas 5cm x 0.5cm -DIN6885	8	-	-	5.00	-	40.00
Bocinas de bronce M20 x 30mm	4	5.00	3.84	19.20	9.60	86.40
Bocinas de bronce M20 x 35mm	4	6.90	3.84	26.50	13.25	119.23
Bocinas de bronce M20 x 50mm	4	8.30	3.84	31.87	15.94	143.42
Actuador hidráulico 50 / 28 mm x 400 mm c/n sensor magnético	2	135.00	3.84	518.40	259.20	1296.00
Bomba de engranajes de 4 cm ³	1	150.00	3.84	576.00	288.00	864.00
Motor asíncrono jaula de ardilla de 1HP	1	33.00	3.84	126.72	63.36	190.08
Válvulas direccionales	2	-	-	326.40	-	652.80
Válvulas de estrangulamiento	4	-	-	90.00	-	360.00
Válvula check	1	-	-	38.40	-	38.40
Limitador de presión	1	-	-	192.00	-	192.00
Tanque hidráulico	1	-	-	325.00	-	325.00
Acople Flexible	1	-	-	186.00	-	186.00
Trinche telescópico	1	1100.00	3.84	4224.00	2112.00	6336.00
Sensores de fin de carrera	4	35.00	3.84	134.40	67.20	604.80
Baliza de luces	1	30.00	3.84	115.20	57.60	172.80
Botones	4	-	-	5.00	-	20.00
Tiras de luces LED	1	-	-	57.00	-	57.00
Fuente switching 48V	1	100.00	3.84	384.00	192.00	576.00
Fuente switching 12V	1	-	-	45.00	-	45.00
Regulador DC-DC	3	-	-	12.00	-	36.00
Contactores	3	-	-	72.00	-	216.00
Relé de estado solido	2	-	-	120.00	-	240.00
Relé 5V de estado solido	8	-	-	3.50	-	28.00
Arduino Mega2650	1	-	-	90.00	-	90.00
Tornillo cabeza hexagonal M14 x 80mm	8	-	-	1.50	-	12.00
Tornillo cabeza hexagonal M14 x 70mm	8	-	-	1.00	-	8.00
Tornillo cabeza hexagonal M14 x 60mm	8	-	-	1.00	-	8.00

Componentes	Cant.	Precio unitario (USD \$)	Tipo de cambio	Precio unitario (s/.)	Costo por importación (s/.)	Costo (s/.)
Tornillo cabeza hexagonal M12 x 50mm	8	-	-	0.80	-	6.40
Tornillo cabeza hexagonal M12 x 35mm	4	-	-	0.80	-	3.20
Tornillo cabeza hexagonal M8 x 30mm	28	-	-	0.70	-	19.60
Tornillo cabeza hexagonal M20 x 60mm	13	-	-	2.00	-	26.00
Tuerca hexagonal M14	24	-	-	1.00	-	24.00
Tuerca hexagonal M12	12	-	-	1.00	-	12.00
Tuerca hexagonal M8	28	-	-	1.00	-	28.00
Arandela de presión M14 x 3mm	24	-	-	0.50	-	12.00
Arandela M12 x 3mm	12	-	-	0.50	-	6.00
Arandela de presión M8 x 1.6mm	28	-	-	0.50	-	14.00
					Total	13,353.34

4.4.3. Costo de fabricación

En la Tabla 4.5 se presentan los costos de fabricación y moldeado de los distintos materiales de la Tabla 4.2 que necesitan ser mecanizados para obtener las piezas requeridas. Dichos costos son determinados por empresas que realizan dichos servicios de manufactura.

Tabla 4.5. Estimación de costos de fabricación

Trabajo	Costo (s/.)
Corte y taladrado de perfiles	70.00
Corte y taladrado de planchas	70.00
Soldadura de perfiles	200.00
Total	340.00

4.4.4. Costo de ensamblaje

En la Tabla 4.6 se muestra el costo de ensamblaje general, abarcando tanto la parte mecánica y eléctrica, realizado por un ayudante y un técnico-supervisor. Se asumirá que el tiempo necesario para la construcción y pruebas será de 1 mes.

Tabla 4.6 Costos de ensamblaje del sistema

Denominación	Costo x hora (s/.)	Días de trabajo	Horas x día	Costo total (s/.)
Técnico-supervisor	20.00	5	8	3200.00
Ayudante mecatrónico	10.00	5	8	1600.00
			Total	4800.00

4.4.5. Costo de consumo energético

Según los resultados obtenidos en Tabla 3.10, la potencia consumida por el sistema es de aproximadamente 750 W. Por otro lado, en la Tabla 4.7 se determina el tiempo estimado de funcionamiento o las horas utilizadas por el sistema.

Tabla 4.7 Costo por consumo energético

	Tiempo funcionamiento x bus (min)	# buses x hora	Horario de trabajo (h)	Tiempo de funcionamiento (min)	Tiempo de funcionamiento x día (h)
Valor	6	4	20	480	8

Con los resultados mostrados anteriormente, se procede a calcular el costo de consumo energético por kWh mediante la Ecuación 4.1, asumiendo que la tarifa eléctrica sea de 0.6034¹⁸ s./ por kWh.

$$\text{Costo total} = \text{Watts} * \frac{\text{Horas utilizadas} * 30}{1000} * \text{tarifa eléctrica} \quad (4.1)$$

Resolviendo la Ecuación 4.1, el costo total de consumo energético mensual resulta en 110 soles aproximadamente.

4.4.6. Costo por imprevistos y logísticos

Se considera que el 15% del costo total de fabricación y de ensamblaje, y el 10% del costo total de componentes y materiales, como margen de seguridad para poder solucionar los imprevistos de compra y de ejecución. Dichos montos se elevan alrededor de S/. 2543.06.

4.4.7. Costo total del proyecto

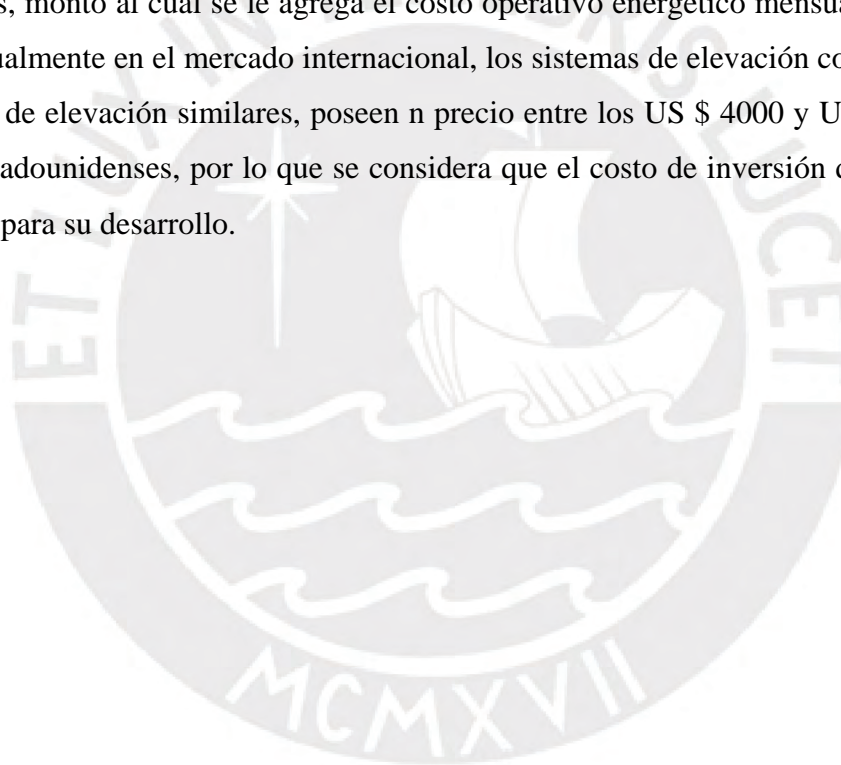
En la Tabla 4.8 se muestra el costo total del sistema mecatrónico teniendo en cuenta los diferentes tipos de costos mencionados anteriormente. Asimismo, se agrega un costo por la obra civil para obtener un pozo de cemento de dimensiones de 1.9x1.3x0.6m, la cual, estimando unos 500 dólares por metro cúbico, y un cambio de moneda de 3.84 (a la fecha de noviembre del 2024), resulta un total de \$ 741.00 equivalente a S/. 2845.44.

¹⁸ Tarifa eléctrica obtenida de un recibo de energía eléctrica suministrada por Luz del sur.

Tabla 4.8 Costos total del proyecto de tesis

Tipo de costo	Monto (s/.)	Monto (US \$)
Diseño del sistema	9600.00	2758.62
Materiales para mecanizar	4367.26	1254.96
Componentes comerciales	13353.34	3837.17
Fabricación	340.00	97.70
Ensamblaje	4800.00	1379.31
Excavación y acondicionamiento del pozo	2845.44	817.66
Costo por imprevistos y logísticos	2543.06	730.76
Total	37849.09	10876.18

Como se puede observar, el monto total de inversión que el proyecto necesitará es de aproximadamente de S./ 37849.09 soles, que es equivalente a US \$ 10876.18 dólares americanos, monto al cual se le agrega el costo operativo energético mensual de s./ 110 soles. Actualmente en el mercado internacional, los sistemas de elevación con funciones y métodos de elevación similares, poseen n precio entre los US \$ 4000 y US \$ 12000¹⁹ dólares estadounidenses, por lo que se considera que el costo de inversión del proyecto es factible para su desarrollo.



¹⁹Maquinaria Taller (2024).
[Elevadores de Tijera para Coche \(maquinaria-taller.com\)](http://maquinaria-taller.com)

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

El presente diseño se limita especialmente en el diseño del mecanismo de elevación y de transporte controlados por sensores que trabajan en estado ON-OFF accionados por el usuario por medio de botones desde el panel de control y una botonera. Por otro lado, se exceptúa en este primer diseño la señal que el sistema debe recibir desde la misma unidad de transporte para que el mecanismo pueda volver a su posición original una vez terminada una acción.

El diseño ha podido ser verificado mediante cálculos y simulaciones de esfuerzos que puede resistir el peso generado por la carga útil y el peso de los distintos componentes. Sin embargo, es necesario seguir diseñando un sistema de bloqueo para que en el caso que exista una sobrecarga no permitida o algún tipo de mal funcionamiento, esta pueda bloquearse evitando que la plataforma caiga o vuelque.

Con respecto a la seguridad de uso, se recomienda el diseño de unas barandas o aletas de bloqueo tanto en el frente y detrás del usuario, asegurando que el cualquier mal movimiento del usuario no rueda hacia fuera de la plataforma telescópica

Con la finalidad de optimizar el espacio de implementación del sistema para estaciones de la línea roja del corredor que no presenten el espacio necesario, se recomienda el uso de un mecanismo de doble tijera, el cual en funcionamiento es similar al del presente proyecto, sin embargo, se puede reducir el espacio empleado al usar brazos de elevación de menor longitud.

El panel de control no representa una carga significativa para la capacidad de carga que el actuador presenta, sin embargo, la imprudencia de ciertos usuarios podría dañar el componente, por lo que una solución alternativa es que se posicione el panel de control en la acera y no se eleve junto a la plataforma. Esta solución no tiene algún inconveniente más que el uso de cables más largos con una mayor protección y posicionados estratégicamente.

CONCLUSIONES

Del presente documento, mediante el desarrollo de la metodología UFSC-PUCP, obtuvo un diseño robusto y compacto que cumple con los distintos requerimientos de diseño, los que son derivados de los requisitos de usuario obtenidos mediante una encuesta al público objetivo. Especialmente cumplen los requerimientos de elevación y traslado del usuario, poseer una estructura robusta que proporcione seguridad básica como barandas y una superficie estriada antideslizante, y que esté debidamente regulado.

Se logra establecer un diseño del dominio mecánico robusto que cuenta con alta resistencia al desgaste y que proporciona la suficiente fuerza para elevar el sistema junto al usuario, atribuyéndole un factor de amplificación de 4 a las dimensiones del cilindro. Asimismo, se pudo obtener que el sistema en estado de reposo y completamente plegado pueda posicionarse dentro de un pozo subterráneo de 1.90x1.30x0.6 metro, permitiendo que la superficie de la plataforma telescópica quede al mismo nivel con la acera. Por otro lado, se puede obtener un movimiento continuo y regulado, debido al tipo de transmisión del mecanismo telescópico.

Se concluye que, con la ayuda del diseño del plano eléctrico-electrónico, el lector pueda obtener una mejor idea del funcionamiento del sistema, asimismo, con la ayuda del diagrama de procesos, el usuario podrá observar cual es la estructura de acciones que debe realizar y a cuáles debe de estar atento. Con respecto al control del sistema por medio de los sensores de fin de carrera y magnéticos se establece que, al ser un control de tipo ON/OFF, el algoritmo que se deberá implementar no será complejo, por ende, facilita su implementación y las pruebas de funcionamiento.

El costo del diseño propuesto asciende a los US\$ 6,800 dólares estadounidenses aproximadamente, el cual está dentro del rango de precios comerciales para elevadores de sillas de ruedas, lo que conlleva a que el sistema sea eficiente económicamente. Por otro lado, las mejoras futuras en el ámbito de la seguridad, e interconexión de la plataforma con el servicio de transporte, podrían aumentar considerablemente el precio total. Esta situación se podría evitar si se decide producir en serie los sistemas de elevación, ya que no se desperdiciaría los materiales sobrantes.

BIBLIOGRAFÍA

- [Ayala, s.f] Ayala, R. (s. f.). Movilidad sin límites-elevadores para sillas de ruedas para van y autobús DH-TV.03. Movilidad Sin Límites. Recuperado 27 de abril de 2022, de https://movilidadsinlimites.com/elevadores_vehiculos_DH-TV.03.php
- [Bellido, 2018] Bellido, D., De la Cruz, G., Ore, L., Hidalgo, J., & Taype, L. (2018). Análisis de la propuesta de incentivos para implementar buses eléctricos en el transporte público de Lima: Viabilidad normativa y económica desde el sector privado y público (Tesis de maestría, Universidad ESAN). <https://hdl.handle.net/20.500.12640/1403>
- [Carbonelli,2016] Carbonelli, J. (2016, 8 abril). *Constitución política del Perú de 1993*. Perudalia.com. Recuperado 27 de abril de 2022, de <https://perudalia.com/peru/constitucion-politica-peru-1993/#:~:text=Art%C3%ADculo%207%C2%BA%20Todos%20tienen%20derecho%20a%20la%20protecci%C3%B3n,deber%20de%20contribuir%20a%20su%20promoci%C3%B3n%20y%20defensa.>
- [CONADIS, 2020] CONADIS. (2020, septiembre). Informe técnico sobre el análisis de accesibilidad de los «torniquetes» instalados en las unidades de transporte público de los corredores complementarios. (N.º D000088-2020).
- [Consumoteca, 2020] Consumoteca. (2020, 10 octubre). *Autor de la entrada: Eva María Martín*. Consumoteca. Recuperado 15 de mayo de 2022, de <https://www.consumoteca.com/familia-y-consumo/persona-con-movilidad-reducida/>
- [De Negri, 2021] De Negri, V., Muñoz, K., & Vígolo, V. (2021). Design Methodology for Mechatronic Systems: An Approach Using Function/Means Tree and Channel/Agency Net
- [Defensoría del Pueblo, 2019] Defensoría del pueblo (2019, 22 agosto). Defensoría del pueblo exige mejorar la accesibilidad en el transporte para personas con discapacidad. [Comunicado de prensa]. Recuperado 17 de junio de 2022, <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2019/08/NP259-19.pdf>
- [Fadiel Italiana, 2022] Fadiel Italiana (2022). *Rampa MOVIA automática*. Recuperado 27 de abril de 2022, de <https://www.fadiel.com/ausili-al-trasporto/rampe-accesso-veicoli-e-pedane-di-carico-rampa-movia-automatica.html>
- [Fernandez,2003] Fernández, J. R., ONCE., Andrade, P. M., Jurdado, S. L., Sanz, R. M. B., & Organización Nacional de Ciegos Españoles. (2003). *Lolo, un ciego a los altares*. ONCE. https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=1f52cb9c-5861-415d-95f3-2d0c710d4dc4&groupId=7294824
- [Grupo Excelsior, 2020] Grupo Excelsior. (2020, 3 diciembre). *Rampas de accesibilidad. Rampa oculta automática*. Recuperado 27 de abril de 2022, de <https://www.grupoexcelsior.com/rampas-de-accesibilidad-rampa-oculta-automatica/>
- [Guerrero,2013] GUERRERO, J (2013, agosto) DISEÑO DE UN ELEVADOR PARA PERSONAS EN CONDICIÓN DE DISCAPACIDAD PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOMECÁNICA Y ROBÓTICA APLICADA – PUCP. (Tesis de bachiller, Universidad PUCP). <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4930>

- [Hernández, 2016] Hernández, J., & Verdugo, H. (2016, mayo). DISEÑO y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ELEVADOR DE ACCESO PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA EN BUSES DE TRANSPORTE URBANO (N.º 15T00628). (Tesis de bachiller, Universidad SPOCH)
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4657>
- [Hibbeler, 2004] HIBBELER, R (2004), Estática. México
- [Hibbeler, 2011] HIBBELER, R (2011), Mecánica de Materiales. México
- [INEI,2020] Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020, enero). *Situación de la población adulta mayor* (N.º 2). El Perú Primero.
<https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-poblacion-adulta-mayor.pdf>
- [Lee, 2019] Lee, S. (2019). *Lift for stairs* (KR20200101698A). Oficina de Propiedad Intelectual de Corea.
<https://patents.google.com/patent/KR20200101698A/en?q=Elevators+people+with+disabilities+public+transport&oq=Elevators+for+people+with+disabilities+to+public+transport>
- [Moovit, 2022] Moovit (2022, 8 junio). *Autobús Horarios, rutas y actualizaciones*. Moovit. Recuperado 20 de mayo de 2022, de
https://moovitapp.com/index/es-419/transporte_p%C3%BAblico-lines-Lima-1102-858864
- [Municipalidad Metropolitana de Lima, 2019] Resolución de gerencia N° 090-2019-MML/GTU [Municipalidad Metropolitana de Lima]. Evaluación e implementación de paraderos de transporte público regular. Recuperado el 05 de mayo de 2022.
<http://www.gmu.munlima.gob.pe/sites/default/files/resoluciones/2019/RG.%20090-2019-GTU.pdf>
- [Municipalidad Metropolitana de Lima, 2021] Resolución directoral N° 02-2021-ATU/DIR [Municipalidad Metropolitana de Lima]. Se definen sistemas de ayuda técnica para personas con discapacidad, sistemas de sujeción de sillas de ruedas y sujeción de ocupantes. Recuperado el 05 de mayo de 2022.
http://transparencia.atu.gob.pe/transparencia_atu/NormasEmitidas/8_002-2021-ATU-DIR.pdf
- [Murillo,2008] Murillo, R. (2008). *La inclusión de las personas con discapacidad* (1.ª ed.) [Libro electrónico]. PROPOLI.
https://www.academia.edu/6594947/MINSA_Discapacidad
- [Plataforma digital única del estado peruano, 2016] Plataforma digital única del estado peruano (2016, 16 septiembre). *CONADIS SUPERVISA ACCESIBILIDAD EN LOS ALIMENTADORES DEL METROPOLITANO*. Gob.pe. Recuperado 17 de junio de 2022, de
<https://www.gob.pe/institucion/conadis/noticias/22309-conadis-supervisa-accesibilidad-en-los-alimentadores-del-metropolitano>
- [PROTRANSPORTE, 2020] PROTRANSPORTE (2020, abril). *Buses concesionados de los corredores complementarios* (N.º 1). Instituto metropolitano PROTRANSPORTE de lima.
- [Quingla, 2017] Quingla J. (2017, julio). CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DE UNA PLATAFORMA PARA BUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA QUE FACILITE EL ACCESO DE PERSONAS QUE UTILIZAN SILLA DE RUEDAS (N.º 00385822-0). (Tesis de bachiller, Universidad SPOCH)
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7125>
- [Rasekhi, 2015] Rasekhi, A. (2015). *Escalón escamoteable con una función de elevación y de rampa* (ES2726299T3). Oficina española de patentes y marcas.
<https://patents.google.com/patent/ES2726299T3/es?q=plataformas+de+elevacion+para+transporte+publico&oq=plataformas+de+elevacion+para+transporte+publico>

- [Republica de Ecuador, 2010] Norma Técnica NTE 2205. [Republica de Ecuador]. Se definen los requerimientos técnicos para la construcción de elevadores para personas con movilidad reducida. Recuperado el 05 de mayo de 2022.
<https://archive.org/details/ec.n.te.2205.2010/page/n2/mode/1up?view=theater&q=barandas>
- [Republica de Ecuador, 2014] Norma Técnica NTE 2853, [Republica de Ecuador]. Se definen las rampas para el ingreso a vehículos transporte, establece los requisitos relativos a la instalación, mantenimiento y uso. Recuperado el 05 de mayo de 2022.
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/NTE-INEN-2853-RAMPAS-TRANSPORTE.pdf>
- [Republica de Ecuador, 2015] Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2245:2000, [Republica de Ecuador]. Indica de forma clara como se deben construir los accesos para personas con discapacidad. Recuperado el 05 de mayo de 2022.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n.te_inen_2245.pdf
- [Rodríguez, 2009] RODRÍGUEZ, J (2009), Resistencia de materiales 2. Pontificia Universidad Católica del Perú
- [Scientific, s.f] Scientific (s. f.). UVL 855. UVL 855|Scientific Co. LLC. Recuperado 27 de abril de 2022, de
<http://scientificme.net/uvl-855/>
- [Seong, 2018] Seong P. (2018). *Wheelchair lift appartus using entrance door for disabled moving vehicle* (KR101924898B1). Oficina de Propiedad Intelectual de Corea.
<https://patents.google.com/patent/KR101924898B1/en?q=Elevators+people+with+disabilities+public+transport&oq=Elevators+for+people+with+disabilities+to+public+transport>
- [Tecnoaccesible, 2019] Tecnoaccesible. (2019, 16 abril). *Plataformas elevadoras doble brazo GX*. Tecnoaccesible Chile. Recuperado 27 de abril de 2022, de
<https://tecnoaccesible.cl/plataformas-elevadoras-doble-brazo-gx/>
- [Torres, 2019] Torres, C. (2019, 3 diciembre). *La discapacidad en el Perú*. INTERCAMBIO. Recuperado 17 de junio de 2022, de
<https://intercambio.pe/la-discapacidad-en-el-peru/>
- [Valida, 2022] Valida (2022, 9 mayo). Plataformas y Accesibilidad - medidas de sillas de ruedas estándar y dimensiones. VALIDA. Recuperado 20 de mayo de 2022, de
<https://www.valida.es/blog/post/medidas-de-sillas-de-ruedas-estandar-y-dimensiones/#:%7E:text=Las%20dimensiones%20de%20una%20silla%20de%20ruedas%20est%C3%A1ndar,%C2%B7%20Altura%20del%20respaldo%20de%2045%20cm.%20aproximadamente.>
- [Vizcanio,2018] Vizcanio J. & Cevallos M. (2018, febrero). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ACCESO MECÁNICO PARA PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS A AUTOBUSES URBANOS. (Tesis de bachiller, Universidad UTN)
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7983>
- [Young, 1989] YOUNG (1989), Roark's Formulas For Stress and Strain. New York, E.E.U.U

ANEXO A



SECCIÓN 1

Discapacidad

Actualmente, muchas instituciones mantienen la antigua clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas de salud (CIE 10) que define la discapacidad como “Cualquier restricción o impedimento de la capacidad de realizar una actividad de la forma o dentro del margen que se considera normal para el ser humano. La discapacidad se caracteriza por excesos o insuficiencias en el desempeño de una actividad rutinaria normal, los cuales pueden ser temporales o permanentes, reversibles o surgir como consecuencia directa de la deficiencia o como una respuesta del propio individuo, sobre todo la psicológica, a deficiencias físicas, sensoriales o de otro tipo” (Murillo, 2008).

En este enfoque, se identifican 4 tipos de discapacidad, las cuales su simbología se ilustra en la Figura A1:

- Discapacidad física: Esta comprendida por desórdenes neuromusculares, secuelas de poliomielitis, lesiones medulares (cuadros de paraplejia y cuadriplejia) y pérdida de algún órgano.
- Discapacidad sensorial: Comprende deficiencias visuales, de audición, y problemas en la comunicación y el lenguaje.
- Discapacidad intelectual: Se caracteriza por la disminución de funciones intelectuales superiores (inteligencia, lenguaje, aprendizaje, entre otros), así dentro de este tipo se incluye el retardo mental, el Síndrome de Down y el autismo, entre otros.
- Discapacidad psíquica o mental: comprende a las alteraciones neurológicas y trastornos cerebrales como el mal de Alzheimer o desórdenes de conducta como la esquizofrenia.



Figura A1. Simbología de los tipos de discapacidad.²⁰

Desde un nuevo enfoque que busca cambiar el enfoque de este concepto, la discapacidad como se representa en la Figura A2, es una construcción social-cultural, el cual busca centrarse en la relación del individuo y su entorno sin dejar de reconocer la presencia de una condición individual (física, sensorial, intelectual y mental). “Ahora se entiende por «discapacidad» aquella situación de desventajas, marginación y discriminación que experimenta un individuo debido a las barreras físicas, o de actitud que presenta y le impone un entorno social que ha sido diseñado y construido para personas promedio, es decir, sin tener en cuenta las características, necesidades o limitaciones funcionales que puedan presentar algunas personas, tan ciudadanos como otros, y con los mismos derechos de todos de tener acceso a una sociedad para todos” (Murillo,2008).



Figura A2. Eliminación de barreras arquitectónicas²¹

²⁰ **Celebrate-GAAD (2020)** obtenido el 02 de mayo del 2022 de: <https://cat.xula.edu/food/brightspace-tip-156-accessibility-checker/celebrate-gaad/>

²¹ **Anundis (2016)**, obtenido el 02 de mayo del 2022 de: <https://anundis.com/profiles/blogs/contribuye-a-la-eliminacion-de-barreras-arquitectonicas-y-al-no>

Población adulta mayor

Este término considera comúnmente a las personas adultas mayores de 60 a más años de edad, en concordancia con el criterio adoptado por las Naciones Unidas. Actualmente en Perú gracias a los grandes cambios demográficos experimentados en las últimas décadas, la estructura por edad y sexo de la población ha presentado cambios significativos. En la década de los años cincuenta, 42 de cada 100 personas eran niños/as de 15 años de edad; en el año 2020 son menores de 15 años 25 de cada 100 habitantes. En este proceso de envejecimiento de la población peruana, aumenta la proporción de la población adulta mayor de 5,7% en el año 1950 a 12,7% en el año 2020 como se muestra en la Figura A3. Así mismo, del total de la población de adultos mayores, el 52,4% son mujeres y 47,6% hombres. Las mujeres adultas mayores representan el 13,2% del total de la población femenina del país y los hombres adultos mayores el 12,2% del total de la población masculina (INEI, 2020).

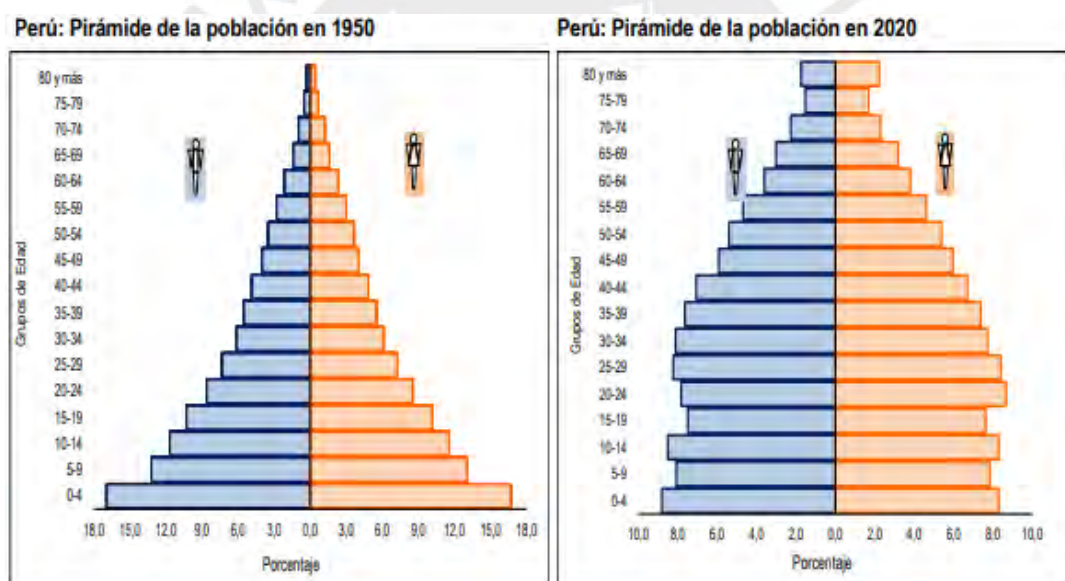


Figura A3. Envejecimiento de la población peruana [INEI,2020]

Transporte público

El transporte público urbano, como se represente en la Figura A4, es un término referido al transporte que mayormente usan las personas de una determinada zona geográfica urbana, interconectada por rutas troncales y alimentadoras fijas. Este tipo de transporte se conforma por diversos medios o tipos: trenes, buses, minibuses, tranvías, mototaxis, taxis, entre otros.

Desde un punto de vista jurídico y normativo, María Jara Risco, ex jefa de la SUTRAN, define el transporte urbano como un servicio público y como cualquier otra actividad económica que se rige por un conjunto de normas que delimitan el ámbito jurídico por el que se pueden desenvolver. El primer orden jurídico está bajo la norma de la Constitución Política del Perú y en segundo orden por la Ley 27181 “Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre” con el propósito de cuidar el correcto funcionamiento (Bellido, 2018).



Figura A4. Transporte público - autobús²²

Tabla A1. Buses concesionados de los corredores complementarios

Corredor	Marca	Modelo de bus	Cantidad	Longitud
Corredor rojo	DAEWOO	BF120	8	12 metros
	DAEWOO	BF106	4	12 metros
	GOLDEN DRAGON	XML6125J13CN	12	12 metros
	VOLKSWAGEN	17.210	133	12 metros
	VOLKSWAGEN	17.230	37	12 metros
Corredor azul	ASHOK LEYLAND	ASHOK LEYAND	1	9 metros
	FAW	CA6780A80	5	9 metros
	HYUNDAI	COUNTY II	2	9 metros
	MITSUBISHI FUSO	MF 100	19	9 metros
	VOLKSWAGEN	17210.OD	105	12 metros
	VOLKSWAGEN	9.150 OD	3	9 metros

²² Tendencias económicas y financieras (2019), obtenido el 02 de mayo de 2022 de: <https://www.tendencias.mx/sheinbaum-promete-no-incrementar-tarifa-del-transporte-publico/>

Corredor	Marca	Modelo de bus	Cantidad	Longitud
Corredor Morado	Hyundai	AERO CITY	6	12 metros
	IVECO	CC 170E22	2	12 metros
	Mercedes Benz	OF-172259/7	151	12 metros
	Volkswagen	17.210 OD	46	12 metros
	YUTONG	ZK6900NG1	41	9 metros
	ZHONGTONG	LCK6125GC	5	12 metros
Corredor amarillo	AGRALE	MA 17.0	50	12 metros
	VOLKSWAGEN	17.230 OD	24	12 metros
Corredor verde	HIGER	KLQ6125GC4	21	12 metros

Nota: Tomado de “Buses concesionados de los corredores complementarios”. PROTRANSPORTE, 2022.

Modelos de buses concesionados

En esta sección se presentan imágenes de los diferentes modelos que se tienen a disposición de la municipalidad para el uso de transporte en la línea roja del metropolitano (PROTRANSPORTE, 2022).



Figura A5. Modelo BF120



Figura A6. Modelo BF106



Figura A7. Modelo XML61



Figura A8. Modelo 17.210 OD



Figura A9. Modelo 17.230 OD

Mecanismos para el desplazamiento

A continuación, se presentarán algunos tipos mecanismos y medios en los que personas u objetos se pueden trasladar de un nivel de altura hacia otro. Entre estos medios se encuentran plataformas elevadoras y rampas automáticas.

Plataformas elevadoras

Es un mecanismo que tiene como finalidad el transporte vertical, ascenso y descenso, de personas u objetos desde un nivel dado hacia otro. La forma, tamaño y el tipo de

accionamiento que presenta cada elevador varía de acuerdo a su función. A continuación, se presentan los tipos de elevadores según su forma.

Elevadores tipo tijera

Elevador que presenta un funcionamiento análogo a una tijera, la cual cuando una de las estructuras se desplaza hacia la otra, dando la impresión de plegado, la plataforma horizontal se desplaza verticalmente sin inclinarse.



Figura A10. Mecanismo tipo tijera [Hernández, 2016]

Elevadores de 4 barras

Mecanismo de 4 barras que al ser accionado permite el desplazamiento de la plataforma horizontal generando un pequeño arco debido a su forma y elevándola verticalmente hacia otro nivel.



Figura A11. Mecanismo de 4 barras [Hernández, 2016]

Elevadores de 2 columnas

Sistema conformado por dos columnas que al ser accionadas elevan la plataforma conectada entre ambas, trasladándola de forma vertical. Es uno de los mecanismos más usados en talleres mecánicos y que son aptos para la elevación de pesos considerables como las de un auto.



Figura A12. Mecanismo de dos columnas [Hernández, 2016]

Elevadores de 4 columnas

Sistema conformado por 4 columnas que, de una forma similar al sistema de 2 columnas, al ser accionadas permiten el desplazamiento vertical de la plataforma. Estos mecanismos son usados para la elevación de cargas muy altas.



Figura A13. Mecanismo de cuatro columnas²³

Elevadores con brazos articulados

Es un mecanismo conformado por brazos articulados accionados por un sistema hidráulico. Es un sistema de un gran funcionamiento, sin embargo, demandando mucho espacio y el diseño es muy complejo por el control de las partes móviles de las cuales está conformado.



Figura A14. Mecanismo de brazos articulados [Vizcaino, 2018]

²³ Tech Specific Tools (2022), obtenido el 02 de mayo del 2022 de: <https://tech.com.ar/#!/-elevadores/>

Rampas automáticas

Son rampas que se accionan de forma eléctrica y se despliegan inclinadamente hacia la superficie donde se posa para que la persona con silla de ruedas o personas adultas puedan entrar, trasladarse, subir o bajar de una instancia hacia otra.



Figura A15. Rampa automática²⁴



²⁴ **Excelsior (2019)**, obtenido el 02 de mayo de 2022 de: <https://www.stannah.es/plataformas-salvaescaleras/easy-ramp/>

SECCIÓN 2

Normas y regulaciones

En esa sección se presentará normas y regulaciones referidas a la construcción y funcionamiento de las plataformas de elevación que el sistema debe presentar para que sea funcional y seguro tanto para los usuarios y peatones.

Normativa Peruana

Constitución Política del Perú vigente establece en su artículo 7 que «La persona incapacitada para velar por sí misma a causa de una deficiencia física o mental tiene derecho al respeto de su dignidad y a un régimen legal de protección, atención, readaptación y seguridad» (Carbonelli, 2016)

Leyes

- Ley N° 28084: Ley que regula el parqueo especial para vehículos ocupados por personas con discapacidad en Perú (2003).
- Ley N° 28735: Ley que regula la atención de las personas con discapacidad, mujeres embarazadas y adultos mayores en los aeropuertos, aeródromos, terminales terrestres, ferroviarios, marítimos y fluviales y medios de transporte (2006).
- Ley N° 30412: Ley que Modifica el artículo 20 de la Ley 29973, Ley general de la persona con discapacidad, disponiendo el pase libre en el servicio de transporte público terrestre para las personas con discapacidad severa (2016).

Normas

- Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, que aprueba el reglamento nacional de edificaciones y que incluye en su estructura, la norma técnica A- 120, «accesibilidad para personas con discapacidad y personas adultas mayores».
- Decreto Supremo N° 002- 2014- MIMP, que aprueba el reglamento de la ley general de discapacidad.
- Ordenanza N° 2273-2020-MML, que promueve la accesibilidad universal y fomenta la inclusión de las personas con discapacidad en Lima Metropolitana

Patentes

Es esta sección se presentarán 3 patentes de elevadores, ya sea para la accesibilidad en el transporte público o en edificaciones.

a) Escalón retráctil con una función de elevación y de rampa

La invención se refiere a un sistema de embarque para un vehículo de transporte de pasajeros, que comprende un escalón retráctil con una función de elevación y de rampa. Los escalones escamoteables son utilizados en sistemas de embarque para vehículos de transporte de pasajeros para hacer el embarque y desembarque más fácil para la gente. Dichos escalones escamoteables también son referidos como porciones de extensión o placas escalonadas. Los sistemas de embarque comprenden un escalón extensible y escamoteable con una superficie de visado capaz de soportar cargas sobre la que se camina. En este caso, el escalón escamoteable puede estar dispuesto en un bastidor de un dispositivo de acomodación para el pisado, que está conectado firmemente al vehículo.

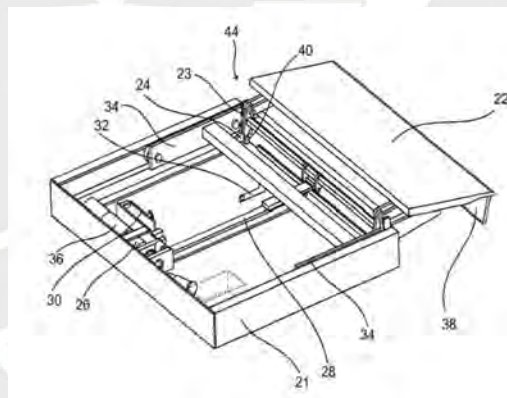


Figura A16. Escalón escamoteable [Rasekhi, 2015]

b) Mecanismo elevador de sillas de ruedas en la puerta de entrada para vehículos

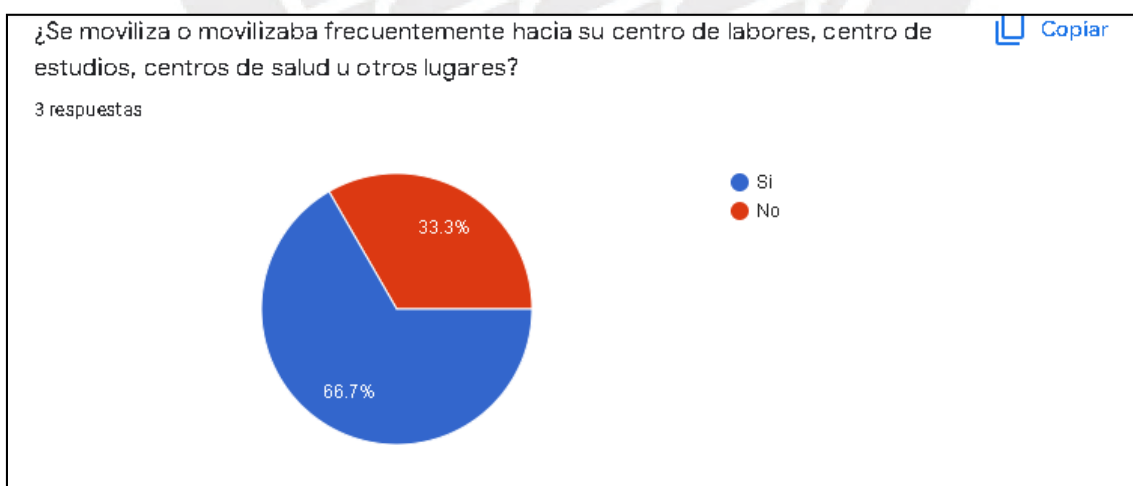
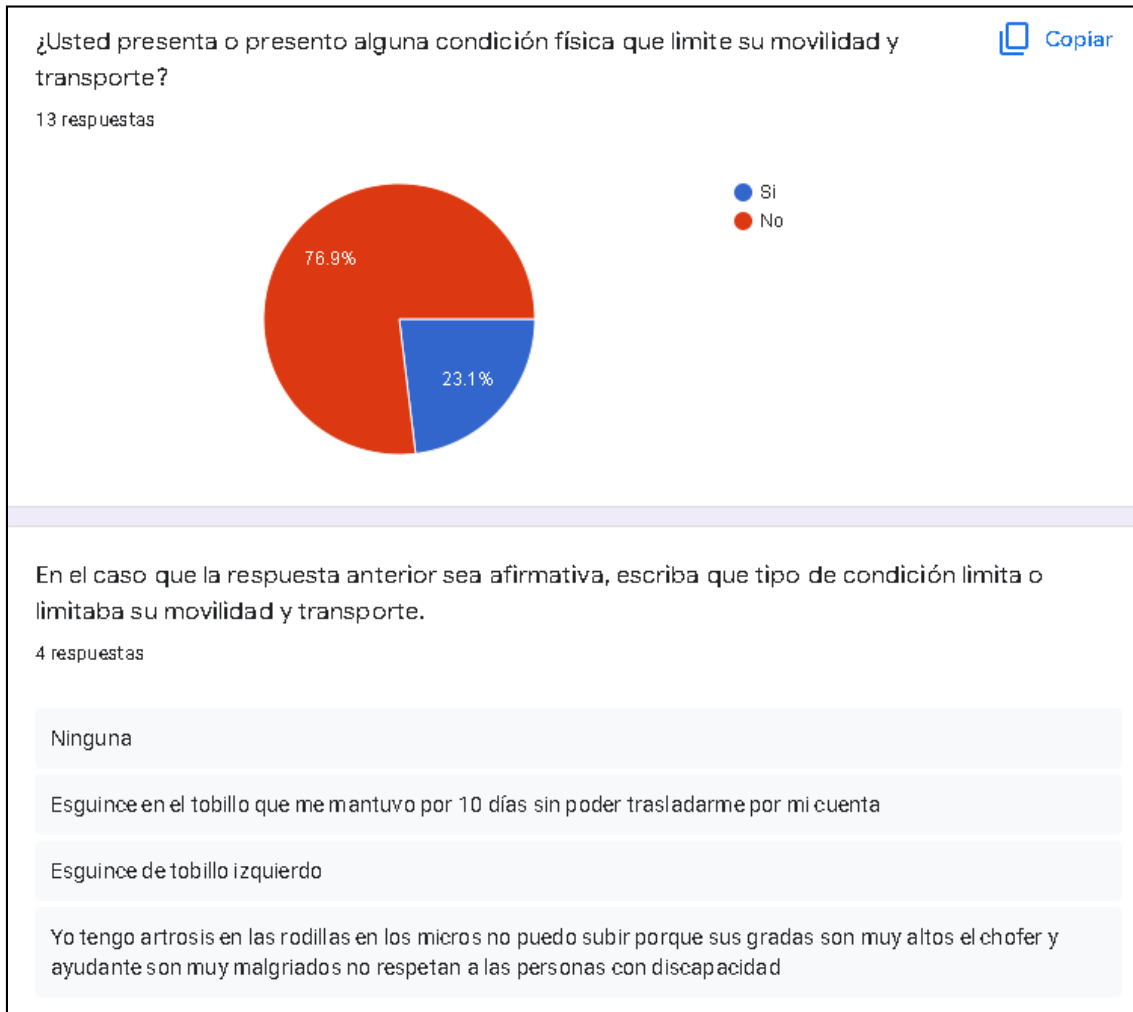
La presente invención se refiere a un mecanismo elevador de sillas de ruedas que se localiza en detrás de la puerta de un vehículo o bus y que sirve de ayuda para personas con discapacidad. Según la presente invención comprende de: una puerta dispuesta a ambos lados del vehículo; un primer cilindro hidráulico fijado verticalmente e instalado en la superficie interior de la puerta; una plataforma elevadora conectada a una varilla de operación del primer cilindro hidráulico; un reposapiés de acceso insertado o extraído del reposapiés de elevación; un segundo cilindro hidráulico para fijar la puerta abierta al suelo; un cilindro neumático para abrir y cerrar la puerta; y un primer y segundo sensor para detectar una posición del reposapiés elevable (Seong, 2018).

ANEXO B



SECCIÓN 1

Requerimientos del usuario



Si es afirmativo su respuesta anterior, con que medio de transporte se moviliza o movilizaba?

2 respuestas

Movilidad

Con los micros

Si es afirmativo su respuesta, ¿Con que frecuencia se moviliza o movilizaba?

 Copiar

2 respuestas

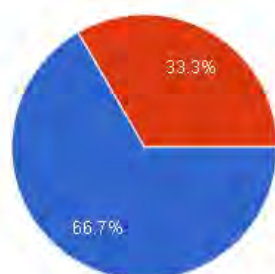


- 1-2 veces a la semana
- 3-4 veces a la semana
- 5-6 veces a la semana

Usted alguna vez hizo uso o es de su cocimiento algún servicio de transporte accesible para personas con sillas de ruedas?

 Copiar

3 respuestas



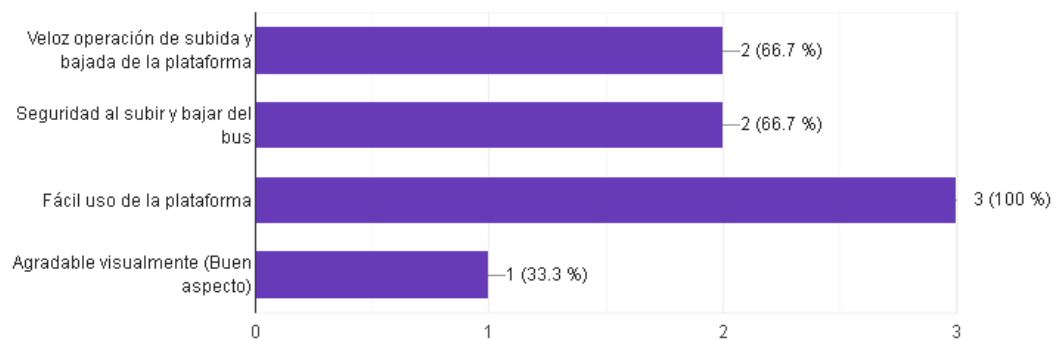
- Sí
- No

Según una encuesta nacional realizada por el INEI en el 2017, alrededor del 15,1% de la población presentan alguna discapacidad motriz y necesitan de sillas de ruedas o muletas para moverse de un lugar a otro. Así mismo se indicó que el sistema de transporte no responde a las necesidades de las personas con discapacidad. Por ello, para solucionar esta deficiencia, se propone una solución al respecto: Una plataforma elevadora externa al bus, como medio de ayuda para el ingreso y salida de personas con movilidad reducida al servicio de transporte.

Usted como espectador que características le parecerían mas importantes para dicho proyecto? (Puede marcar mas de una opción)



3 respuestas



Si tiene alguna otra sugerencia para el proyecto que le parezca importante que debemos considerar por favor detallarla a continuación (Que no haga ruido, que sea de un color específico, etc.)

3 respuestas

Que el servicio de transporte que posea la plataforma de transporte, tenga una señal que sea llamativa que el usuario pueda identificar para saber que dicho transporte tiene esa facilidad

Que sea compacto y que no haga ruido

Todos los transportes deben tener accesibilidad para las personas con discapacidad

Si tiene algún comentario adicional, por favor escríbalo a continuación.

2 respuestas

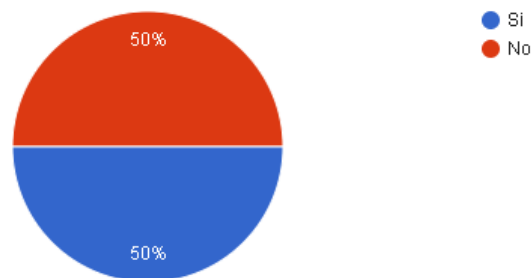
Que el usuario mediante un botón pueda indicarle al conductor que habilite la plataforma elevadora

Se debe respetar y proteger a las personas con discapacidad

¿Tiene algún familiar o conocido que presente movilidad reducida y que se movilice con una silla de ruedas?

 Copiar

10 respuestas



En el caso que la respuesta anterior sea afirmativa, escriba que tipo de condición limita la movilidad y transporte de su familiar o conocido.

6 respuestas

Ninguno

Al ser una persona anciana, para proteger sus articulaciones por la debilidad se le moviliza en silla de ruedas y en carro particular cada vez que necesita moverse

Discapacidad física, inmovilidad en las piernas

Persona adulta mayor de edad

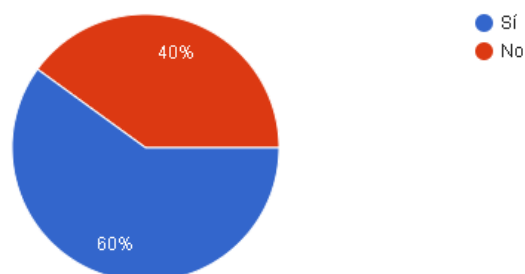
Fractura lumbar

Discapacidad física

¿Su familiar o conocido se moviliza frecuentemente hacia su centro de labores, centro de estudios, centros de salud u otros lugares?

 Copiar

5 respuestas



Si es afirmativo su respuesta anterior, con que medio de transporte se moviliza su familiar o conocido?

3 respuestas

Automóvil particular

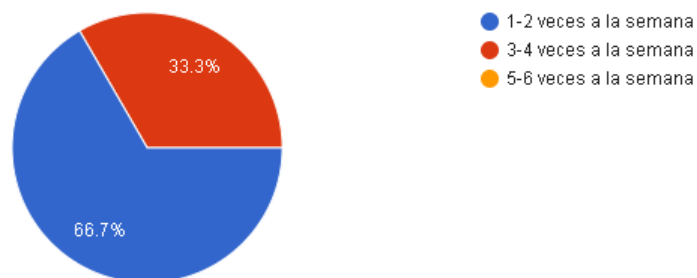
Carro particular

Taxi

Si es afirmativo su respuesta, ¿Con que frecuencia se moviliza?

 Copiar

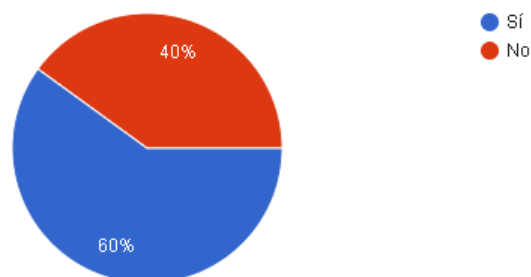
3 respuestas



Usted alguna vez hizo uso o es de su conocimiento algún servicio de transporte accesible para personas con sillas de ruedas?

 Copiar

5 respuestas



Según una encuesta nacional realizada por el INEI en el 2017, indico que alrededor del 15,1% de la población presentan alguna discapacidad motriz y necesitan de sillas de ruedas o muletas para moverse de un lugar a otro. Así mismo se indico que el sistema de transporte no responde a las necesidades de las personas con discapacidad. Por ello, para solucionar esta deficiencia, se propone una solución al respecto: Una plataforma elevadora externa al bus, como medio de ayuda para el ingreso y salida de personas con movilidad reducida al servicio de transporte.

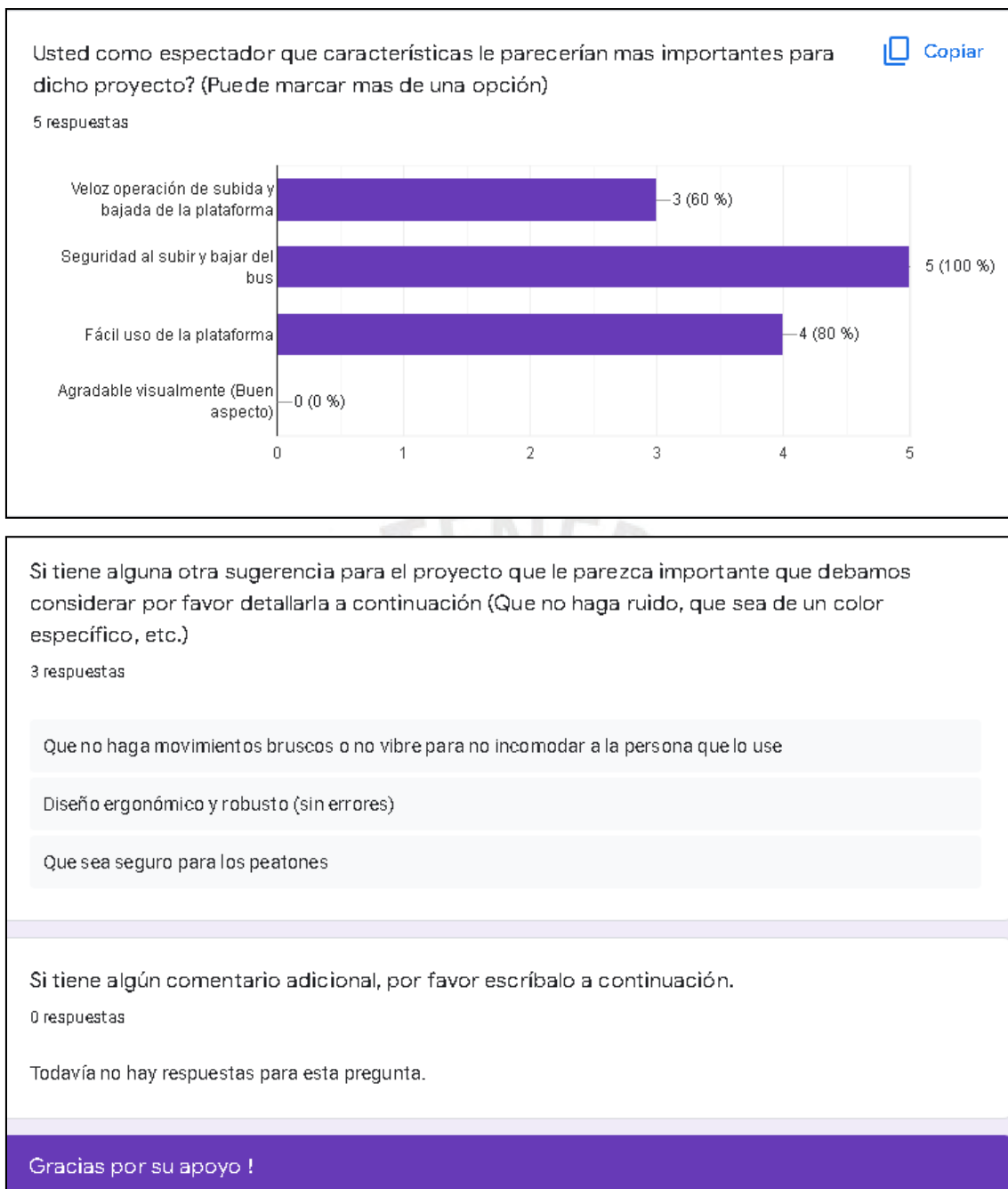


Figura B1. Resultados de la encuesta

SECCIÓN 2

Tabla B1. Requerimientos de usuarios

Categorías de Requerimientos	Requerimientos de usuarios	Requisitos de usuarios
Funcionalidad	Que pueda levantar el peso de una persona con silla de ruedas al nivel de la entrada del bus	Subir a la persona con movilidad reducida a la altura de la entrada
	Que pueda cruzar del elevador a la entrada del bus	Permitir el desplazamiento del usuario al bus
Ergonomía	Que no sea ruidoso al funcionar	Bajo nivel de ruido del proceso
	Panel de control a un nivel adecuado	Altura optima del panel de control
Estética	Que se pueda reconocer a la vista	Diseño llamativo y sobresaliente
Seguridad	Que sea seguro para los peatones	Bajo riesgo de accidentes
	Que no tenga partes sobresalientes que puedan hacer daño a los peatones	Diseño seguro sin objetos sobresalientes
Legalidad	Que este regulado por normas de construcción	Cumplimiento de la norma de construcción
Robustez	Que sea durable en el tiempo y no se desgaste rápidamente	Durable en el tiempo
	Que tenga estructuras firmes	Estructura robusta
Mantenibilidad	Que sea de fácil mantenimiento	Fácil mantenimiento
Usabilidad	Que sea de fácil operación con pocos pasos	Fácil uso del sistema
Cinemática	Que el ascenso sea fluido y sin paradas bruscas	Movimiento fluido del elevador
Energía	Que no consuma demasiada energía eléctrica	Eficiencia energética alta
Materiales	Que sea un material que pueda resistir cargas variables	Material resistente a cargas variables
	Que la plataforma y la rampa presente materiales no deslizantes	Material antideslizante
Tiempo	Que el ascenso y descenso no sea tan lento	Rápida operación
Costos	Que su fabricación no sea tan costosa	Bajo costo de fabricación

Nota: Elaboración propia

Requerimientos del sistema

De acuerdo a los requisitos de usuario, se genera la Tabla B2, donde se muestran los requerimientos de diseño los cuales fueron traducidos a un lenguaje más técnico y formal dándonos una idea de los sistemas que se deberán diseñar.

Tabla B2. Requerimientos de diseño basados en los requerimientos de usuario

Requisitos de usuarios	Requisitos de diseño
Subir a la persona con movilidad reducida a la altura de la entrada	Sistema de despliegue del mecanismo de elevación
Permitir el desplazamiento del usuario al bus	Sensar la altura obtenida del despliegue
Bajo nivel de ruido del proceso	Sistema de conexión que permite el desplazamiento del usuario
Altura optima del panel de control	Sensar la distancia de desplazamiento obtenida
Diseño llamativo y sobresaliente	Sistema de control de ruido
Bajo riesgo de accidentes	Altura ergonómica del panel de control
Diseño seguro sin objetos sobresalientes	Señalización adecuada del espacio
Cumplimiento de la norma de construcción	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sistema de alarma auditiva y visual ○ Diseño plegado compacto ○ Capacidad optima de soporte de las rampas ○ Dimensionamiento adecuado de la plataforma de elevación ○ Velocidad optima de despliegue de la plataforma ○ Incorporación de barandas
Durable en el tiempo	Estructura anticorrosiva
Estructura robusta	Dimensionamiento adecuado del sistema completo
Fácil mantenimiento	Desmontaje sencillo
Fácil uso del sistema	Panel de control sencillo y señalizado
Movimiento fluido del elevador	Sistema de actuación constante
Eficiencia energética alta	Fuente de energía
Material resistente a cargas variables	Material óptimo de la estructura
Material antideslizante	Tipo de material en la superficie de contacto
Rápida operación	Tiempo de operación
Bajo costo de fabricación	Piezas de bajo costo y buena calidad

Nota: Elaboración propia

Especificaciones del diseño

Finalmente, se analiza cada requisito de diseño en el aspecto técnico- económico identificando si es un deseo o exigencia, se definen los valores del parámetro y se muestra el método de verificación de cada uno.

Tabla B3. Especificaciones del diseño

Lista de requerimientos				
Requerimientos de diseño	Deseo o exigencia	Técnico / económico	Valores del parámetro	Método de verificación
Sistema de despliegue del mecanismo de elevación	E	T/E	Elevar automáticamente al usuario a una altura de 1.00m - 1.10m de la superficie de la pista.	Verificado en la ficha técnica
Sensar la altura obtenida del despliegue	E	T/E	Sensar la altura de la plataforma mediante sensores de precisión	Verificado en la ficha técnica
Sistema de conexión que permite el desplazamiento del usuario	E	T/E	Desplazamiento automático hacia la entrada del bus.	Prueba de funcionamiento
Sensar la distancia de desplazamiento obtenida	E	T/E	Sensar la distancia de la rampa que sale de la plataforma	Verificado en la ficha técnica
Sistema de control de ruido	D	T	Ruido máximo de operación = 50 dB.	Verificado en la ficha técnica
Altura ergonómica del panel de control	E	T	Altura ergonómica aproximadamente de 1m desde el nivel del suelo	Verificado en la ficha técnica
Señalización adecuada del espacio	D	E	Marcas y señaléticas en el suelo y en la plataforma	Inspección visual
Sistema de alarma auditiva y visual	E	T/E	Luces de emergencia y sirena que señalen el proceso	Inspección visual y auditiva
Diseño plegado compacto	E	T	Plegado de la plataforma al ras del suelo	Prueba de funcionamiento
Dimensionamiento adecuado de las rampas	E	T	NTE 2245 - las rampas de acceso de longitud menor a 3 metros de 10 a 12 %.	Verificado en la ficha técnica
Capacidad optima de soporte de las rampas	E	T	NTE 2853 - las rampas deben resistir por lo menos 250 kg	Verificado en la ficha técnica
Dimensionamiento adecuado de la plataforma de elevación	E	T	Resolución directoral N.º 02-2021-ATU/DIR - las dimensiones de espacio libre mínimo 750mm x 1000mm	Verificado en la ficha técnica
Velocidad optima de despliegue de la plataforma	E	T	Resolución directoral N.º 02-2021-ATU/DIR - la velocidad de operación no debe exceder los 0.5 m/s	Verificado en la ficha técnica

Requerimientos de diseño	Deseo o exigencia	Técnico / económico	Valores del parámetro	Método de verificación
Incorporación de barandas	E	T/E	NTE 2205- elevadores para buses necesitan barandas de seguridad a una distancia ergonómica	Verificado en la ficha técnica
Estructura anticorrosiva	D	T	Normativa de tratamiento corrosivo UNE-EN ISO 12944, preparación previa y recubiertas de pintura anticorrosión.	Verificado en la ficha técnica
Dimensionamiento adecuado del sistema completo	D	T/E	Dimensiones del sistema: Desplegado= 1000*1200*1500mm Plegado = 1000*1200*800mm	Verificado en la ficha técnica
Desmontaje sencillo	D	T	Número de piezas (sin considerar piezas de sujeción) máxima a ensamblar = 20 piezas	Ensayos experimentales
Panel de control sencillo y señalizado	D	T	Compuesta por pocos elementos, 3 botones, 1 panel con luces, alarmas visuales y auditivas, con etiquetas	Inspección visual
Sistema de actuación constante	E	E	Actuador con suficiente fuerza para elevar 250 kg y que permitan el desplazamiento suave de la rampa, y barandas	Ensayos experimentales
Fuente de energía	D	T/E	Red doméstica, 220VAC 60 Hz	Verificado en la ficha técnica
Material óptimo de la estructura	D	T/E	Acero A36 para estructuras metálicas expuestas a cargas variables	Verificado en la ficha técnica
Tipo de material en la superficie de contacto	E	T/E	Rampas de aluminio con recubrimiento de goma antideslizantes	Verificado en la ficha técnica
Tiempo de operación	E	T	Tiempo máximo de subida y bajada de la plataforma = 60s	Prueba de Funcionamiento
Piezas de bajo costo y buena calidad	D	E	Componentes que son de fácil intercambio	Informe económico y de ficha técnica

Nota: Elaboración propia

SECCIÓN 3

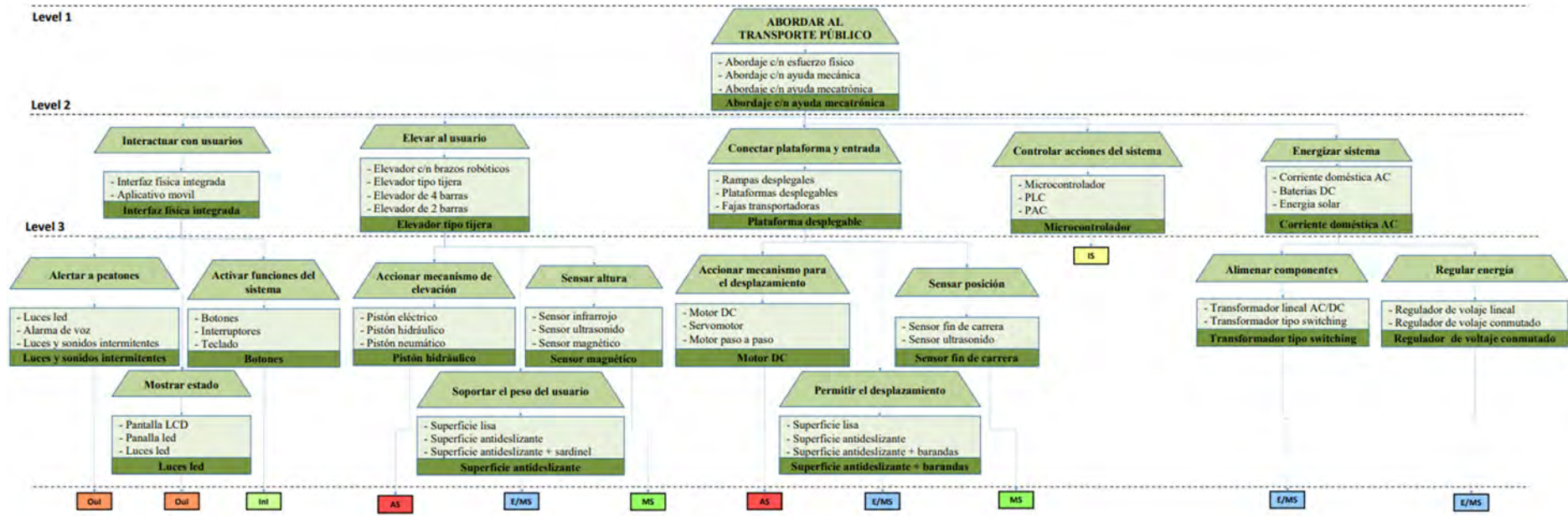


Figura B2. Árbol de funciones y medios

SECCIÓN 4

Elementos del Nivel 1

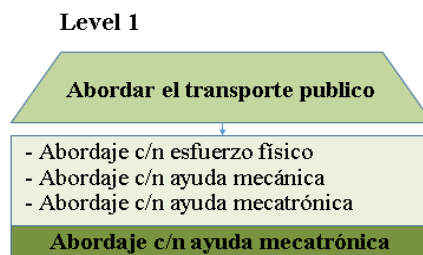


Figura B3. Función principal y medios

Evaluación del concepto de solución del nivel 1

En la Tabla B4, se realiza una evaluación técnica-económica de los medios de solución del primer nivel a partir de nuestros requerimientos de diseño planteados. Para esta evaluación se toma los valores de ponderación de cada requisito de diseño (valores del 1 al 4) y se multiplica por un valor de evaluación por cada medio. De esta forma, con el valor final hiperbólico se acogerá el medio óptimo.

Tabla B4. Evaluación técnica-económica del nivel 1

Criterio de diseño	j=	1		2		3		o		
		Abordaje c/n esfuerzo físico		Abordaje c/n ayuda mecánica		Abordaje c/n ayuda mecatrónica		Optimo		
		Ws1	Ws1.Wr	Ws2	Ws2.Wr	Ws3	Ws3.Wr	Wo	Wo.Wr	
=i	Análisis Técnico									
1	Sistema de despliegue del mecanismo de elevación	4	0	0	3	12	3	12	4	16
2	Sensar la altura obtenida	2	0	0	0	0	4	8	4	8
3	Sistema de conexión que permite el desplazamiento del usuario	4	0	0	3	12	3	12	4	16
4	Sensar la distancia de desplazamiento obtenida	2	0	0	0	0	4	8	4	8
5	Sistema de control de ruido	1	4	4	3	3	3	3	4	4
6	Altura ergonómica del panel de control	2	0	0	0	0	3	6	4	8
7	Sistema de alarma auditiva y visual	2	3	6	0	0	3	6	4	8
8	Diseño plegado compacto	3	0	0	4	12	3	9	4	12
9	Dimensionamiento adecuado de las rampas	3	0	0	3	9	4	12	4	12
10	Capacidad optima de soporte de las rampas	3	0	0	3	9	4	12	4	12
11	Dimensionamiento adecuado de la plataforma de elevación	3	0	0	0	0	4	12	4	12
12	Velocidad optima de ascenso de la plataforma de elevación	4	0	0	0	0	4	16	4	16
13	Incorporación de barandas	3	1	3	1	3	4	12	4	12
14	Estructura anticorrosiva	1	0	0	3	3	3	3	4	4
15	Dimensionamiento adecuado del sistema de elevación.	3	0	0	2	6	3	9	4	12
16	Desmontaje sencillo	1	0	0	2	2	2	2	4	4
17	Panel de control sencillo y señalizado	1	0	0	0	0	3	3	4	4

18	Fuente de energía	2	0	0	0	0	3	6	4	8
19	Material óptimo de la estructura	3	0	0	0	0	3	9	4	12
20	Tipo de material en la superficie de contacto	3	0	0	3	9	3	9	4	12
21	Tiempo de operación	3	3	9	3	9	2	6	4	12
Valor técnico total			Tt1	22	Tt2	89	Tt3	175	Tto	212
Valor técnico relativo			Rt1	0,10	Rt2	0,42	Rt3	0,83	Rto	1,00
=i	Análisis Económico									
22	Sistema de despliegue del mecanismo de elevación	4	4	16	3	12	2	8	4	16
23	Sensar la altura obtenida	2	4	8	4	8	2	4	4	8
24	Sistema de conexión que permite el desplazamiento del usuario	4	4	16	3	12	2	8	4	16
25	Sensar la distancia de desplazamiento obtenida	2	4	8	4	8	2	4	4	8
26	Señalización adecuada del espacio	2	2	4	3	6	3	6	4	8
27	Sistema de alarma auditiva y visual	2	2	4	3	6	3	6	4	8
28	Incorporación de barandas	3	2	9	4	12	2	6	4	12
29	Dimensionamiento adecuado del sistema de elevación.	3	3	9	3	9	3	9	4	12
30	Sistema de actuación constante	4	3	8	4	16	2	8	4	16
31	Fuente de energía	2	2	6	4	8	2	4	4	8
32	Material óptimo de la estructura	3	3	9	3	9	2	6	4	12
33	Tipo de material en la superficie de contacto	3	3	9	3	9	3	9	4	12
34	Piezas de bajo costo y buena calidad	3	3	0	3	9	2	6	4	12
Valor económico total				106	Te2	124	Te3	84	Teo	148
Valor económico relativo			Re1	0,72	Re2	0,84	Re3	0,57	Reo	1,00
Calificación hiperbólica			Hr1	0,27	Hr2	0,59	Hr3	0,68	Hro	1,00

Nota: Elaboración propia

Solución óptima del nivel 1

De acuerdo a los resultados obtenidos en el la Tabla B4 mencionada anteriormente, se puede concluir en el aspecto técnico que el abordaje con ayuda mecánica y mecatrónica facilita, y hace más cómodo la operación de abordaje obteniendo una valoración relativa de 0.42 y 0.87 respectivamente, de un total de 1.00. En el aspecto económico, se puede confirmar que subir y bajar del bus con esfuerzo físico repercute muy poco, al no presentar algún medio de ayuda. Con estos resultados obtenidos de la evaluación de las propuestas según los requisitos de diseños planteados, se identifica que el abordaje con ayuda mecatrónica, a pesar de que conlleva un gasto de implementación mayor al mecánico, es la solución óptima para la problemática presente con una valoración final relativa de 0.68 de un total de 1.

Elementos del Nivel 2

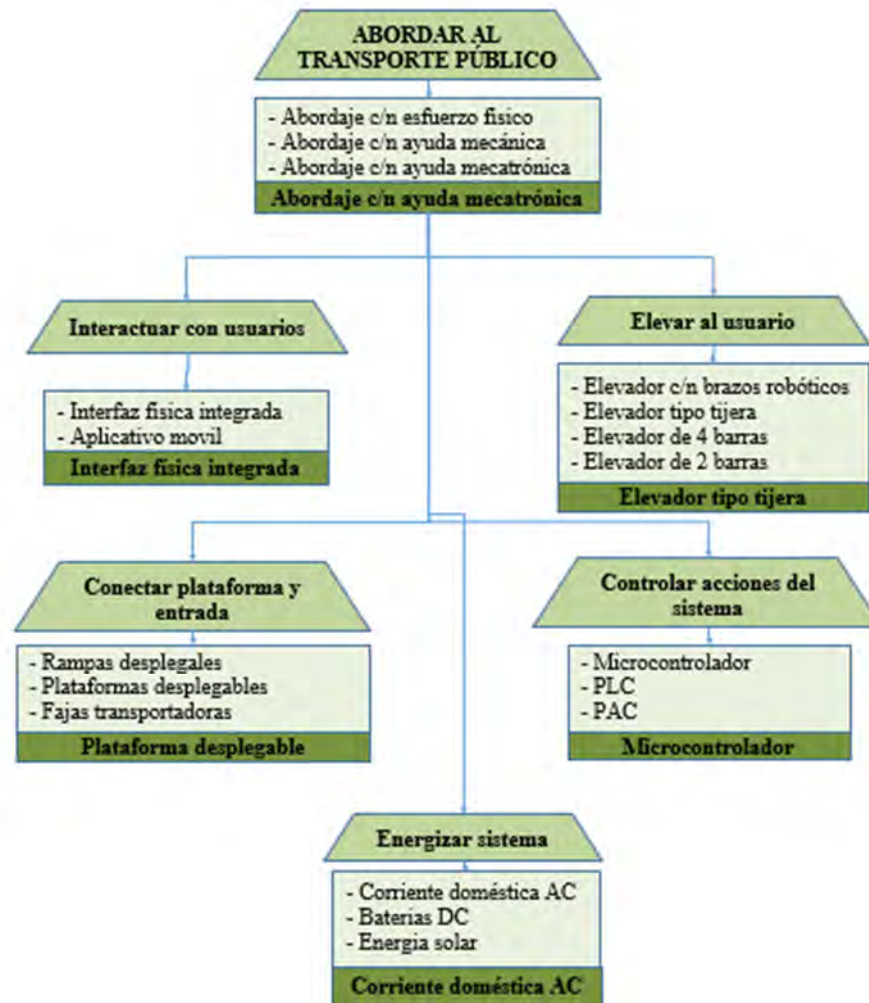
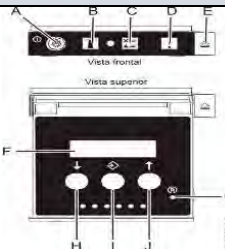
















Figura B4. Funciones del nivel 2 y medios

Matriz morfológica del nivel 2

En la Tabla B5, se presenta una matriz morfológica del nivel 2 con los distintos medios o principios de trabajo para cada función, los cuales en la sección anterior se detallaron. Esta matriz nos ayuda a identificar con facilidad los medios que posteriormente serán elegidos en combinación para obtener una solución óptima.

Tabla B5. Matriz morfológica del nivel 2


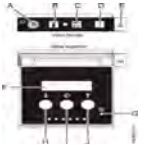






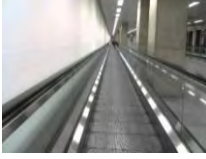






Funciones	Principio de trabajo 1	Principio de trabajo 2	Principio de trabajo 3	Principio de trabajo 4
Interactuar con el usuario	 <p>Interfaz integrada</p>	 <p>Aplicativo móvil</p>		
Elevar al usuario	 <p>Elevador + brazos robóticos</p>	 <p>Elevador tipo tijera</p>	 <p>Elevador de 4 barras</p>	 <p>Elevador de 2 columnas</p>
Permitir desplazamiento	 <p>Rampas desplegables</p>	 <p>Plataformas desplegables</p>	 <p>Fajas transportadoras</p>	
Energizar sistema	 <p>Corriente doméstica AC</p>	 <p>Baterías DC</p>	 <p>Energía solar</p>	
Controlar acciones del sistema	 <p>Microcontrolador</p>	 <p>PLC</p>	 <p>PAC</p>	

Nota: Elaboración propia

Propuestas de solución del nivel 2

En la Tabla B6, se encuentra una matriz con las posibles soluciones de implementación del segundo nivel. Se puede observar distintas combinaciones de componentes las cuales pueden cumplir los requerimientos de diseño, sin embargo, gracias a la evaluación técnico-económico, se optará por la solución óptima, la cual está resaltada.

Tabla B6. Solución óptima del nivel 2

	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Posibles soluciones	 Interfaz integrada	 Interfaz integrada	 Aplicativo móvil
	 Elevador tipo tijera	 Elevador de 4 barras	 Elevador de 2 columnas
	 Plataformas desplegables	 Rampas desplegables	 Fajas transportadoras
	 Corriente doméstica AC	 Baterías DC	 Energía solar
	 Microcontrolador	 PLC	 Microcontrolador

Nota: Elaboración propia

Evaluación del concepto de solución del nivel 2

En la Tabla B7, se realiza una evaluación técnica-económica de los medios de solución del segundo nivel a partir de nuestros requerimientos de diseño planteados. Para esta evaluación se toma los valores de ponderación de cada requisito de diseño (valores del 1 al 4) y se multiplica por un valor de evaluación por cada medio. De esta forma, con el valor final hiperbólico se acogerá el medio óptimo.

Tabla B7. Evaluación técnica-económica del nivel 2

Cuadro de evaluación										
Criterio de diseño	j=	1			2		3		o	
	W _r	Solución 1			Solución 2		Solución 3		Óptimo	
		W _{s1}	W _{s1} ·W _r		W _{s2}	W _{s2} ·W _r	W _{s3}	W _{s3} ·W _r	W _o	W _o ·W _r
=i	Evaluación técnica									
1	Sistema de despliegue del mecanismo de elevación	4	4	16	4	16	4	16	4	16
2	Sensar la altura obtenida	2	0	0	0	0	0	0	4	8
3	Sistema de conexión que permite el desplazamiento del usuario	4	4	16	4	16	4	16	4	16
4	Sensar la distancia de desplazamiento obtenida	2	0	0	0	0	0	0	4	8
5	Sistema de control de ruido	1	2	2	3	3	3	3	4	4
6	Altura ergonómica del panel de control	2	4	8	3	6	3	6	4	8
7	Sistema de alarma auditiva y visual	2	0	0	0	0	0	0	4	8
8	Diseño plegado compacto	3	4	12	2	6	3	9	4	12
9	Dimensionamiento adecuado de las rampas	3	3	9	3	9	2	6	4	12
10	Capacidad optima de soporte de las rampas	3	3	9	4	12	4	12	4	12
11	Dimensionamiento adecuado de la plataforma de elevación	3	3	9	3	9	3	9	4	12
12	Velocidad optima de ascenso de la plataforma de elevación	4	3	12	2	8	2	8	4	16
13	Incorporación de barandas	3	4	12	4	12	4	12	4	12
14	Estructura anticorrosiva	1	3	3	3	3	1	1	4	4
15	Dimensionamiento adecuado del sistema de elevación.	3	3	9	3	9	1	3	4	12
16	Desmontaje sencillo	1	3	3	3	3	1	1	4	4
17	Panel de control sencillo y señalizado	1	4	4	3	3	0	0	4	4
18	Fuente de energía	2	3	6	3	6	3	6	4	8
19	Material óptimo de la estructura	3	3	9	3	9	3	9	4	12
20	Tipo de material en la superficie de contacto	3	3	9	3	9	3	9	4	12
21	Tiempo de operación	3	3	9	3	9	2	6	4	12
Valor técnico total		T_{t1}	157	T_{t2}	148	T_{t3}	132	T_o	212	
Valor técnico relativo		R_{t1}	0,74	R_{t2}	0,70	R_{t3}	0,62	R_o	1,00	
=i	Evaluación económica									
22	Sistema de despliegue del mecanismo de elevación	4	3	12	2	8	1	4	4	16
23	Sensar la altura obtenida	2	3	6	3	6	3	6	4	8
24	Sistema de conexión que permite el desplazamiento del usuario	4	3	12	2	8	1	4	4	16
25	Sensar la distancia de desplazamiento obtenida	2	3	6	3	6	3	6	4	8
26	Señalización adecuada del espacio	2	2	4	1	2	4	8	4	8
27	Sistema de alarma auditiva y visual	2	2	4	3	6	0	0	4	8
28	Incorporación de barandas	3	2	6	2	6	2	6	4	12
29	Dimensionamiento adecuado del sistema de elevación.	3	3	9	3	9	1	3	4	12
30	Sistema de actuación constante	4	3	12	2	8	4	16	4	16
31	Fuente de energía	2	2	4	2	4	2	4	4	8
32	Material óptimo de la estructura	3	3	9	3	9	3	9	4	12
33	Tipo de material en la superficie de contacto	3	3	9	3	9	2	6	4	12
34	Piezas de bajo costo y buena calidad	3	3	9	1	3	1	3	4	12
Valor económico total		T_{e1}	102	T_{e2}	84	T_{e3}	75	T_o	148	
Valor económico relativo		R_{e1}	0,69	R_{e2}	0,57	R_{e3}	0,51	R_o	1,00	
Calificación hiperbólica		H_{r1}	0,71	H_{r2}	0,63	H_{r3}	0,56	H_{ro}	1,00	

Nota: Elaboración propia

Solución óptima del nivel 2

De acuerdo a los resultados obtenidos en el la Tabla B7 mencionada anteriormente, donde se muestra la evaluación de las posibles soluciones del segundo nivel, se puede concluir en el aspecto técnico que la solución 1 presenta una valoración relativa de 0.74, de un total de 1.00, la cual nos muestra que esta solución es la más apropiada siguiendo los requerimientos de diseño a comparación de las otras. En el aspecto económico, se puede confirmar que el uso de ciertas tecnologías de uso simple repercute muy poco, sin embargo, no existe una brecha significativa. Con estos resultados obtenidos de la evaluación de las propuestas según los requisitos de diseños planteados, se identifica que la solución 1, conformada por: la interfaz integrada, elevador tipo tijera, rampas desplegadas, corriente doméstica, microcontrolador y deslizamiento de barandas, es la más óptima, con una valoración final relativa de 0.71 de un total de 1.

Elementos del Nivel 3

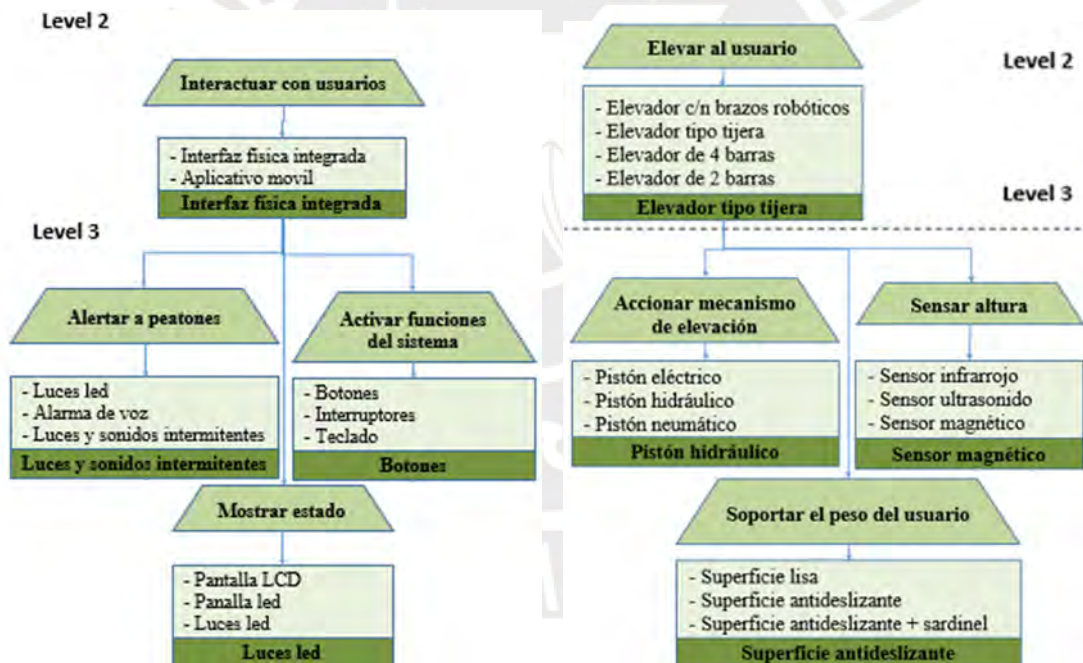


Figura B5. Funciones del nivel 3 y medios

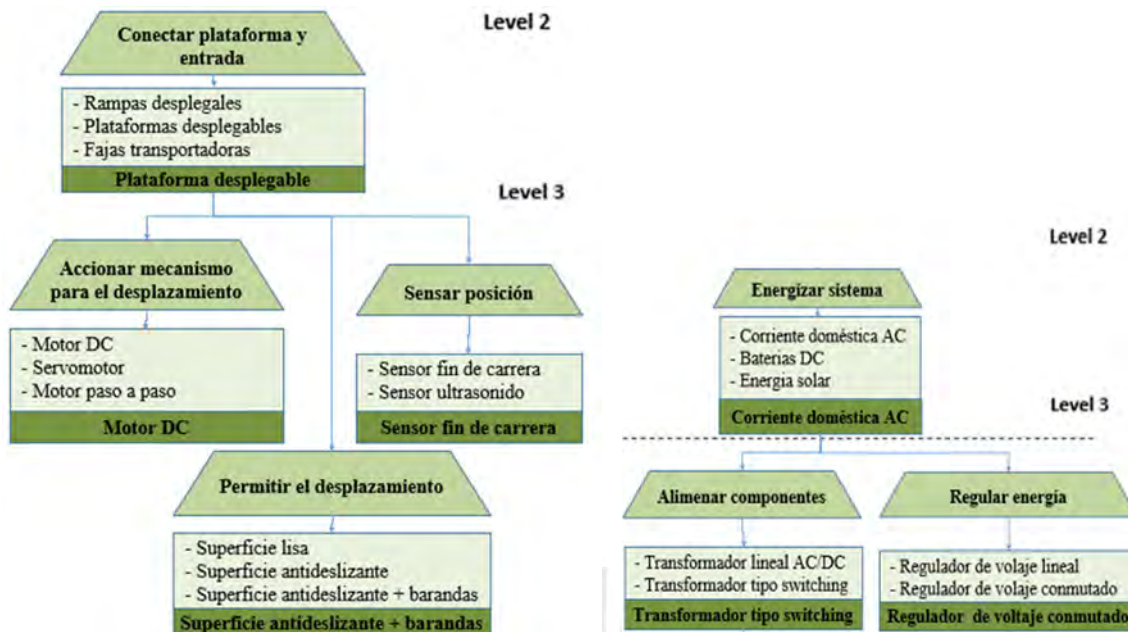





Figura B6. Funciones del nivel 3 y medios

Matriz morfológica del nivel 3

En la Tabla B8, se presenta una matriz morfológica del nivel 3 con los distintos medios o principios de trabajo para cada función, los cuales en la sección anterior se detallaron. Esta matriz nos ayuda a identificar con facilidad los medios que posteriormente serán elegidos en combinación para obtener una solución óptima.

Tabla B8. Matriz morfológica del nivel 3

Funciones	Principio de trabajo 1	Principio de trabajo 2	Principio de trabajo 3
Mostrar estado	 Pantalla LCD	 Pantalla LED	 Luces LED
Confirmar pedido de servicio	 Botones	 Interruptores	 Teclado
Alertar a los peatones	 Luces led	 Alarma de voz	 Luces y sonidos intermitentes
Accionar mecanismo de elevación	 Pistón eléctrico	 Pistón hidráulico	 Pistón neumático






















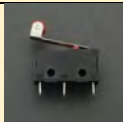


Funciones	Principio de trabajo 1	Principio de trabajo 2	Principio de trabajo 3
Evitar deslizamiento en el elevador	 <p data-bbox="552 383 708 414">Superficie lisa</p>	 <p data-bbox="799 383 1056 414">Superficie antideslizante</p>	 <p data-bbox="1094 353 1362 414">Superficie antideslizante + sardinel</p>
Sensor altura	 <p data-bbox="539 584 729 613">Sensor infrarrojo</p>	 <p data-bbox="831 584 1040 613">Sensor ultrasonido</p>	 <p data-bbox="1129 584 1326 613">Sensor magnético</p>
Accionar mecanismo para el desplazamiento	 <p data-bbox="507 792 761 853">Motor Dc + tornillo de traslación</p>	 <p data-bbox="868 819 999 853">Servomotor</p>	 <p data-bbox="1126 819 1331 853">Motor paso a paso</p>
Sensor posición	 <p data-bbox="517 1010 743 1039">Sensor fin de carrera</p>	 <p data-bbox="831 1010 1040 1039">Sensor ultrasonido</p>	
Evitar deslizamiento en la rampa	 <p data-bbox="552 1196 708 1225">Superficie lisa</p>	 <p data-bbox="799 1196 1056 1225">Superficie antideslizante</p>	 <p data-bbox="1094 1167 1362 1225">Superficie antideslizante + baranda</p>
Alimentar componentes	 <p data-bbox="517 1368 743 1429">Transformador lineal AC/DC</p>	 <p data-bbox="826 1368 1040 1429">Transformador tipo switch</p>	
Regular energía	 <p data-bbox="517 1621 743 1682">Regulador de voltaje lineal</p>	 <p data-bbox="807 1648 1056 1682">Regulador de corriente</p>	
Sensor posición de las barandas	 <p data-bbox="517 1883 743 1912">Sensor fin de carrera</p>	 <p data-bbox="836 1883 1031 1912">Sensor capacitivo</p>	










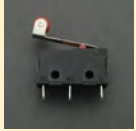


Nota: Elaboración propia

Propuestas de solución del nivel 3

En la Tabla B9 se encuentra una matriz con las posibles soluciones de implementación del tercer nivel. Se puede observar distintas combinaciones de componentes las cuales pueden cumplir los requerimientos de diseño, sin embargo, gracias a la evaluación técnico-económico, se optará por la solución óptima, la cual está resaltada.

Tabla B9. Solución óptima del nivel 3

	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Posibles soluciones	 Luces LED	 Pantalla LED	 Pantalla LCD
	 Botones	 Interruptores	 Teclado
	 Luces y sonidos intermitentes	 Alarma de voz	 Luces led
	 Pistón hidráulico	 Pistón neumático	 Pistón eléctrico
	 Plataforma antideslizante + sardinel	 Plataforma antideslizante	 Plataforma lisa
	 Sensor infrarrojo	 Sensor ultrasonido	 Sensor infrarrojo
	 Motor Dc + tornillo de traslación	 Servomotor	 Motor paso a paso
	 Sensor fin de carrera	 Sensor infrarrojo	 Sensor ultrasonido

Posibles soluciones	 Rampa antideslizante + barandas	 Rampa antideslizante	 Rampa antideslizante
	 Transformador tipo switching	 Transformador lineal AC/DC	 Transformador tipo switching
	 Regulador de voltaje conmutado	 Regulador de voltaje lineal	 Regulador de voltaje conmutado
	 Sensor fin de carrera	 Sensor fin de carrera	 Sensor capacitivo

Nota: Elaboración propia

Evaluación de concepto de solución del nivel 3

En la Tabla B10, se realiza una evaluación técnica-económica de los medios de solución del tercer nivel a partir de nuestros requerimientos de diseño planteados. Para esta evaluación se toma los valores de ponderación de cada requisito de diseño (valores del 1 al 4) y se multiplica por un valor de evaluación por cada medio. De esta forma, con el valor final hiperbólico se acogerá el medio óptimo.

Tabla B10. Evaluación técnica-económica del nivel 3

Criterio de diseño		Cuadro de evaluación									
		j=	1		2		3		o		
			W _r	W _{s1}	W _{s1} ·W _r	W _{s2}	W _{s2} ·W _r	W _{s3}	W _{s3} ·W _r	W _o	W _o ·W _r
=i	Evaluación técnica										
1	Sistema de despliegue del mecanismo de elevación	4	4	16	2	8	1	4	4	16	
2	Sensar la altura obtenida	2	3	6	3	6	2	4	4	8	
3	Sistema de conexión que permite el desplazamiento del usuario	4	3	12	3	12	2	8	4	16	
4	Sensar la distancia de desplazamiento obtenida	2	3	6	3	6	2	4	4	8	
5	Sistema de control de ruido	1	1	1	1	1	2	2	4	4	
6	Altura ergonómica del panel de control	2	2	4	2	4	2	4	4	8	
7	Sistema de alarma auditiva y visual	2	2	4	3	6	3	6	4	8	
8	Diseño plegado compacto	3	3	9	0	0	0	0	4	12	
9	Dimensionamiento adecuado de las rampas	3	3	9	0	0	0	0	4	12	
10	Capacidad optima de soporte de las rampas	3	3	9	4	12	3	9	4	12	

11	Dimensionamiento adecuado de la plataforma de elevación	3	3	9	0	0	0	0	4	12
12	Velocidad óptima de ascenso de la plataforma de elevación	4	4	16	3	12	3	12	4	16
13	Incorporación de barandas	3	3	9	3	9	2	6	4	12
14	Estructura anticorrosiva	1	2	2	0	0	0	0	4	4
15	Dimensionamiento adecuado del sistema de elevación.	3	3	9	0	0	0	0	4	12
16	Desmontaje sencillo	1	1	1	3	3	3	3	4	4
17	Panel de control sencillo y señalizado	1	1	1	2	2	3	3	4	4
18	Fuente de energía	2	2	4	3	6	3	6	4	8
19	Material óptimo de la estructura	3	3	9	0	0	0	0	4	12
20	Tipo de material en la superficie de contacto	3	3	9	0	0	0	0	4	12
21	Tiempo de operación	3	3	9	3	9	3	9	4	12
Valor técnico total		T_{t1}	154	T_{t2}	96	T_{t3}	80	T_{t0}	212	
Valor técnico relativo		R_{t1}	0,73	R_{t2}	0,45	R_{t3}	0,38	R_{t0}	1,00	
=i	Evaluación económica									
22	Sistema de despliegue del mecanismo de elevación	4	2	8	3	12	4	16	4	16
23	Sensar la altura obtenida	2	3	6	3	6	3	6	4	8
24	Sistema de conexión que permite el desplazamiento del usuario	4	3	12	3	12	3	12	4	16
25	Sensar la distancia de desplazamiento obtenida	2	3	6	3	6	3	6	4	8
26	Señalización adecuada del espacio	2	2	4	2	4	4	8	4	8
27	Sistema de alarma auditiva y visual	2	2	4	0	0	0	0	4	8
28	Incorporación de barandas	3	3	9	2	6	2	6	4	12
29	Dimensionamiento adecuado del sistema de elevación.	3	3	9	0	0	0	0	4	12
30	Sistema de actuación constante	4	3	12	2	8	3	12	4	16
31	Fuente de energía	2	2	4	2	4	4	8	4	8
32	Material óptimo de la estructura	3	3	9	0	0	0	0	4	12
33	Tipo de material en la superficie de contacto	3	3	9	0	0	0	0	4	12
34	Piezas de bajo costo y buena calidad	3	3	9	2	6	3	9	4	12
Valor económico total		T_{e1}	101	T_{e2}	64	T_{e3}	83	T_{e0}	148	
Valor económico relativo		R_{e1}	0,68	R_{e2}	0,43	R_{e3}	0,56	R_{e0}	1,00	
Clasificación hiperbólica		H_{r1}	0,70	H_{r2}	0,44	H_{r3}	0,46	H_{r0}	1,00	

Solución óptima del nivel 3

De acuerdo a los resultados obtenidos en el la Tabla B10 mencionada anteriormente, donde se muestra la evaluación de las posibles soluciones del segundo nivel, se puede concluir en el aspecto técnico que la solución 1, la cual presenta una valoración relativa de 0.73, de un total de 1.00, nos muestra que esta solución es la más apropiada siguiendo los requerimientos de diseño a comparación de las otras. En el aspecto económico, se puede confirmar que el uso de ciertas tecnologías y componentes de precisión repercute muy poco, sin embargo, no existe una brecha significativa. Con estos resultados obtenidos de la evaluación de las propuestas según los requisitos de diseños planteados, se identifica que la solución 1, conformada por: luces LED, botones, luces y sonidos intermitentes, pistones hidráulicos, rampas y plataformas antideslizantes con sardinel, motores DC, sensores infrarrojos, transformadores tipo switch, brandas de seguridad y sensores de finde carrera, es la más óptima, con una valoración final relativa de 0.70 de un total de 1.

ANEXO C



SECCIÓN 1

FIGURA 2. Curva promedio de estatura de varones de la muestra graficada sobre los estándares nacionales

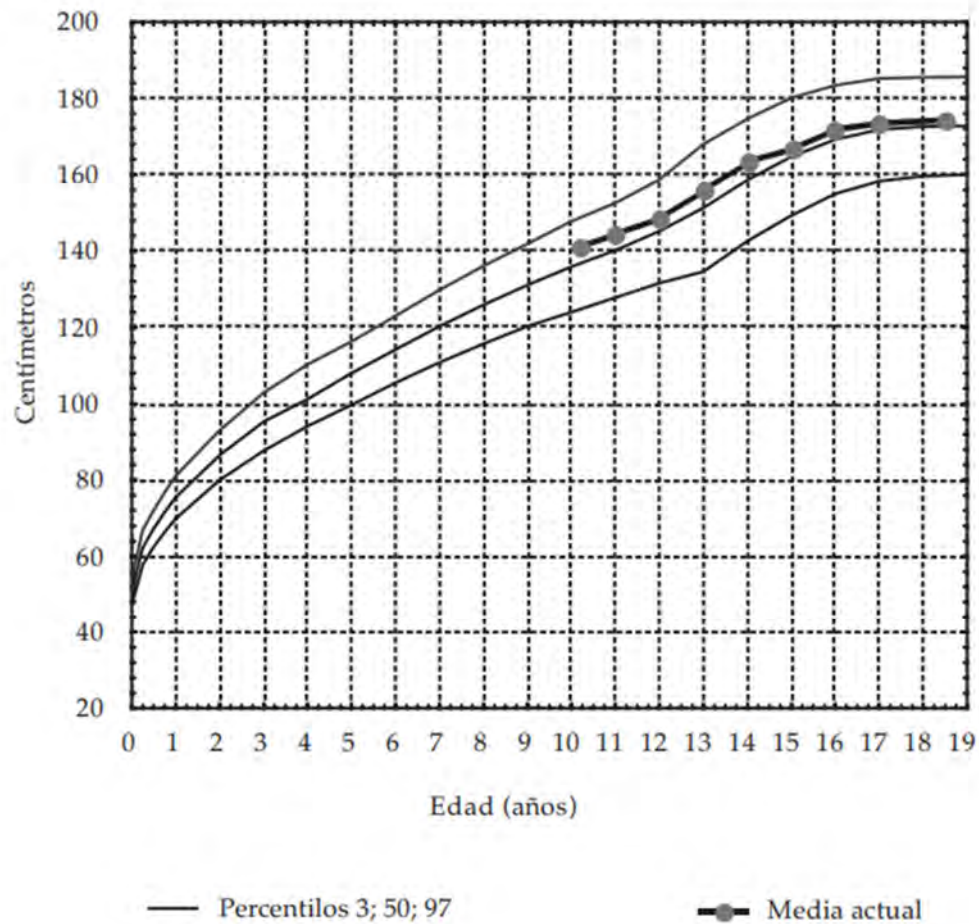


Figura C1. Estatura de varones de la muestra en Argentina sobre los estándares nacionales

SECCIÓN 2

Perfiles
Rectangulares

TUBOS Y
PERFILES

TÉCNICA

Espesor (mm)	Normas De Fabricación	Calidad De Aceros
Mayor a 1,5 mm	NCh 3518 <small>Producto certificado por CERMEC modelo ISO CASCO 3</small>	ASTM [A36;A1011] <small>Aceros similares que clasifican en NCh 203 [A250ESP;A270ESP]</small>
Menor o igual a 1,5 mm	ASTM A 500 / UNE - EN 10219	SAE [1008;1010] JIS G 3141

Largo estándar 6 m; largos especiales a pedido.

Dimensión (bxh) Nominal (mm)	Espesor (e) Nominal (mm)	Peso Nominal kg/m	Código (VH)	Unid. por Paquete
20x10	LF 1,00	0,42	1261	100
	LF 1,50	0,59	1198	100
25x10	LF 1,00	0,50	* 1215	100
	LF 1,50	0,80	* 1216	100
25x15	LF 1,00	0,58	* 1258	120
	LF 1,50	0,83	1202	120
30x10	LF 1,00	0,58	* 1260	100
	LF 1,50	0,83	1200	100
30x20	LF 1,00	0,73	1239	100
	1,50	1,06	1223	100
	LF 1,50	1,06	1222	100
	2,00	1,36	1229	100
35x15	LF 1,00	0,73	1204	100
	LF 1,50	1,06	1219	100
40x20	LF 1,00	0,89	1212	100
	1,50	1,30	1214	100
	LF 1,50	1,30	1213	100
40x30	2,00	1,68	1230	100
	1,50	1,53	1232	80
	2,00	1,99	1233	80
50x20	1,50	1,53	1225	100
	2,00	1,99	1218	100
50x30	1,50	1,77	1235	100
	2,00	2,31	1236	100
	3,00	3,30	1237	80
60x40	1,50	2,24	1242	64
	2,00	2,93	1243	64
	3,00	4,25	1244	63
	4,00	5,45	1245	42
70x30	1,50	2,24	1238	70
	2,00	2,93	1221	70
	3,00	4,25	1240	63
80x40	1,50	2,71	1247	72
	2,00	3,56	1248	72
	3,00	5,19	1249	48
100x50	4,00	6,71	1252	36
	2,00	4,50	1250	42
	3,00	6,60	1251	42
	4,00	8,59	1253	30
150x50	5,00	10,48	1259	24
	2,00	6,07	1254	24
	3,00	8,96	1255	24
	4,00	11,73	1256	20
	5,00	14,41	1257	20

Figura C2. Catálogo de perfiles rectangulares

Perfil de acero cuadrado estándar

Nuestros **perfiles cuadrados** poseen de un largo estándar de 6 metros. Ideal para estructuras metálicas de envergaduras y con resistencia a alta presión de masa. Consulta el acero ideal para la aplicación que requieres.

- Calidad ASTM A36
- * Consulta por otras calidades
- * Consulta por largos especiales

Dimensiones	Espesor	Peso Nominal
A x A mm	mm	kg/m
20x20	1,0	0,58
	1,5	0,83
	2,0	1,05
30x30	1,0	0,89
	1,5	1,30
	2,0	1,68
40x40	1,0	1,20
	1,5	1,77
	2,0	2,31
	3,0	3,30
50x50	1,5	2,24
	2,0	2,93
	3,0	4,25
75x75	2,0	4,50
	3,0	6,60
100x100	2,0	6,07
	3,0	8,96

Figura C3. Catálogo de perfiles cuadrados

AC-AISI-304-Angular

Sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

Descripción

Normas Técnicas

Composición Química: AISI 304

Normas Involucradas: ASTM A276.

Propiedades Mecánicas: Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI).

Presentación:

Se suministran: En platinas en estado recocido, en diferentes acabados a largos de 6 metros.

Usos: Sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

Entrega:

Estos materiales se suministran a largos de 6 metros.

Programa de suministros:

Dimensiones:

Espesor	ALA (A) y ALA (B)
1/8"	3/4", 1", 1-1/4", 1-1/2", 2"
3/16"	3/4", 1", 1-1/4", 1-1/2", 2"
1/4"	1", 1-1/4", 1-1/2", 2"-2-1/2", 3", 4"
3/8"	1", 1-1/2", 2", 3"
1/2"	1", 1-1/2", 2", 2-1/2", 3", 4"

Figura C4. Catálogo de angulares inoxidables

Planchas de Acero ASTM A36



PLANCHAS DE ACERO A36

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

Se mide en espesor x ancho x largo

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/mm ²)	24 min.
	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	41 min
	Alargamiento (%) en 50 mm	18 min.

NORMA TÉCNICA	GRADO B				
	C	Mn	P	S	Si
A36	0.25	0.8-1.2 máx	0.040 máx	0.050 máx	0.40 máx

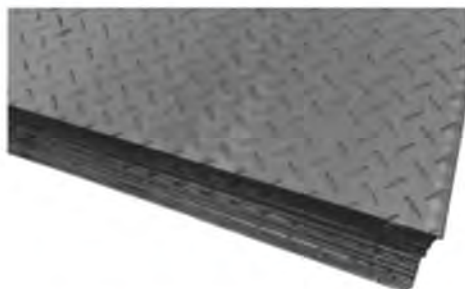
Espesor		Ancho		Largo		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pie	mm	pie	Kg/plancha
1.5	1/16	1200	4	2400	8	33.91
2.0	5/64	1200	4	2400	8	44.05
2.5	3/32	1200	4	2400	8	55.55
3.0	1/8	1200	4	2400	8	67.08
		1500	5	3000	10	109.2
4.5	3/16	1200	4	2400	8	100.50
		1500	5	3000	10	164.5
6.0	1/4"	1200	4	2400	8	134.81
		1500	5	3000	10	212.00
8.0	5/16"	1500	5	6000	20	423.90
		1200	4	2400	8	180.60
		1500	5	6000	20	565.20
		2400	8	6000	20	904.32
9.0	3/8"	1200	4	2400	8	203.26
		1500	5	3000	10	318.00
		1500	5	6000	20	635.85
		2400	8	6000	20	10173.36
12.0	1/2"	1200	4	2400	8	279.90
		1500	5	3000	10	424.00
		1500	5	6000	20	847.80
		2400	8	6000	20	1356.48
16	5/8"	3000	10	6000	20	1695.60
		1200	4	2400	8	363.74
		1500	5	6000	20	1130.40
		2400	8	6000	20	1808.64
19	3/4"	3000	10	6000	20	2260.80
		1200	4	2400	8	433.60
		1500	5	3000	10	671.175
		1500	5	6000	20	1342.35
25	1"	2400	8	6000	20	2147.76
		3000	10	6000	20	2684.70
		1500	5	6000	20	1766.25
		2400	8	6000	20	2826.00
32	1 1/4"	3000	10	6000	20	3532.50
		1500	5	6000	20	2260.80
		2400	8	6000	20	3617.28
		3000	10	6000	20	4521.60
38	1 1/2"	1500	5	6000	20	2684.70
		2400	8	6000	20	4295.52
		3000	10	6000	20	5369.40
		1500	5	6000	20	3532.50
50	2"	2400	8	6000	20	5652.00
		3000	10	6000	20	7065.00

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Figura C5. Catalogo de planchas de acero A36

Planchas de Acero Estriadas ASTM A36



Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/cm ²)	2110-3510
	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)	-
	Alargamiento (%)	25 mín.
	Doblado al Frío (Sobre si mismo)	Sin Fisura

PLANCHAS A36 ESTRIADAS

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36, resaltes de figuras geométricas en una de las caras. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, ASTM A786
Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.
Se mide en espesor x ancho x largo

Dimensiones Nominales						Peso
Espesor		Ancho		Largo		Pieza
mm	pulg	mm	pie	mm	pie	Kg
2.5	3/32	1200	4	2400	8	57.55
2.9	1/8	1200	4	2400	8	72.10
3.0	1/8	1200	4	2400	8	69.49
4.4	3/16	1200	4	2400	8	105.35
4.5	3/16	1200	4	2400	8	103.56
6	1/4	1200	4	2400	8	137.85

Tolerancias de Masa Específica			
ESPESO NOMINAL mm	MASA ESPECÍFICA NOMINAL (Kg/m ²)	TOLERANCIA PARA MASA PROMEDIO DE LOTES (En % de la masa específica manual)	
		+	-
2.5	20.69	8	5
2.9	23.67	8	5
4.4	35.58	6	5
5.9	47.39	5	3

Tolerancia en ancho: +10 mm / - 0 mm. Tolerancia de longitud: + 13 mm / -0 mm. Falta de aplanado: 24 mm máx.

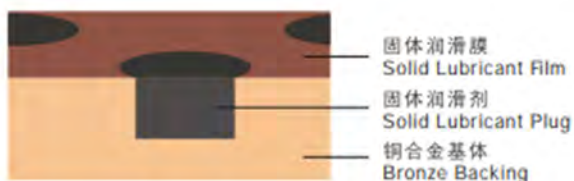
* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Figura C6. Catálogo de planchas estriadas de acero A36

VSB50

铜基固体镶嵌轴承

CAST BRONZE WITH GRAPHITE OILLESS BEARING

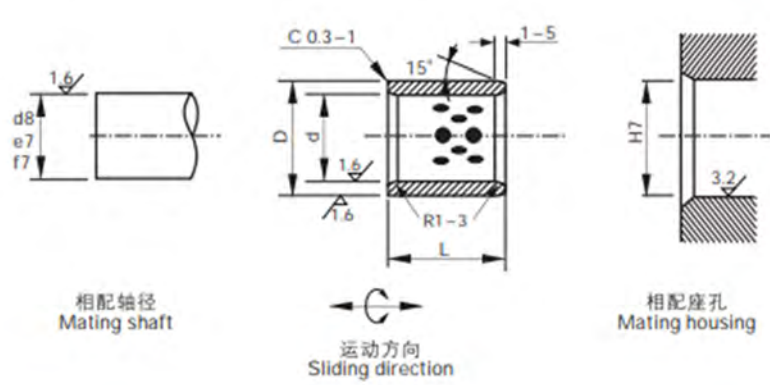


铜合金镶嵌式固体润滑剂自润滑轴承，结合了铜合金的耐磨性及固体润滑剂的自润滑性能，使其在使用过程中无需加油维护。产品被广泛用于高载、间歇性或摇摆运动，如汽车生产流水线、水轮机、水库工作闸门、塑胶机械等。根据使用的工况，我们可以提供各种类型的铜合金。

This material provides a maintenance free and low friction bearing solution, particularly for high load and intermittent oscillating motion. Solid lubricants within the bronze combine the strength of the bronze with the wear resistance of the graphite. Applications covered are automotive production lines, water industry, dam gates, plastic moulding machinery etc. Different types of bronze alloy can be offered according to the application.

标准 Standard	高力黄铜 CuZn25Al6 Fe3Mn3	锡青铜 CuSn5Zn5Pb5	铝青铜 CuAl10Fe5Ni5	锡青铜 CuSn12	特硬高力黄铜 CuZn25Al6 Fe3Mn3
密度 Density	8	8.9	7.9	8.9	8
硬度 Hardness	≥210	≥70	≥150	≥75	≥235
抗拉强度 N/mm ² Tensile Strength	≥750	≥250	≥500	≥270	≥800
屈服强度 N/mm ² Yield Strength	≥450	≥90	≥260	≥150	≥450
延伸率% Elongation	≥12	≥13	≥10	≥5	≥8
线胀系数 Coefficient of linear expansion	1.9 · 10 ⁻⁵ /℃	1.8 · 10 ⁻⁵ /℃	1.6 · 10 ⁻⁵ /℃	1.8 · 10 ⁻⁵ /℃	1.9 · 10 ⁻⁵ /℃
使用温度 Temp.	-40~300 ℃	-40~400 ℃	-40~400 ℃	-40~400 ℃	-40~300 ℃
最大动承载 N/mm ² Max Dynamic load	100	60	50	70	120
最大线速度(干)N/mm ² Max Speed (Dry)	15	10	20	10	15
最大PV (润滑) Max PV (Lubrication) N/mm ² · m/min	200	60	60	80	200
压缩永久变形量 300 N/mm ²	<0.01	<0.05	<0.04	<0.05	<0.005

Figura C7. Características mecánicas de la bocina de bronce



相配轴径
Mating shaft

运动方向
Sliding direction

相配座孔
Mating housing

d	D	内孔公差 I.D. Tolerance F7	外径公差 O.D. Tolerance m6	L $\begin{matrix} -0.10 \\ -0.30 \end{matrix}$															
				10	12	15	16	20	25	30	35	40	50	60	70	80	100		
10	14	10 ^{+0.028} / _{+0.013}	14 ^{+0.018} / _{+0.007}	101410	101412	101415		101420											
12	18	12 ^{+0.034} / _{+0.016}	18 ^{+0.018} / _{+0.007}	121810	121812	121815	121816	121820	121825	121830									
13	19	13 ^{+0.034} / _{+0.016}	19 ^{+0.021} / _{+0.008}	131910		131915	131916												
14	20	14 ^{+0.034} / _{+0.016}	20 ^{+0.021} / _{+0.008}	142010	142012	142015		142020	142025	142030									
15	21	15 ^{+0.034} / _{+0.016}	21 ^{+0.021} / _{+0.008}	152110	152112	152115	152116	152120	152125	152130									
16	22	16 ^{+0.034} / _{+0.016}	22 ^{+0.021} / _{+0.008}	162210	162212	162215	162216	162220	162225	162230	162235	162240							
18	24	18 ^{+0.034} / _{+0.016}	24 ^{+0.021} / _{+0.008}		182412	182415	182416	182410	182425	182430	182435	182440							
20	28	20 ^{+0.041} / _{+0.020}	28 ^{+0.021} / _{+0.008}	202810	202812	202815	202816	202820	202825	202830	202835	202840	202850						
22	32	22 ^{+0.041} / _{+0.020}	32 ^{+0.025} / _{+0.009}		223212	223215		223220	223225										
25	33	25 ^{+0.041} / _{+0.020}	33 ^{+0.025} / _{+0.009}		253312	253315	253316	253320	253325	253330	253535	253540	253550	253560					
30	38	30 ^{+0.041} / _{+0.020}	38 ^{+0.025} / _{+0.009}		303812	303815		303820	303825	303830	303835	303840	303850	303860					
35	45	35 ^{+0.050} / _{+0.025}	45 ^{+0.025} / _{+0.009}					354520	354525	354530	354535	354540	354550	354560					
40	50	40 ^{+0.050} / _{+0.025}	50 ^{+0.025} / _{+0.009}							405030	405035	405040	405050	405060	405070	405080			
45	55	45 ^{+0.050} / _{+0.025}	55 ^{+0.030} / _{+0.011}							455530	455535	455540	455550	455560					
50	60	50 ^{+0.050} / _{+0.025}	60 ^{+0.030} / _{+0.011}							506030	506035	506040	506050	506060	506070	506080			
50	62	50 ^{+0.050} / _{+0.025}	62 ^{+0.030} / _{+0.011}							506230	506235	506240	506250	506260	506270				
50	65	50 ^{+0.050} / _{+0.025}	65 ^{+0.030} / _{+0.011}							506530		506540	506550	506560	506570	506580	5065100		
55	70	55 ^{+0.060} / _{+0.030}	70 ^{+0.030} / _{+0.011}									557040	557050	557060	557070				
60	74	60 ^{+0.060} / _{+0.030}	74 ^{+0.030} / _{+0.011}							607430	607435	607440	607450	607460	607470	607480			

Figura C8. Catálogo de bocinas de bronce

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P	R	S	K							2"

1 Type

- Q = ISO 6020/2
- M = ISO 6020/2 with magnetic sensors
- T = ISO 6020/2 with transducer

2 Piston-e

25	A = 12	U = 18	
32	B = 14	P = 22	
40	O = 18		
50	F = 22	H = 28 *	L = 36
63	M = 28	L = 36 *	N = 45
80	L = 36	M = 45 *	P = 56
100	M = 45	P = 56 *	R = 70
125	P = 56	R = 70 *	T = 90
160	R = 70	T = 90 *	V = 110
200	T = 90	V = 110 *	Z = 140

* diameters not provided by ISO-DIN

3 Rod-e

A = 12	U = 18	
B = 14	P = 22	
O = 18		
F = 22	H = 28 *	L = 36
M = 28	L = 36 *	N = 45
L = 36	M = 45 *	P = 56
M = 45	P = 56 *	R = 70
P = 56	R = 70 *	T = 90
R = 70	T = 90 *	V = 110
T = 90	V = 110 *	Z = 140

9 Inductive Sensors *

(not available for pistons 25 and 32)
without inductive sensors (to be left out in Code)

- A = inductive sensor front side
- B = inductive sensor bottom side
- C = inductive sensors both sides

10 Seal Type

standard (to be left out in Code)

- U = for water glycol mixture
- V = glide ring seals
- W = VITON

11 Distance Ring (50mm per distance ring) *

Example: 2 distance rings each 50mm = 2
* to be left out when not needed

4 Stroke Length

Example: 100mm = 0100

8 Cylinder Type

- Q = without final cushion
- E = final cushion head side
- O = final cushion bottom side
- P = final cushion both sides
- S = double-rod cylinder without final cushion
- T = double-rod cylinder with final cushion

6 Rod End

male thread (standard, to be left out in Code)

- X = male thread light (DIN 24554)
- W = female thread
- E = made to specifications

7 Cylinder Mounting

- 131 = support (ISO MS2)
- 132 = trunnion head side (ISO MT1)
- 133 = trunnion bottom side (ISO MT2)
- 134 = trunnion in the middle (ISO MT4) (put XV dimension at the end of the code: XY-134) (Example: XV 150))
- 137 = strap on the bottom (ISO MP3)
- 138 = ball-joint end on the bottom (ISO MP5)
- 139 = fork on the bottom (ISO MP1)
- 140 = front protruding tie rods (ISO MX3)
- 141 = bottom protruding tie rods (ISO MX2)
- 142 = front + bottom protruding tie rods (ISO MX1)
- 143 = front flange (ISO ME5)
- 144 = bottom flange (ISO ME6)
- 145 = threaded holes front side (ISO MX5)
- 146 = threaded holes bottom side (ISO MX6)

12 Oil Port

head side	bottom side
-----------	-------------

13 Adjustable Final Cushion *

for piston-e 25 and 32 the final cushion is not adjustable

head side	bottom side
-----------	-------------

14 Air Vents *

head side	bottom side
-----------	-------------

15 Inductive Sensors *

head side	bottom side
-----------	-------------

* to be left out when option is not chosen

16 Cylinder *

Q	13
---	----

17 Art-Code *

13	13
----	----

18 Rod *

Q	13
---	----

19 Art-Code *

13	13
----	----

20 Rod opposite *

Q	13
---	----

21 Art-Code *

13	13
----	----

22, 23 Additional Details

see „order specification addition“ on p. 16, 17

Accessories

* leave out if not necessary
** see accessory (from p. 22) for art-code

Connection Positions

view on rod

Order example: R3-125-T-0800-P-W-10-C-U-P14-R33-541

Further information about the configurator at www.agirossi.de

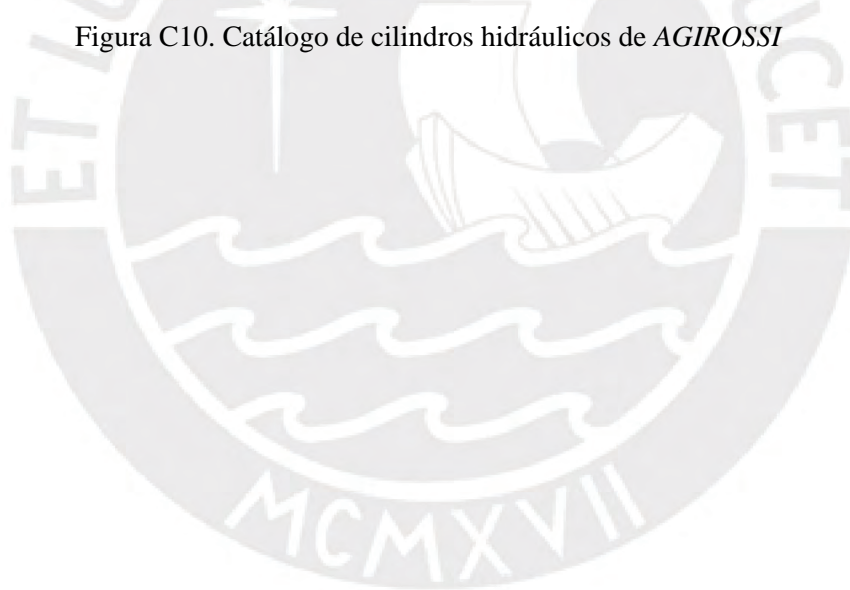
AGIROSSI GMBH

Figura C9. Configurador de cilindros hidráulicos de AGIROSSI

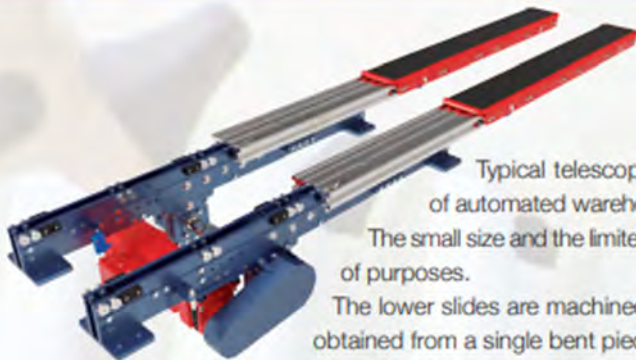
General Information						
Calculation Force F / Volume V						
Piston-ø	Rod-ø	Area Ratio	Pressure with 100 bar (in kN)	Tension with 100 bar (in kN)	Volume with 100mm stroke (in L) piston side	Volume with 100mm stroke (in L) rod side
25	12	1,3	4,91	3,78	0,05	0,04
	18	2,08		2,36		0,02
32	14	1,24	8,04	6,5	0,08	0,07
	22	1,9		4,24		0,04
40	18	1,25	12,57	10,02	0,13	0,1
	28	1,96		6,41		0,06
50	22	1,24	19,63	15,83	0,2	0,16
	28	1,46		13,48		0,13
	36	2,08		9,46		0,09
63	28	1,25	31,17	25,01	0,31	0,25
	36	1,48		20,99		0,21
	45	2,04		15,27		0,15
80	36	1,25	50,27	40,09	0,5	0,4
	45	1,46		34,36		0,34
	56	1,96		25,64		0,26
100	45	1,25	78,57	62,64	0,79	0,63
	56	1,46		53,91		0,54
	70	1,96		40,06		0,4
125	56	1,25	122,72	98,09	1,23	0,98
	70	1,46		84,23		0,84
	90	2,08		59,1		0,59
160	70	1,24	201,06	162,58	2,01	1,63
	90	1,46		137,44		1,37
	110	1,9		106,03		1,06
200	90	1,25	314,16	250,54	3,14	2,51
	110	1,43		219,13		2,19
	140	1,96		160,22		1,6

All pressure designations are calculated with a theoretical degree of efficiency of 100%.

Figura C10. Catálogo de cilindros hidráulicos de AGIROSSI



ARES 65



Typical telescopic fork that's particularly used in the sector of automated warehouses to move the 800x1200 euro-pallet.

The small size and the limited bending make it suitable for a large number of purposes.

The lower slides are machined (milled) from solid and the upper ones are obtained from a single bent piece, for greater strength.

PRODUCT CODE	Q LOAD (KG)	L PIVOT BODY LENGTH (mm)	Ls UPPER SLIDE LENGTH (mm)	S1 EXTENSION (mm)	MAX. PIVOTING UNDER LOAD (°)
AR65-120		1200	1200	1300	19
AR65-125		1250		1350	21
AR65-130		1300		1400	24
AR65-135	1200	1350	1240	1450	26
AR65-140		1400		1500	28
AR65-145		1450		1550	32
AR65-150		1500		1600	35
AR65-200	600	2000	2000	2100	43

As for the transmission system, both chains and racks-and-pinions are available, the choice of the transmission depending on the operating environment; hence, it's recommended to consult LHD's technical staff.

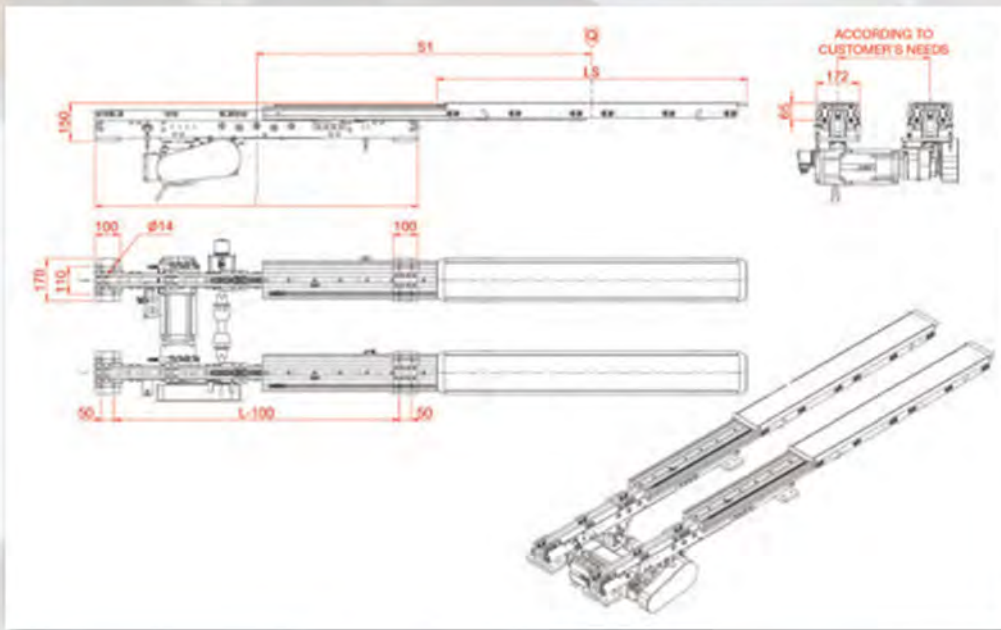


Figura C11. Catálogo del mecanismo telescópico

FEATURES

Series	Pump type PLP Motor type PLM	Displacement cm ³ /rev (in ³ /rev)	Max. pressure			Max. speed	Min. speed min ⁻¹
			P ₁	P ₂	P ₃		
			bar (psi)				
POLARIS 10	PL 10*1	1,07 (0.07)	260 (3770)	280 (4060)	290 (4205)	4000	650
	PL 10*1,5	1,60 (0.10)	260 (3770)	280 (4060)	290 (4205)	4000	650
	PL 10*2	2,13 (0.13)	260 (3770)	280 (4060)	290 (4205)	4000	650
	PL 10*2,5	2,67 (0.16)	260 (3770)	280 (4060)	290 (4205)	4000	650
	PL 10*3,15	3,34 (0.20)	260 (3770)	280 (4060)	290 (4205)	4000	650
	PL 10*4	4,27 (0.26)	250 (3625)	270 (3915)	280 (4060)	4000	650
	PL 10*5	5,34 (0.33)	250 (3625)	270 (3915)	280 (4060)	4000	650
	PL 10*5,8	6,20 (0.38)	230 (3335)	250 (3625)	260 (3770)	3500	650
	PL 10*6,3	6,67 (0.41)	230 (3335)	250 (3625)	260 (3770)	3500	650
	PL 10*8	8,51 (0.52)	180 (2610)	200 (2900)	210 (3045)	3500	650
PL 10*10	10,67 (0.65)	140 (2030)	160 (2320)	170 (2465)	3500	650	
POLARIS 20	PL 20*4	4,95 (0.30)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	4000	600
	PL 20*6,3	6,61 (0.40)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	4000	600
	PL 20*7,2	7,29 (0.44)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	4000	600
	PL 20*8	8,26 (0.50)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3500	600
	PL 20*9	9,17 (0.56)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3500	600
	PL 20*10,5	10,9 (0.66)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3500	600
	PL 20*11,2	11,23 (0.69)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3500	600
	PL 20*14	14,53 (0.89)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3500	500
	PL 20*16	16,85 (1.03)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3000	500
	PL 20*19	19,09 (1.16)	200 (2900)	220 (3190)	3480 (2.40)	3000	500
	PL 20*20	21,14 (1.29)	200 (2900)	220 (3190)	3480 (2.40)	3000	500
	PL 20*24,5	24,84 (1.52)	170 (2465)	190 (2755)	210 (3045)	2500	500
	PL 20*25	26,42 (1.61)	170 (2465)	190 (2755)	210 (3045)	2500	500
PL 20*27,8	28,21 (1.72)	130 (1885)	150 (2175)	170 (2465)	2000	500	
PL 20*31,5	33,03 (2.01)	130 (1885)	150 (2175)	170 (2465)	2000	500	
POLARIS 30	PL 30*22	21,99 (1.34)	250 (3625)	270 (3915)	280 (4060)	3000	350
	PL 30*27	26,70 (1.63)	250 (3625)	270 (3915)	280 (4060)	3000	350
	PL 30*34	34,55 (2.11)	240 (3480)	260 (3770)	270 (3915)	3000	350
	PL 30*38	39,27 (2.40)	240 (3480)	260 (3770)	270 (3915)	3000	350
	PL 30*43	43,98 (2.68)	230 (3335)	250 (3625)	260 (3770)	3000	350
	PL 30*51	51,83 (3.16)	210 (3045)	230 (3335)	240 (3480)	2500	350
	PL 30*61	61,26 (3.74)	190 (2755)	210 (3045)	220 (3190)	2500	350
	PL 30*73	73,82 (4.50)	170 (2465)	190 (2755)	200 (2900)	2500	350
	PL 30*82	81,68 (4.98)	160 (2320)	170 (2465)	180 (2610)	2200	350
	PL 30*90	91,10 (5.56)	150 (2175)	160 (2320)	170 (2465)	2200	350

Replaces: 01/10, 2003

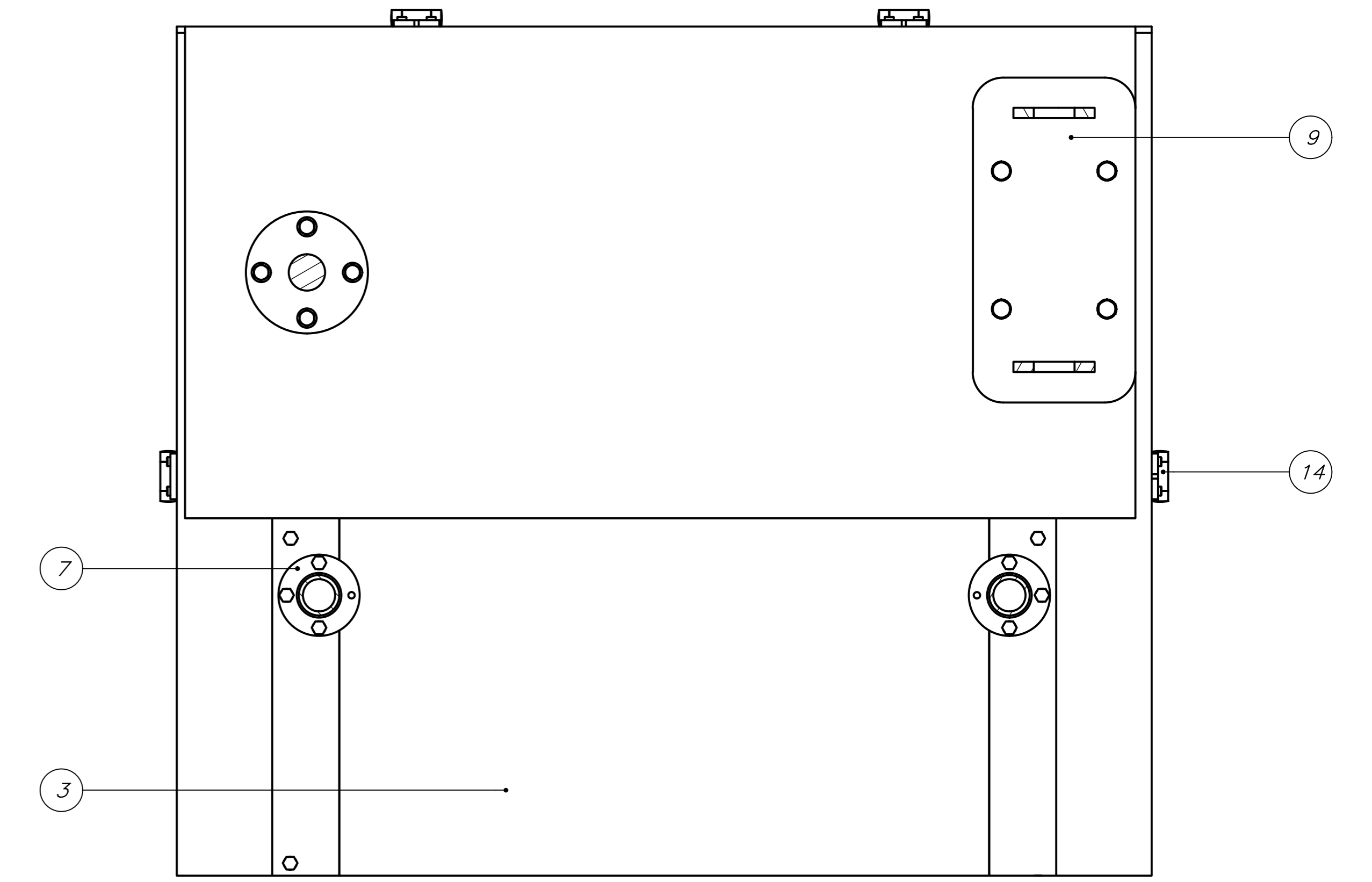
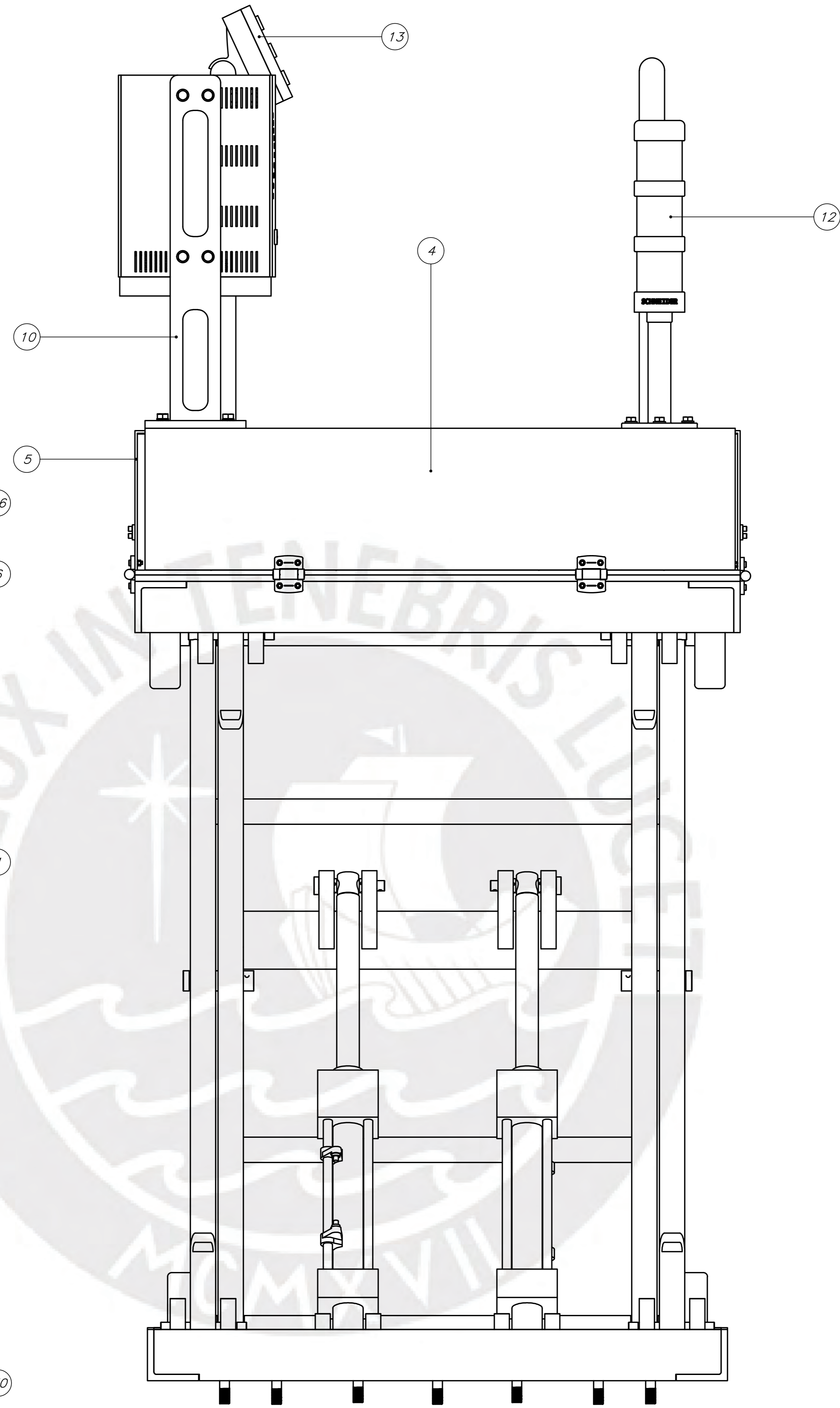
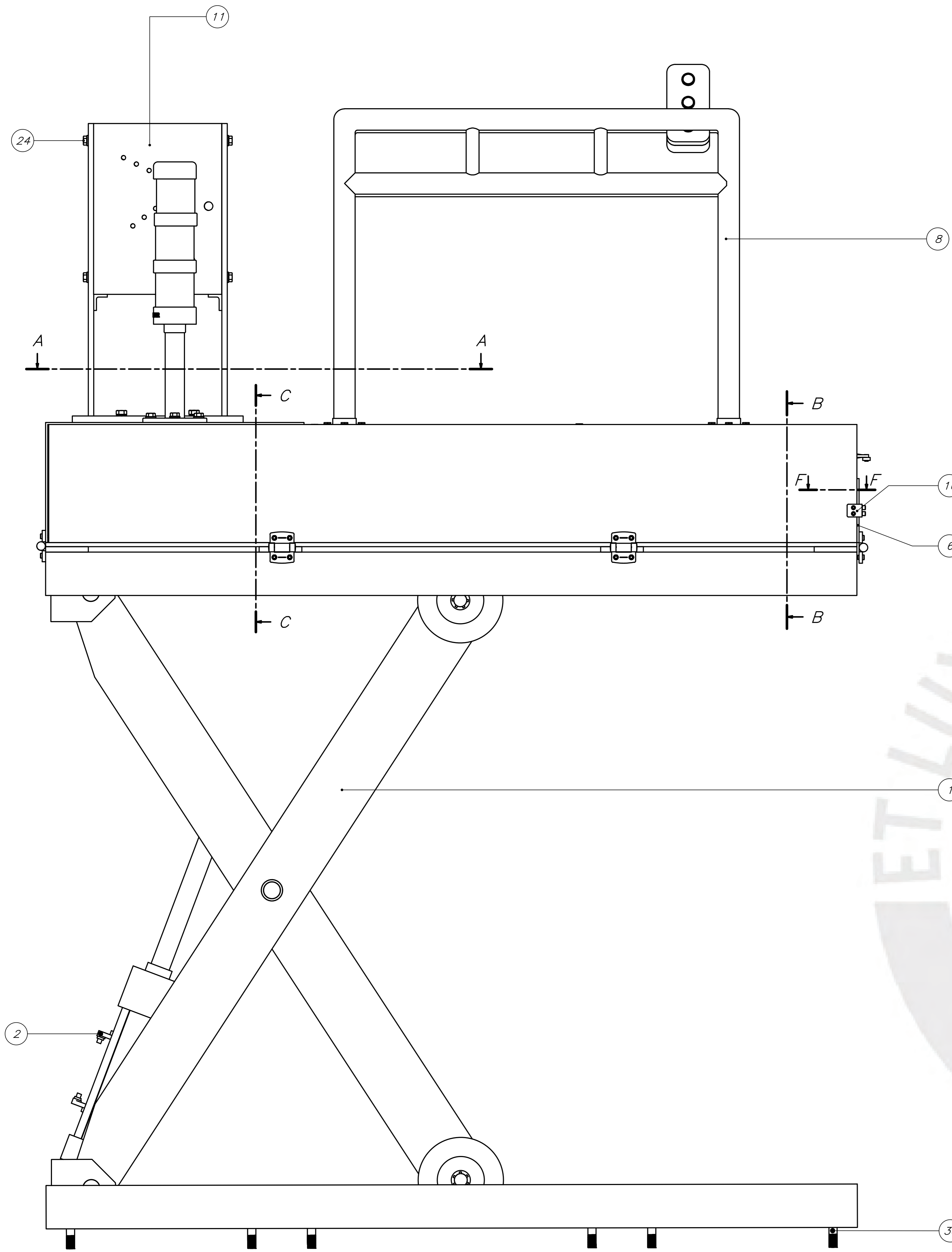
04/10, 2020

Figura C12. Catálogo de la bomba de engranajes

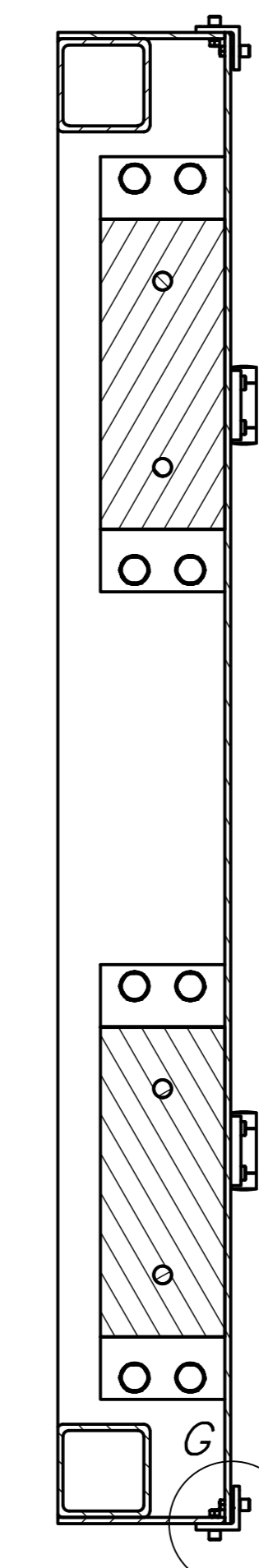
ANEXO D

(PLANOS)

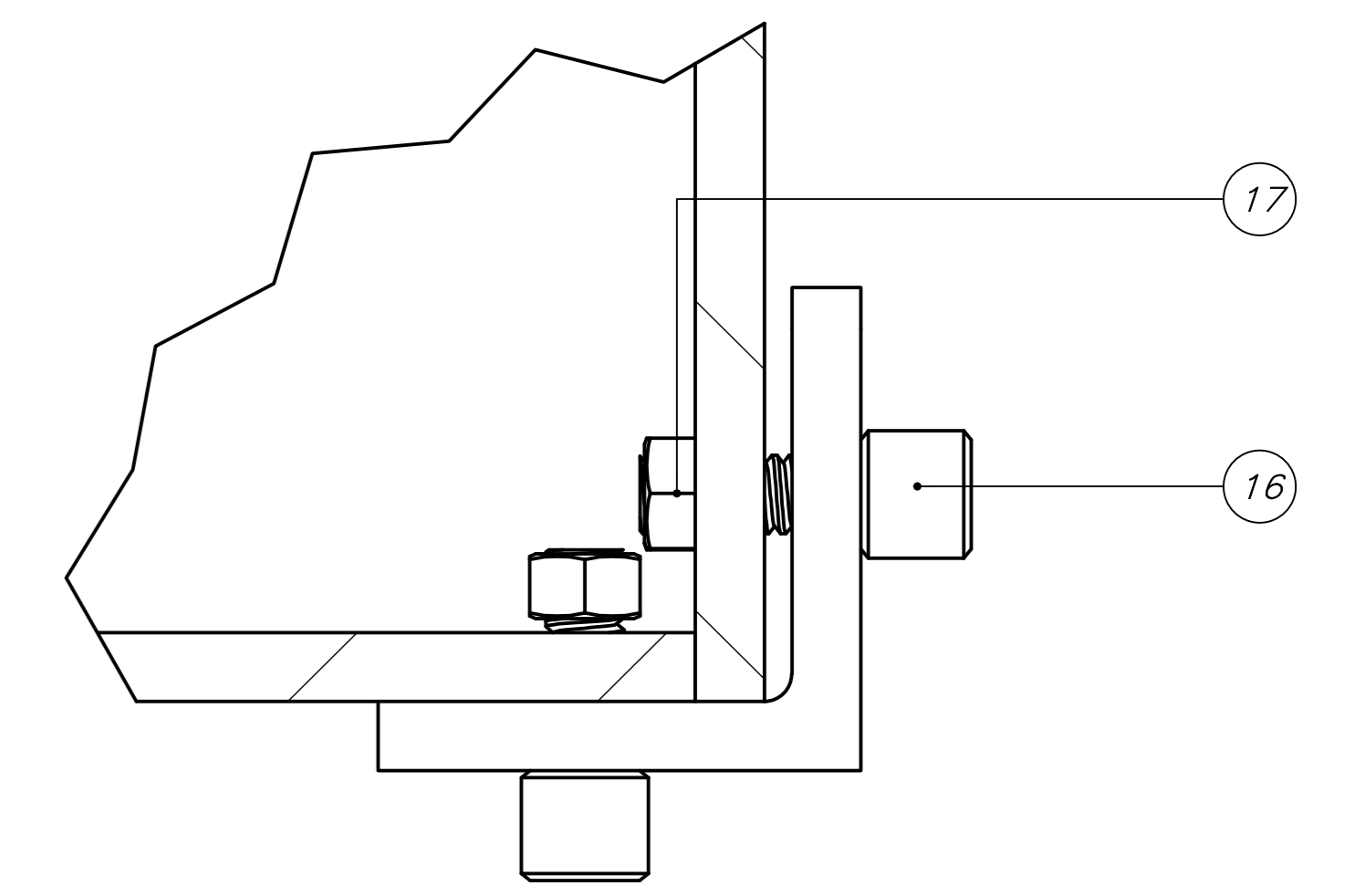




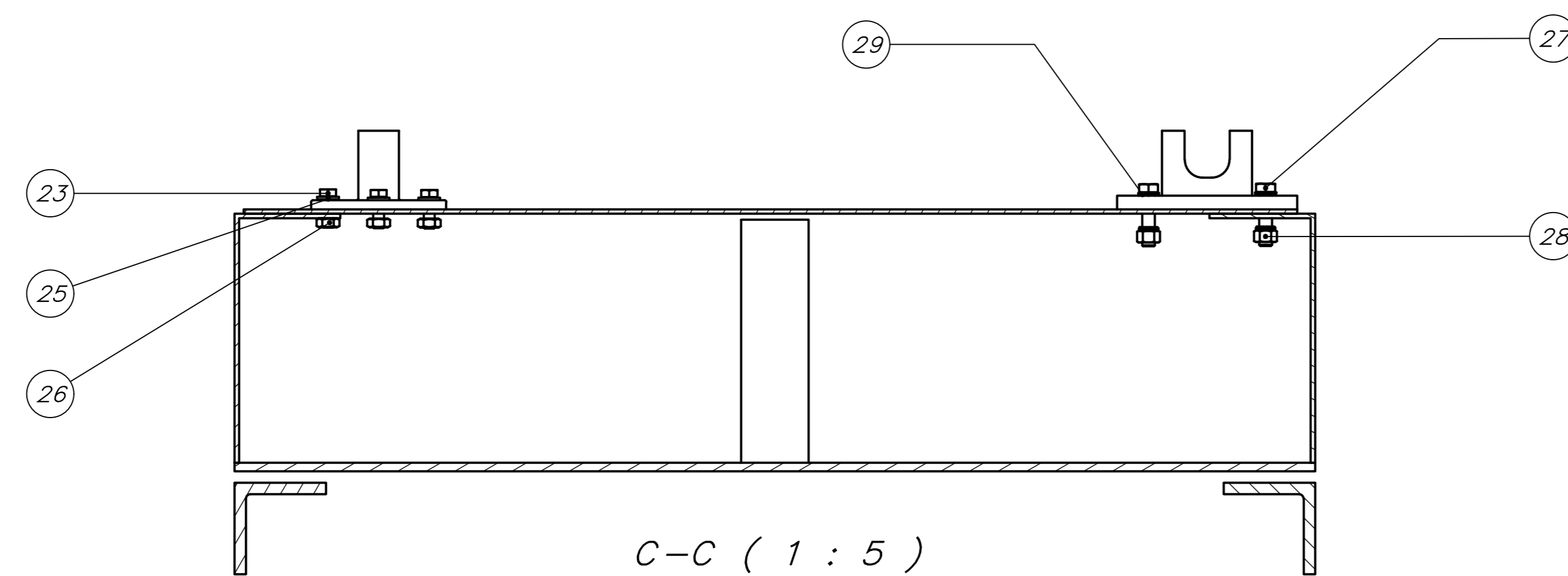
A-A (1 : 5)



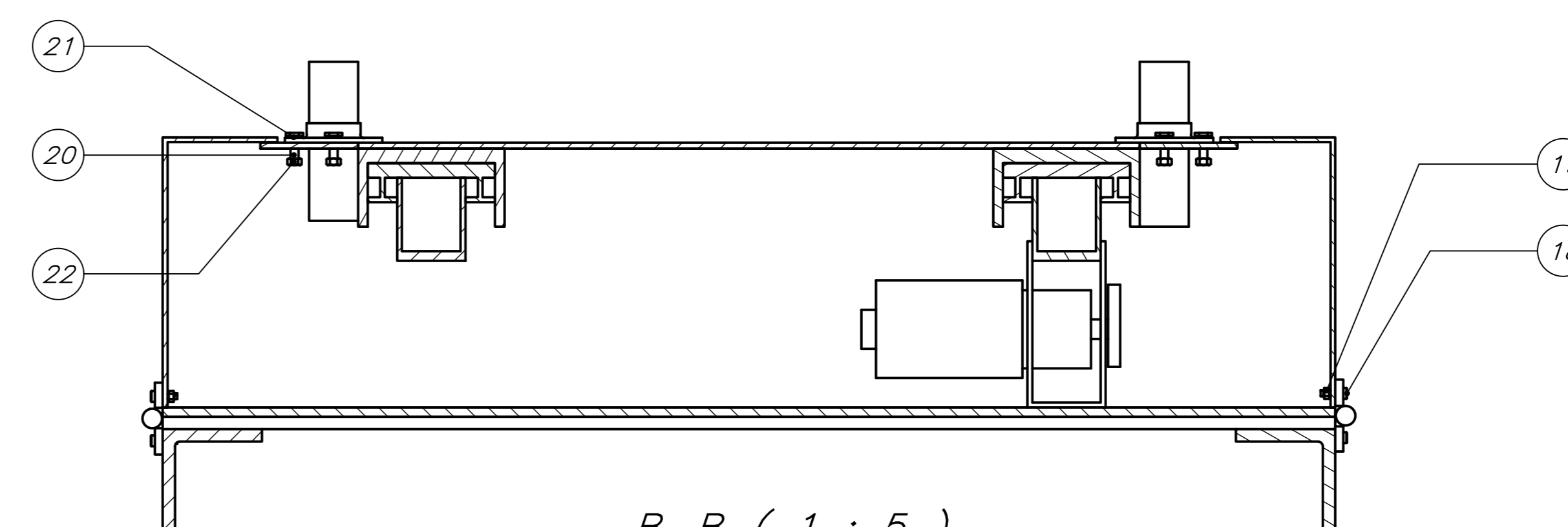
F-F (1 : 5)



G (2:1)



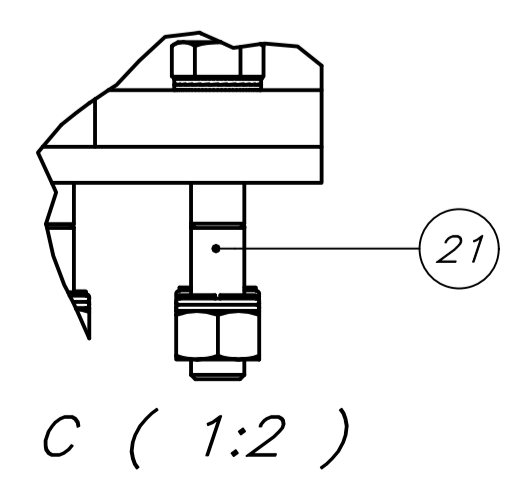
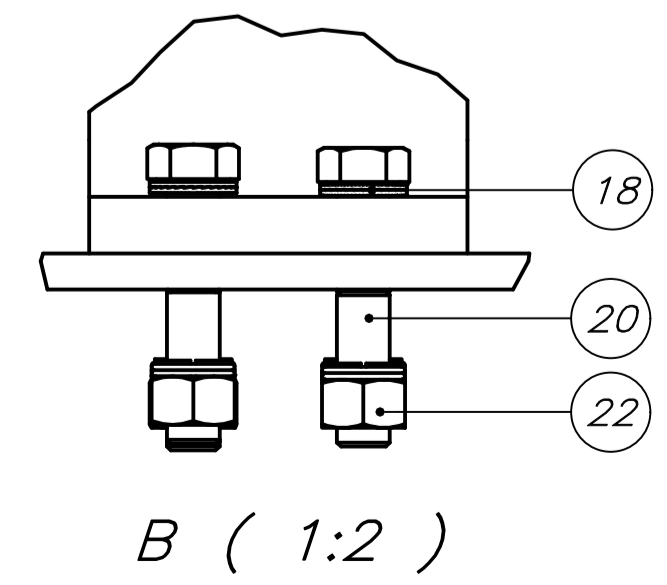
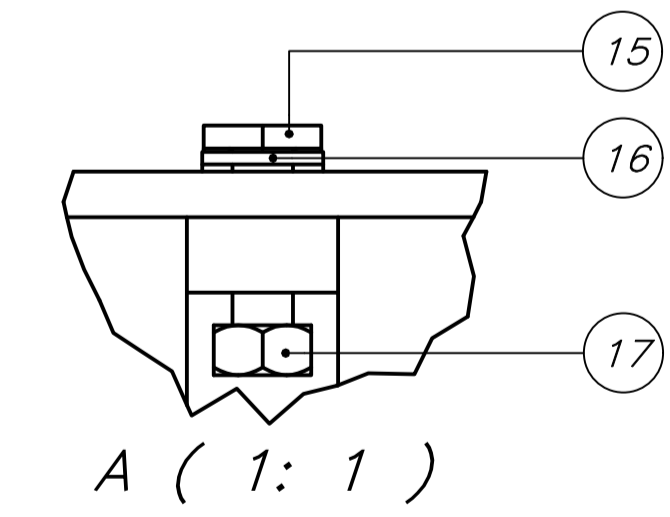
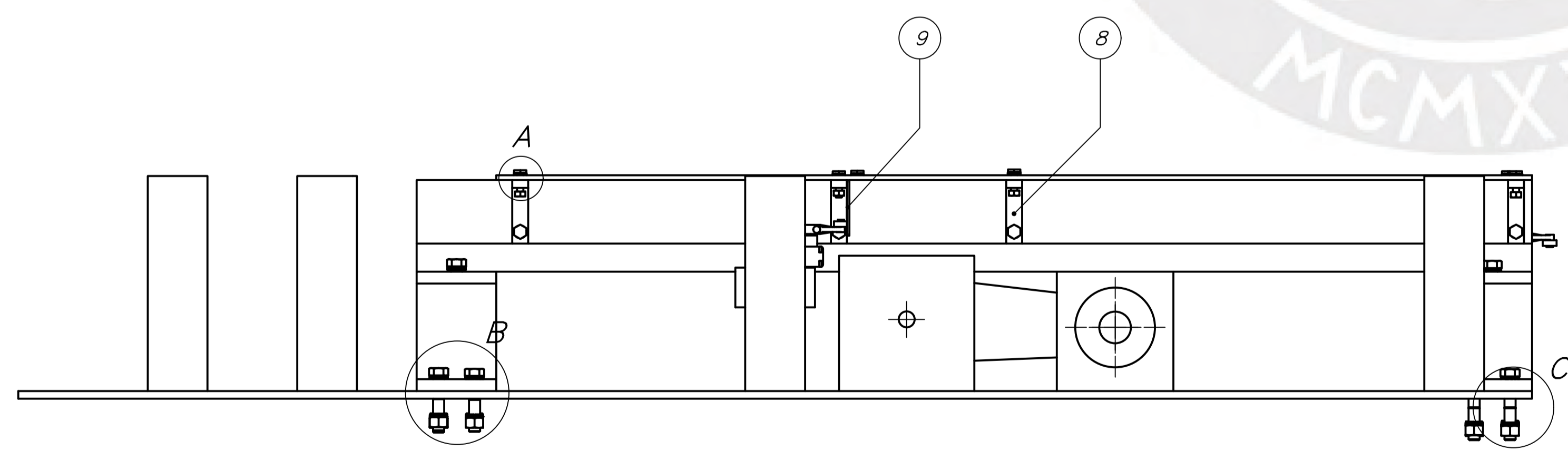
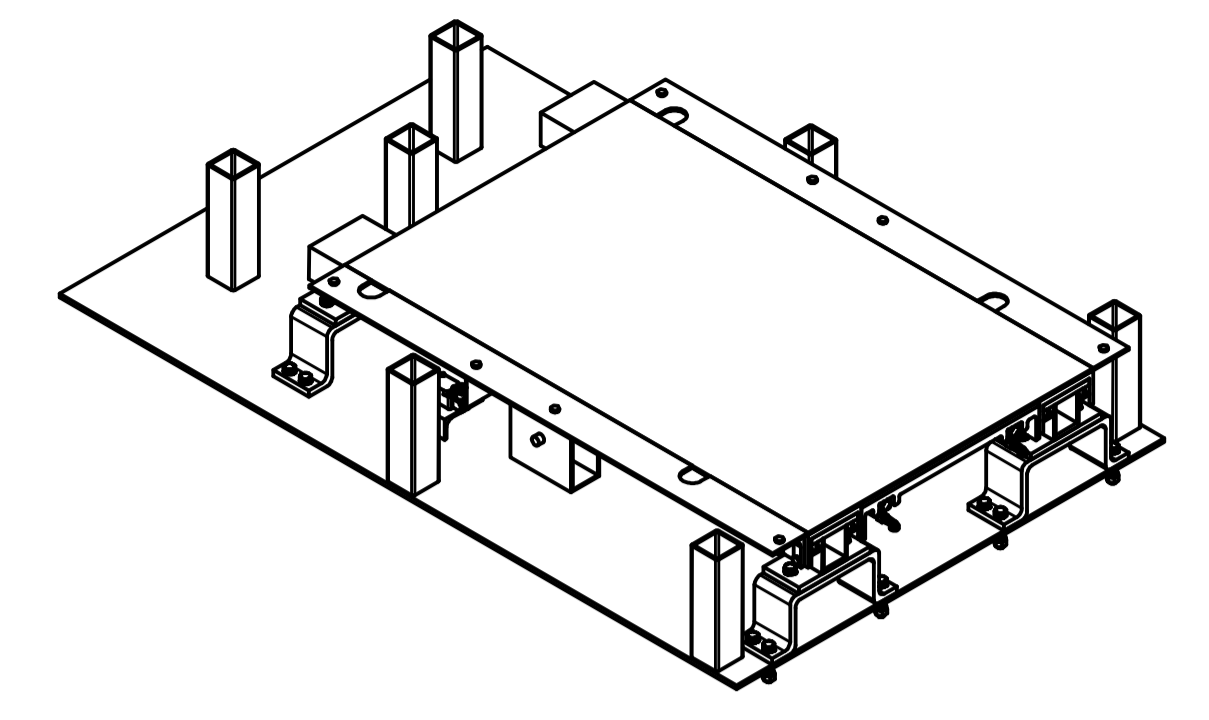
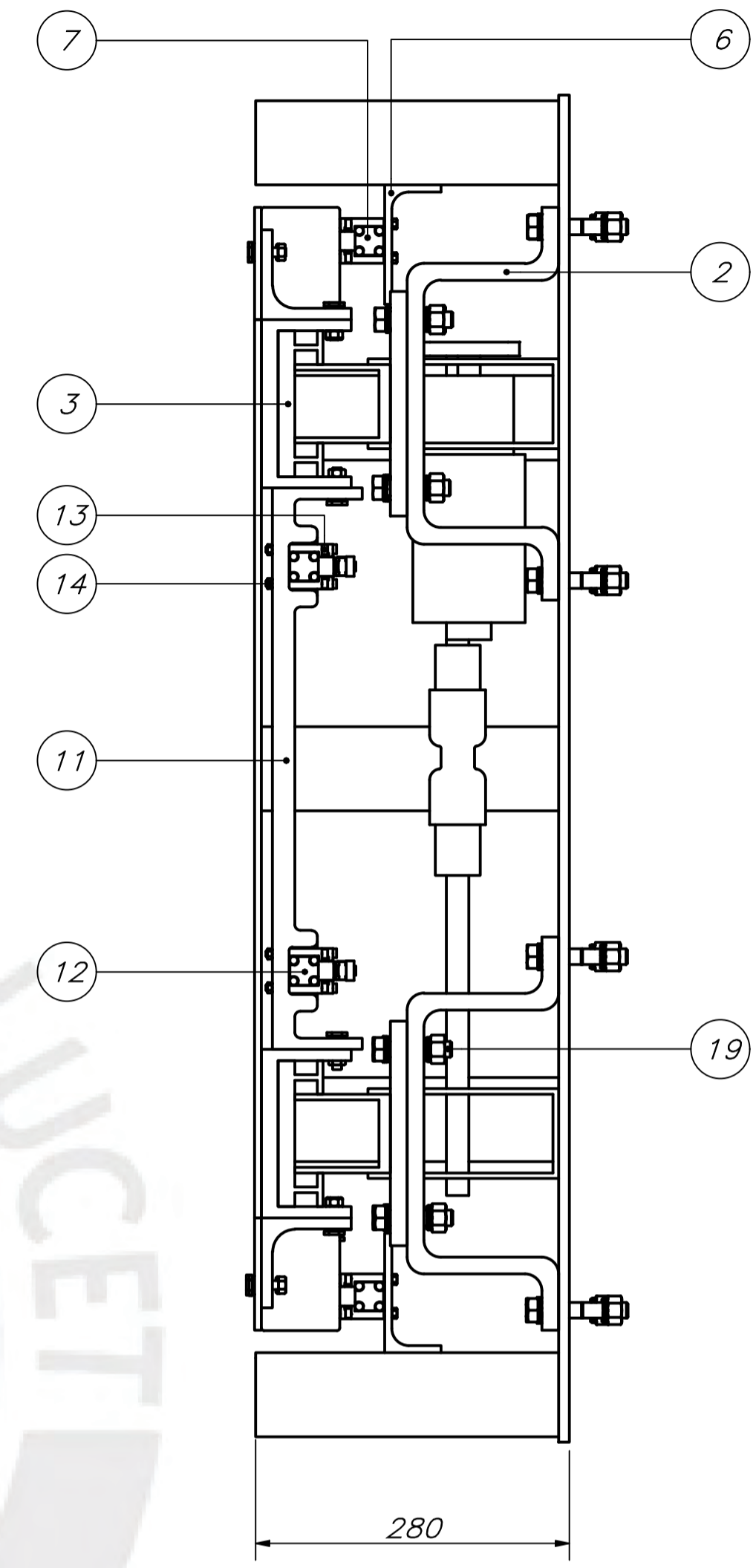
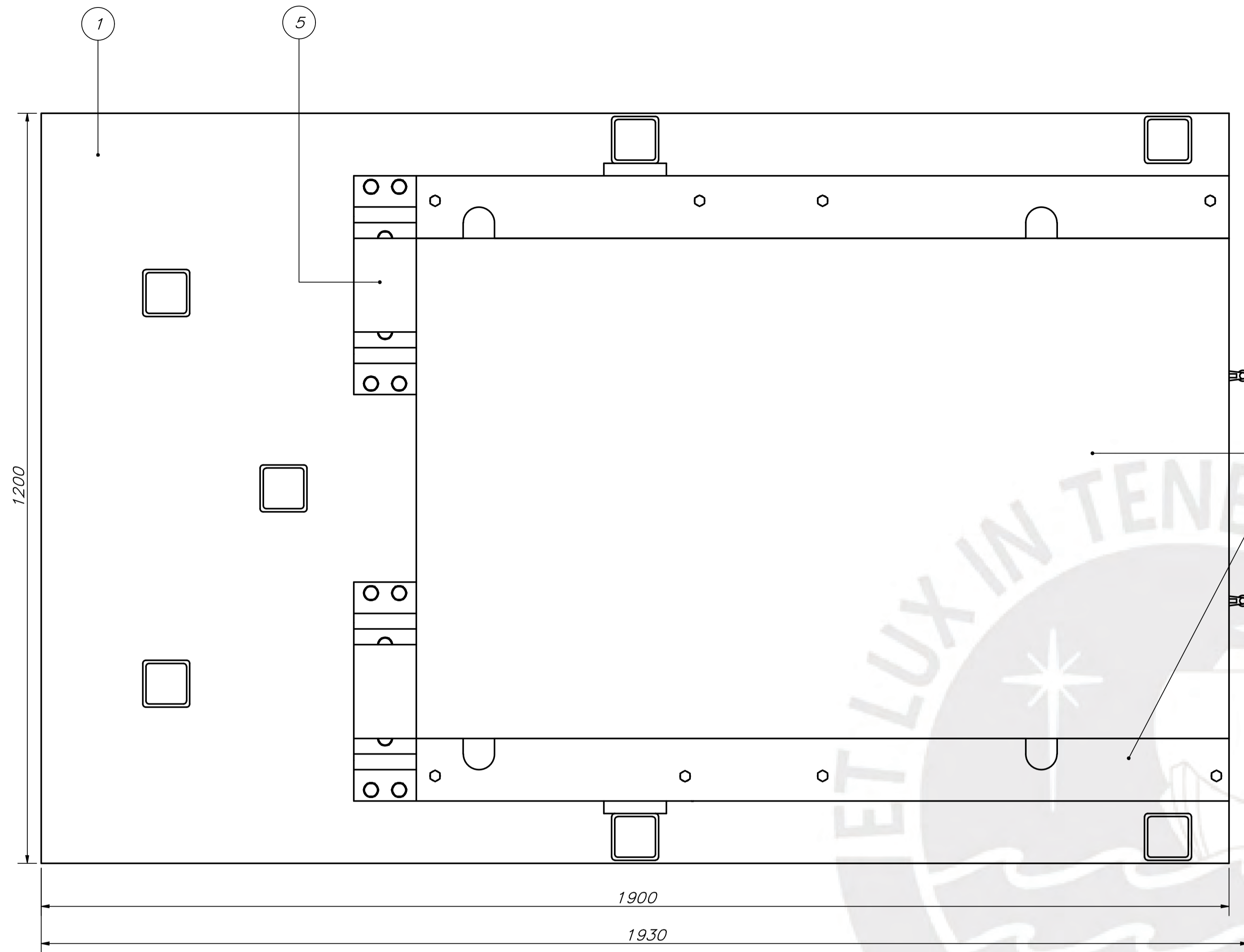
C-C (1 : 5)



B-B (1 : 5)

PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES		
30	13	Pernos de anclaje M20x60	Inox. 316/304 2359.18.		
29	4	Arandela de presión M14	ASME Inox. 304 818.21.2		
28	4	Tuerca hexagonal M14	DN 985 Inox. 316		
27	4	Perno M14x60	DN 912 Inox. 316/304 Cabozal socket		
26	12	Tuerca hexagonal M12	DN 985 Inox. 316		
25	12	Arandela M12	DN 125-1A Acero Inox.		
24	8	Perno M12x50	DN 912 Inox. 316/304 Cabozal socket		
23	4	Perno M12x35	DN 912 Inox. 316/304 Cabozal socket		
22	32	Tuerca hexagonal M8	DN 985 Inox. 316		
21	12	Arandela M8	DN 125-1A Acero Inox.		
20	12	Perno M8x30	DN 912 Inox. 316/304 Cabozal socket		
19	32	Tuerca hexagonal M6	DN 985 Inox. 316		
18	32	Perno M6x14	DN 912 Inox. 316/304 Cabozal socket		
17	8	Tuerca hexagonal M5	DN 985 Inox. 316		
16	8	Perno M5x14	DN 912 Inox. 316/304		
15	2	Ángulos de sujeción	Acero Inox.		
14	8	Bisagra para tapa	Inox. 304 Solinox.es		
13	1	Balancera de control	Varios Bolinas TAYDA elect.		
12	1	Light indicator tower	Varios FE-com.pl		
11	1	Panel	Varios Ver PE4		
10	2	Soporte panel	Aluminio 3003		
9	1	Base de panel	Aluminio 6061		
8	2	Baranda	Inox. 304 Inox Forature		
7	4	Base para baranda	Inox. 304 Inox Forature		
6	1	Plancha frontal - tapa de cajón	Acero Inox. 410		
5	2	Plancha lateral - tapa de cajón	Inox. 410		
4	1	Plancha posterior - tapa de cajón	Inox. 410		
3	1	Subsistema de traslado	Varios Ver PE2		
2	2	Sensor magnético	Varios ASIROSS		
1	1	Subsistema de elevación	Varios Ver PE1		
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

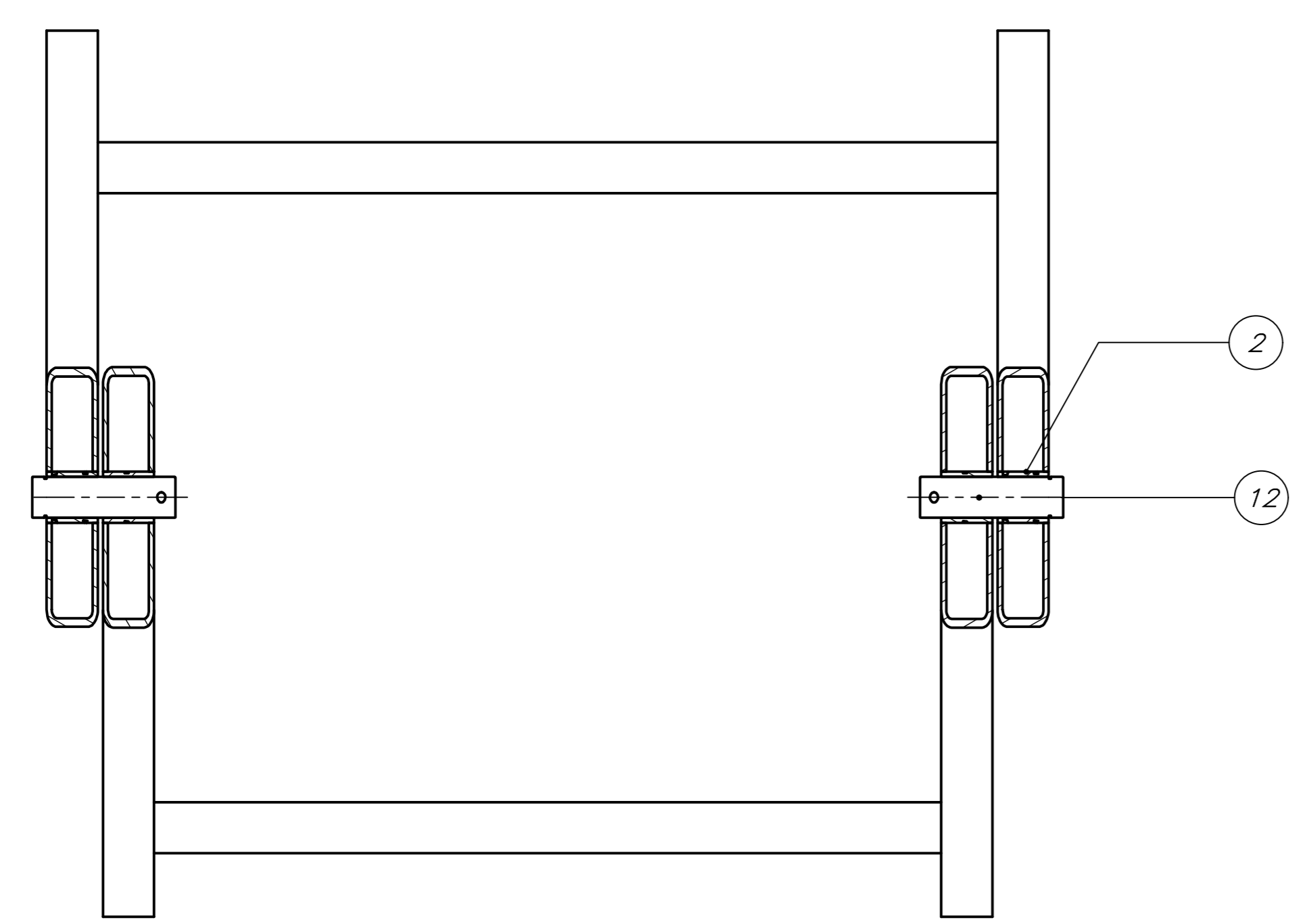
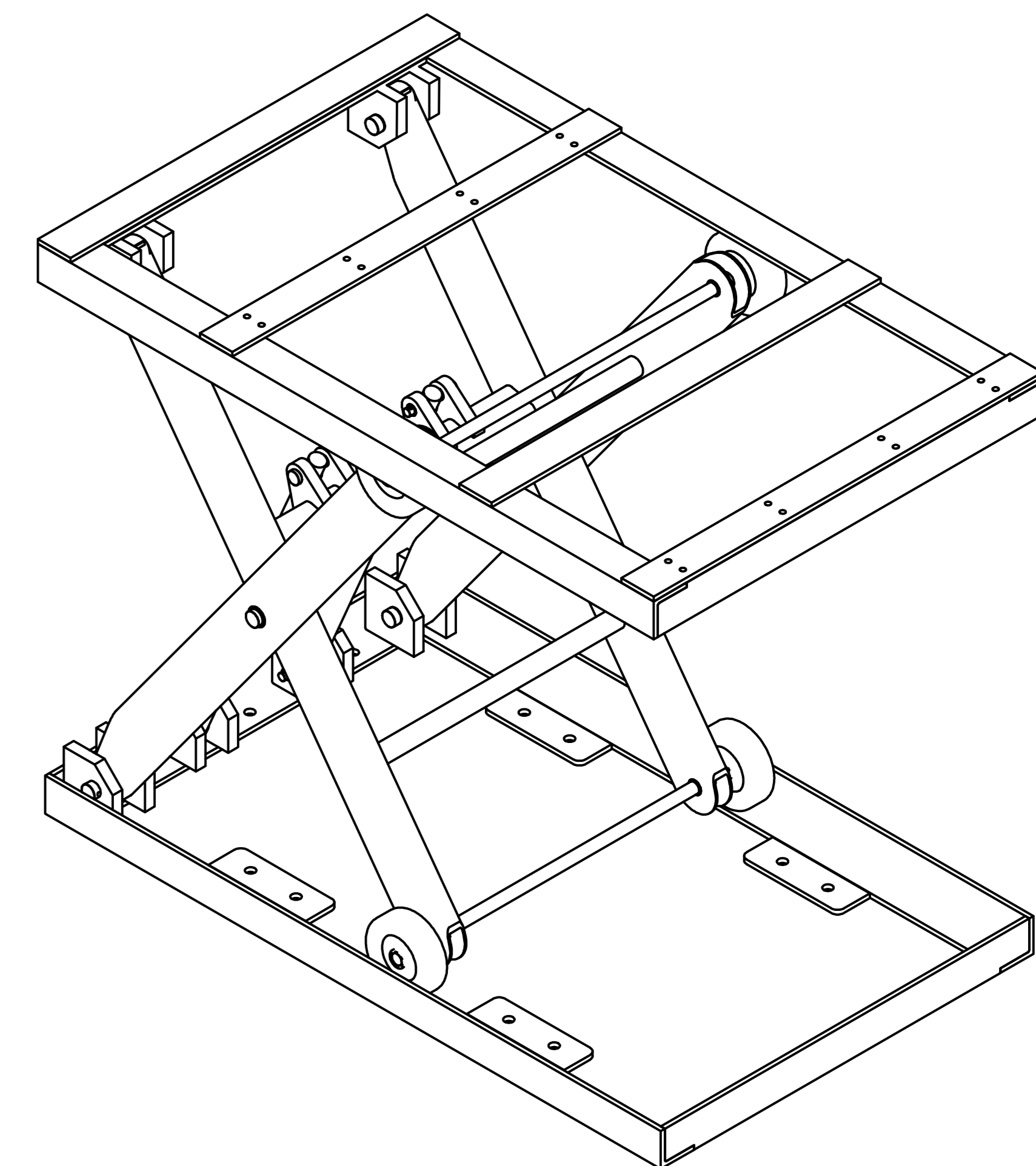
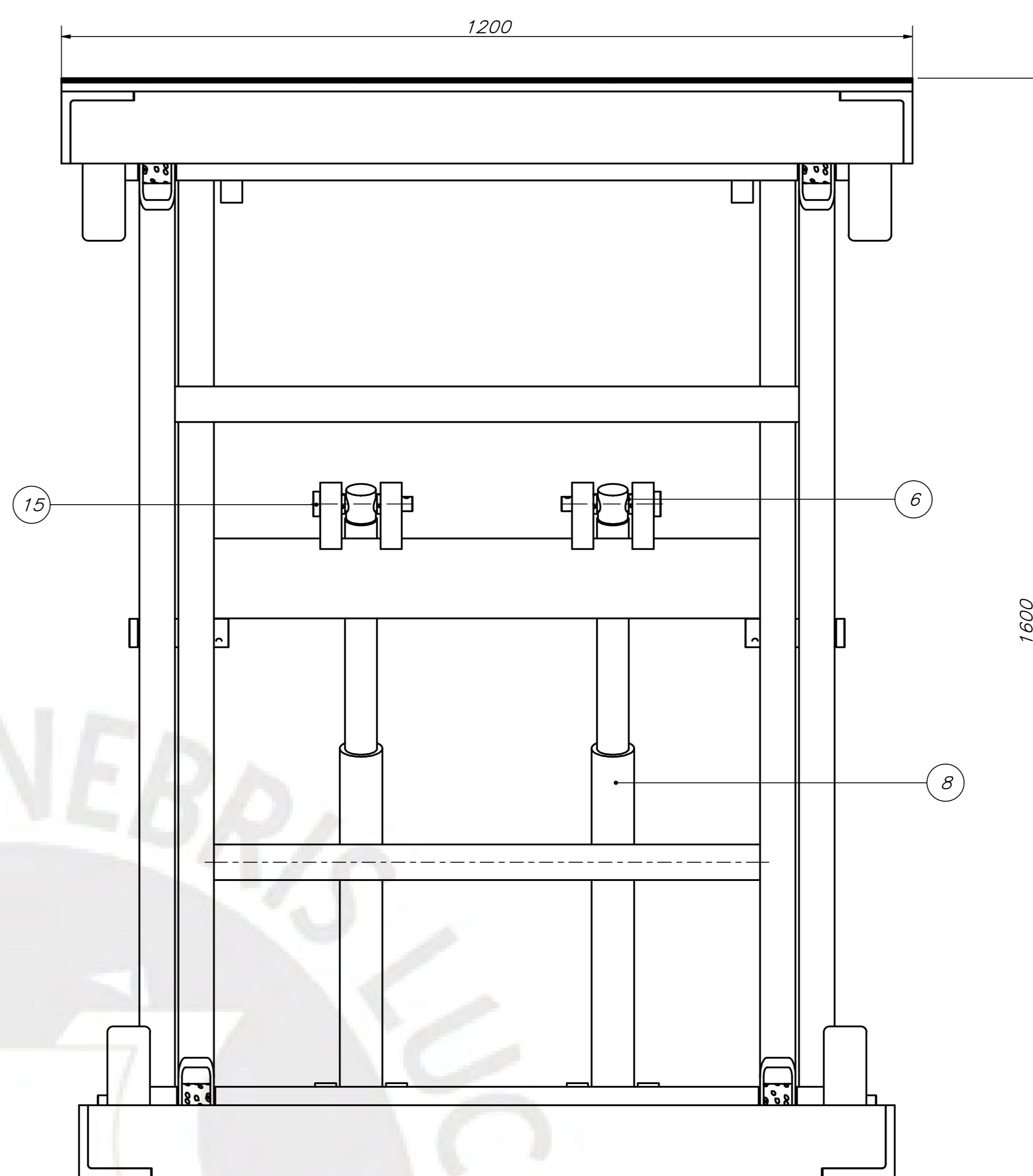
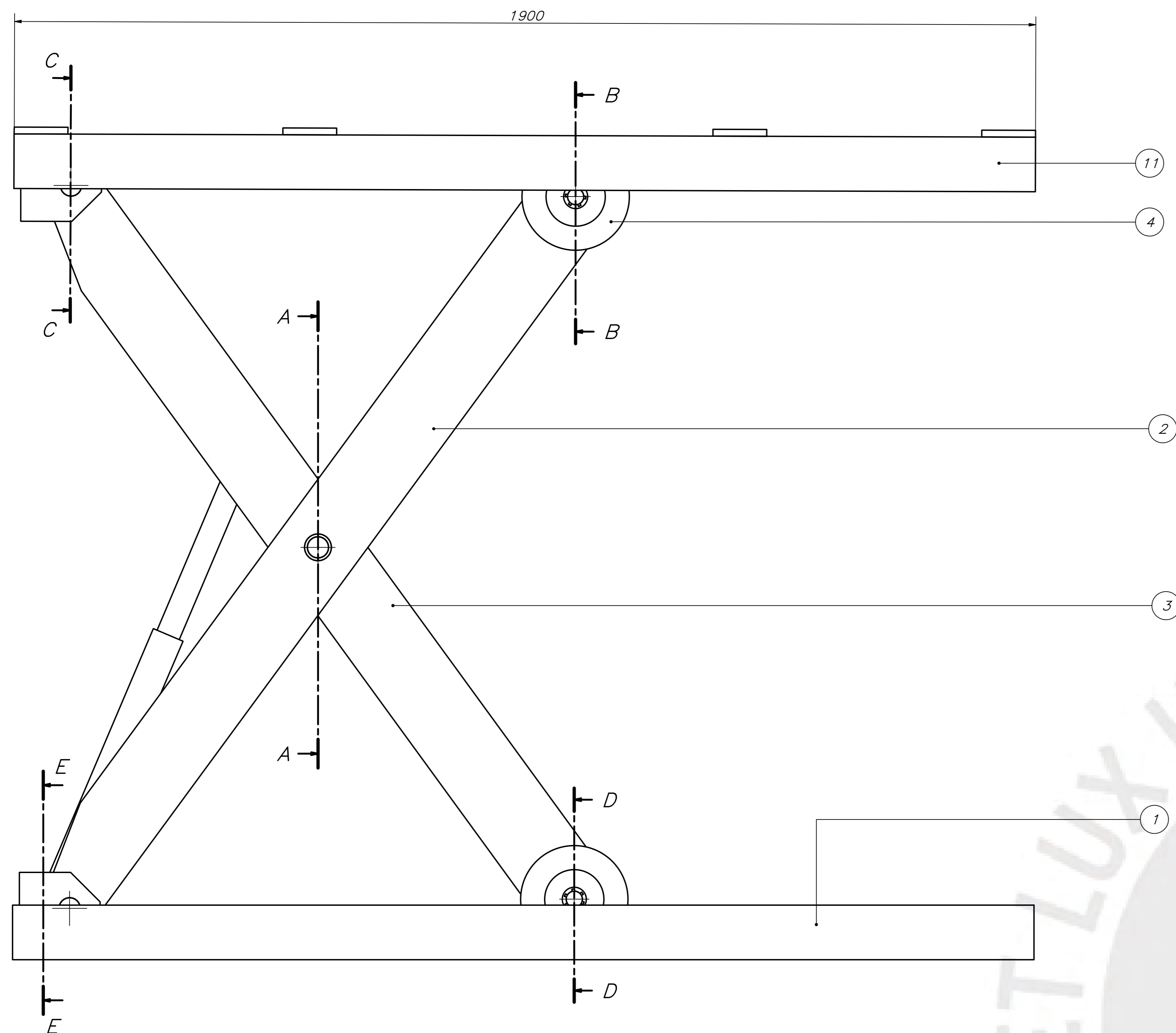
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA
 METODO DE PROYECCIÓN: PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO ESCALA: 1:5
SISTEMA DE ELEVACIÓN Y TRASLADO
 FECHA: 2024.10.18
 20171581 MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIAN PLANO: PE1-A0



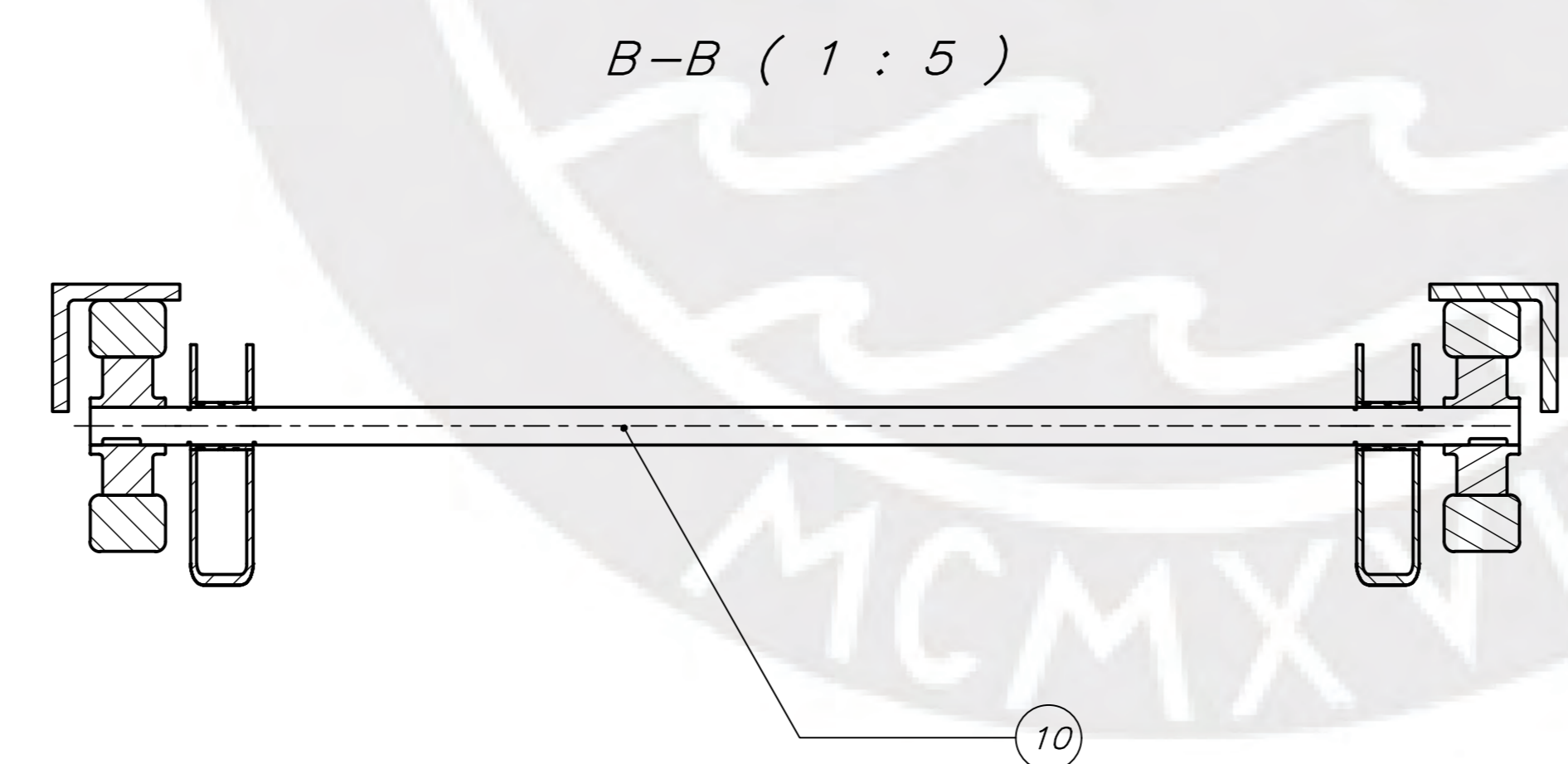
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
22	24	Tuerca hexagonal M14	DIN 985	Inox. 316	
21	8	Perno M14x80	ISO 4017	8.8	
20	8	Perno M14x70	ISO 4017	8.8	
19	8	Perno M14x60	ISO 4017	8.8	
18	24	Arandela de presión M14	ASME	Inox. 304	
17	20	Tuerca hexagonal M8	DIN 985	Inox. 316	
16	20	Arandela M8x16	DIN 125-1A	Acero inox.	
15	20	Perno M8x30	ISO 4017	8.8	
14	8	Tuerca hexagonal M5	DIN 985	Inox. 316	
13	8	Perno M5x40	ISO 4017	ACERO INOX.	
12	1	Sensor fin de carrera frontal		VARIOS	MOUJEN
11	1	Soporte sensor fin de carrera 1		PLA	IMPRESIÓN 3D
10	2	Plancha base - baranda	ASTM	Acero A36	
9	2	Tope del sensor fin de carrera 2	ASTM	Acero A36	
8	8	Esquinero para soporte-barandas	ASTM	Acero A36	
7	2	Sensor fin de carrera posterior		VARIOS	MOUJEN
6	2	Soporte sensor fin de carrera 2	ASTM	Acero A36	
5	4	Placa de sujeción-mec. telescópico	ASTM	Acero A36	
4	1	Plancha rampa	ASTM	Acero A36	
3	1	Mecanismo telescópico		VARIOS	LHD S.p.A
2	4	Placa de sujeción-rampa	ASTM	Acero A36	
1	1	Plancha base	ASTM	Acero A36	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

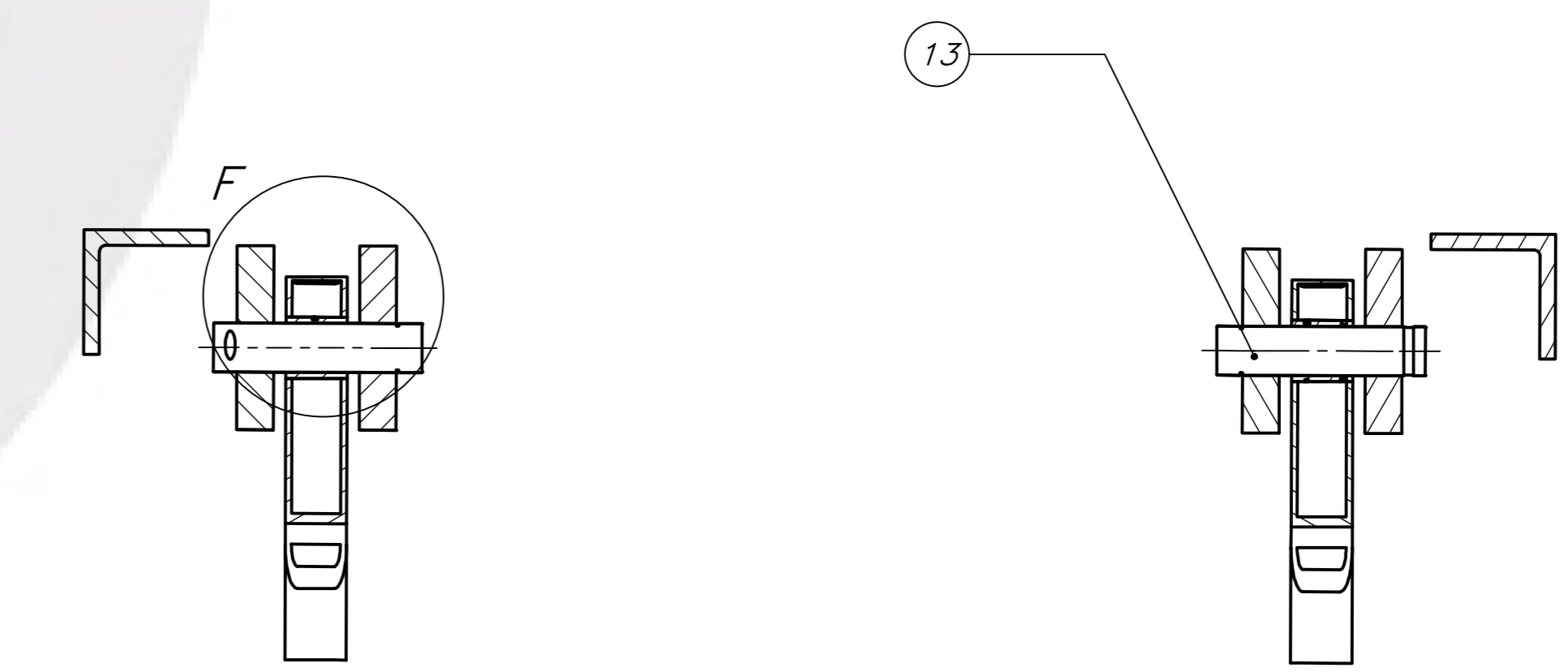
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO	ESCALA
	SUBSISEMA DE TRASLACIÓN	1:5
20171581	MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIAN	FECHA: 2022.11.15
		PLANO: PE2-A1



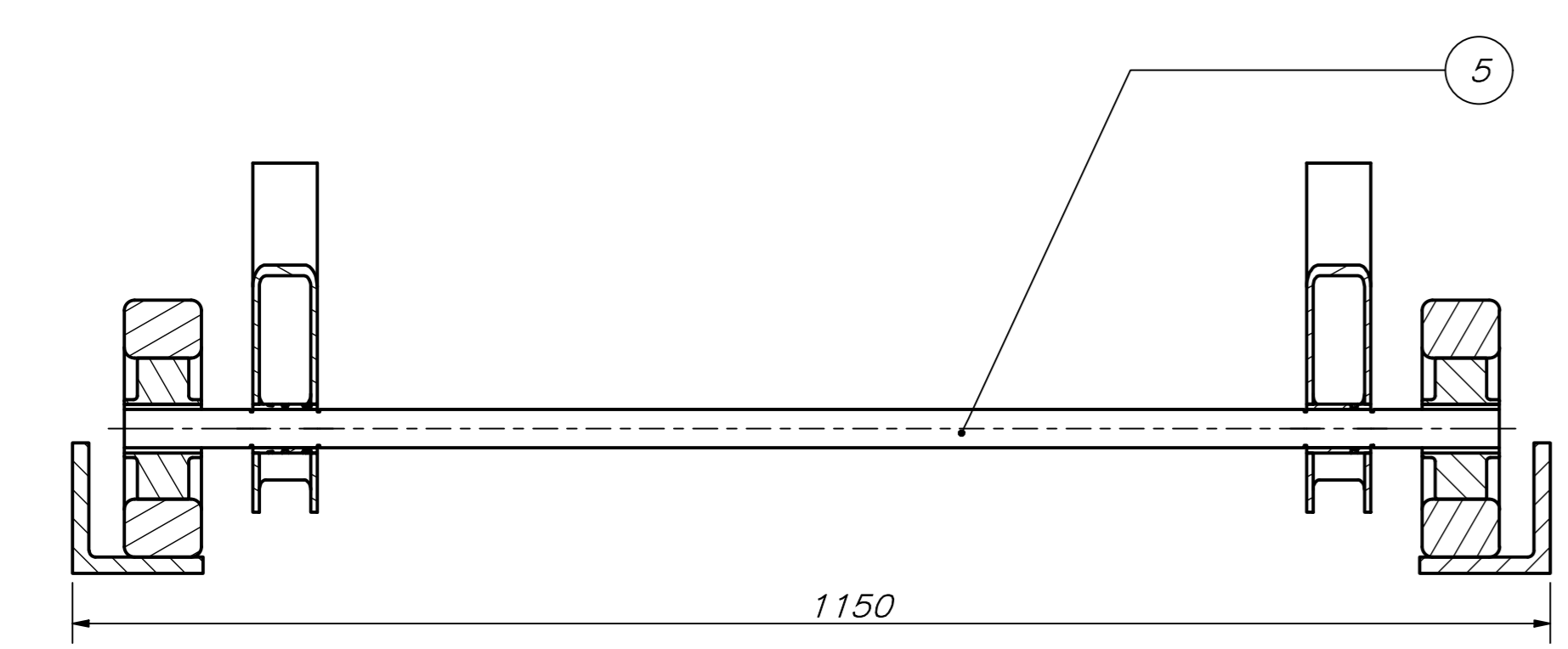
A-A (1 : 5)



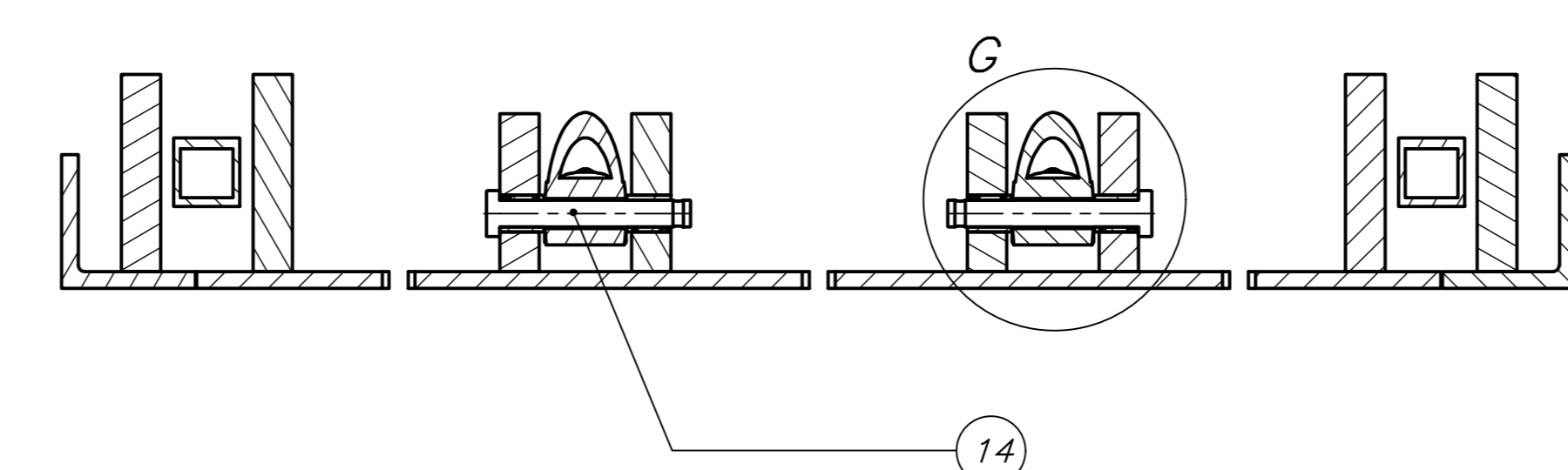
B-B (1 : 5)



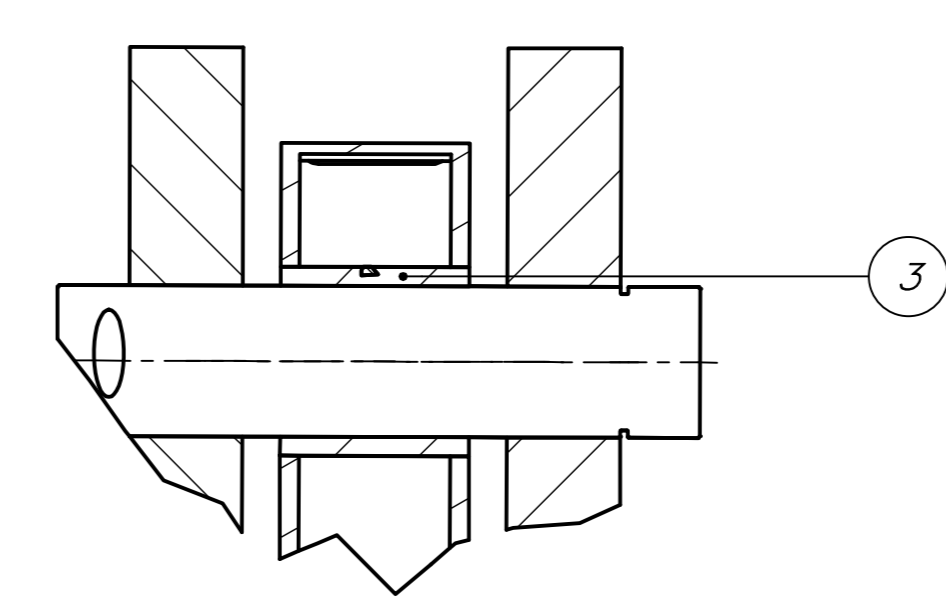
C-C (1 : 5)



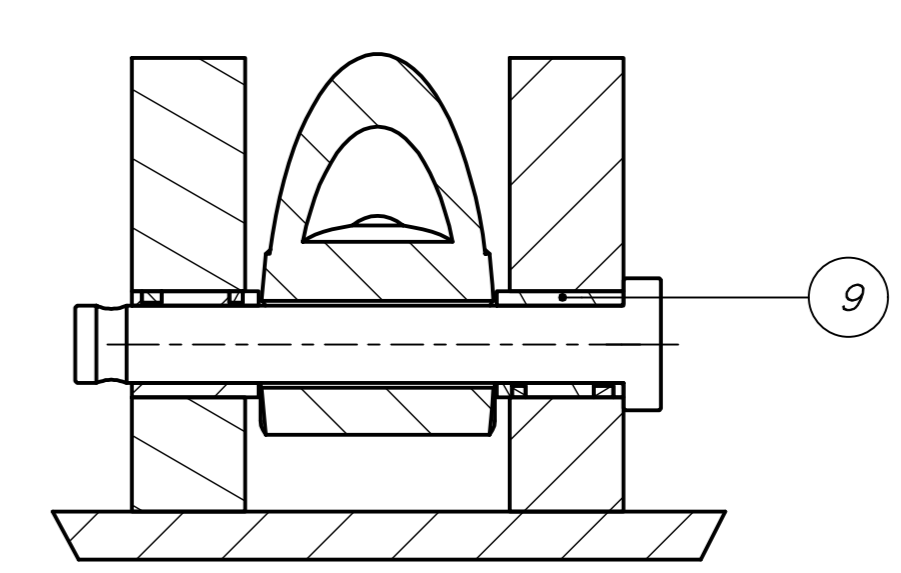
D-D (1 : 5)



E-E (1 : 5)



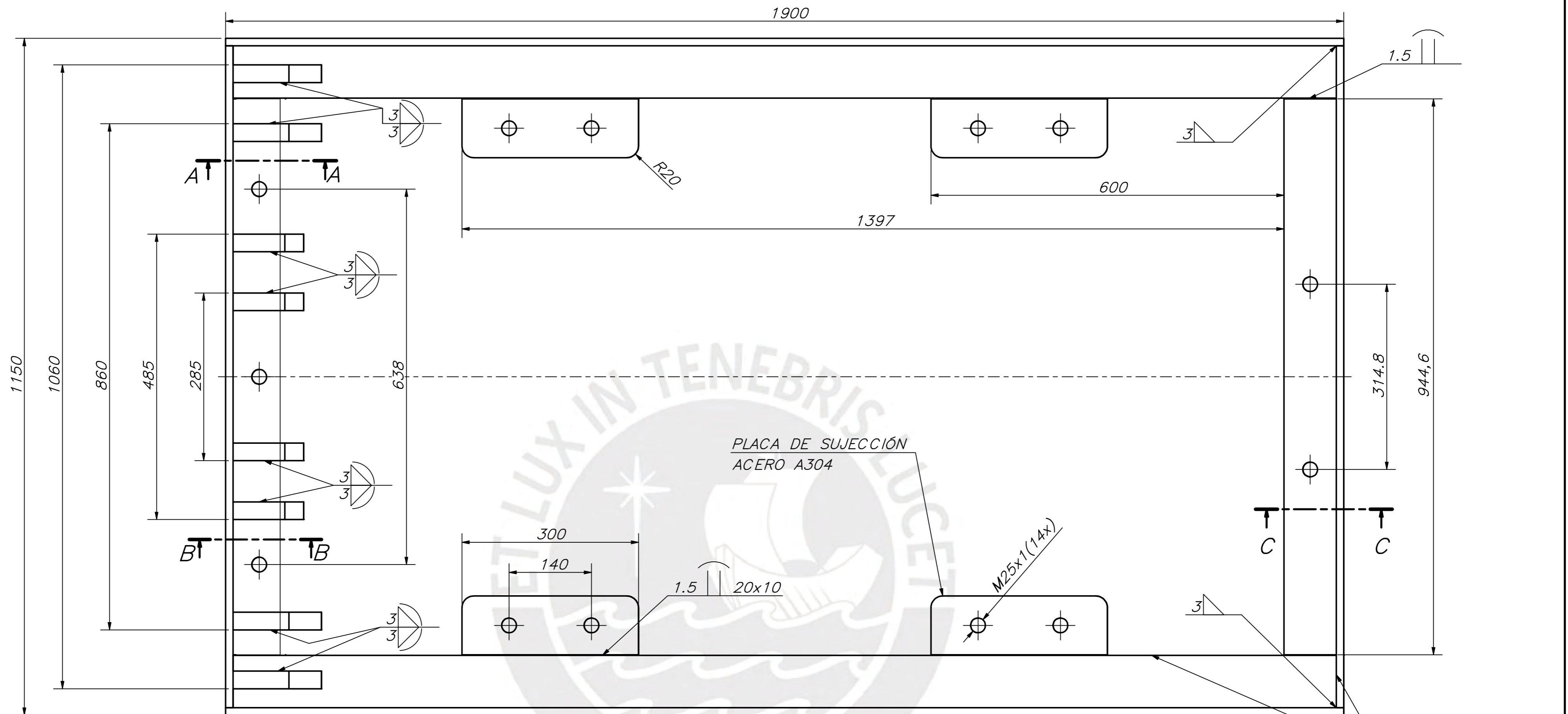
F (1 : 2)



G (1 : 2)

PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
15	2	Pasador soporte cilindro superior	ANSI 1020	Acero-carb.	
14	2	Pasador soporte de cilindro inferior	ANSI 1020	Acero-carb.	
13	4	Pasador del brazo	ANSI 1020	Acero-carb.	
12	2	Pasador intermedio del brazo	ANSI 1020	Acero-carb.	
11	1	Plataforma superior	Varios		Ver P06
10	1	Eje superior para ruedas	ASTM	Acero estr.	A36
9	4	Bacina del cilindro inferior	VSB50	Bronce	Contiene grafito
8	2	Actuador hidráulico	Varios		Bostimec hydraulics
7	12	Bacina de brazos	VSB50	Bronce	Contiene grafito
6	4	Bacina del cilindro superior	VSB50	Bronce	Contiene grafito
5	1	Eje inferior para ruedas	ASTM	Acero estr.	A36
4	4	Rueda	Inox. 303	Hamilton	Caster
3	1	Estructura de elevación 2	ASTM	Acero estr.	A36
2	1	Estructura de elevación 1	ASTM	Acero estr.	A36
1	1	Plataforma inferior	Varios		Ver P01

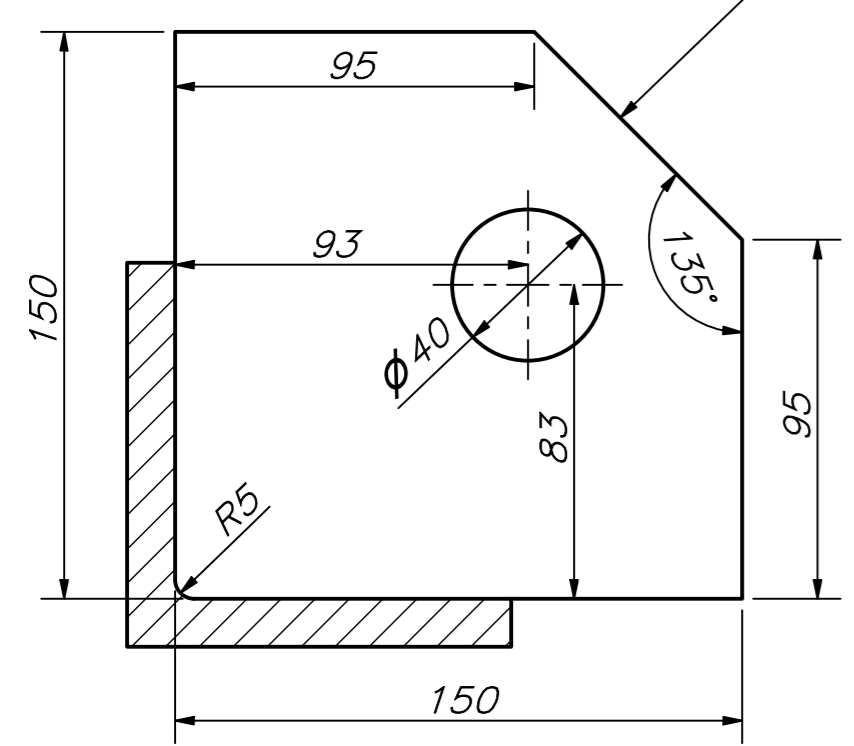
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA
 METODO DE PROYECCIÓN: PLATAFORMA DE ELEVACION CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO ESCALA: 1:10
SUBSISTEMA DE ELEVACIÓN
 FECHA: 2022.11.15
 20171581 MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIÁN PLANO: PE3-AD



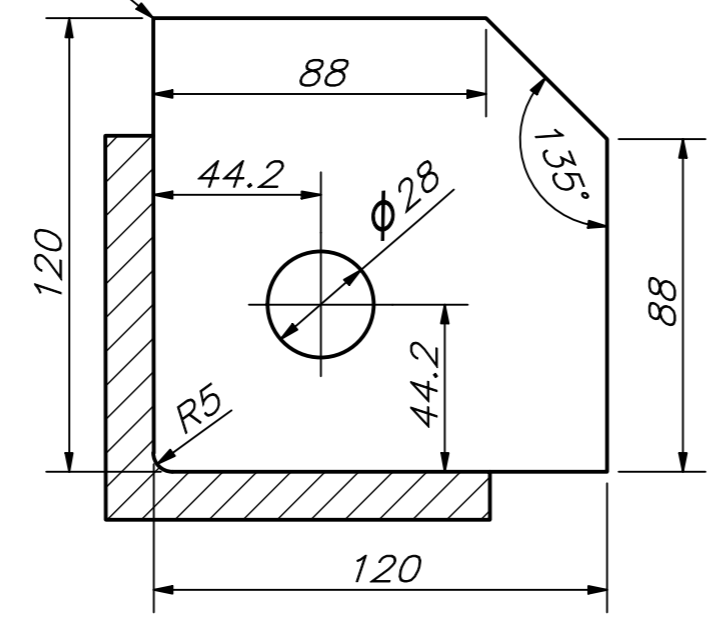
PLACA DE SUJECCIÓN
ACERO A304

ÁNGULOS 4"x4"x3/8"
ACERO A304

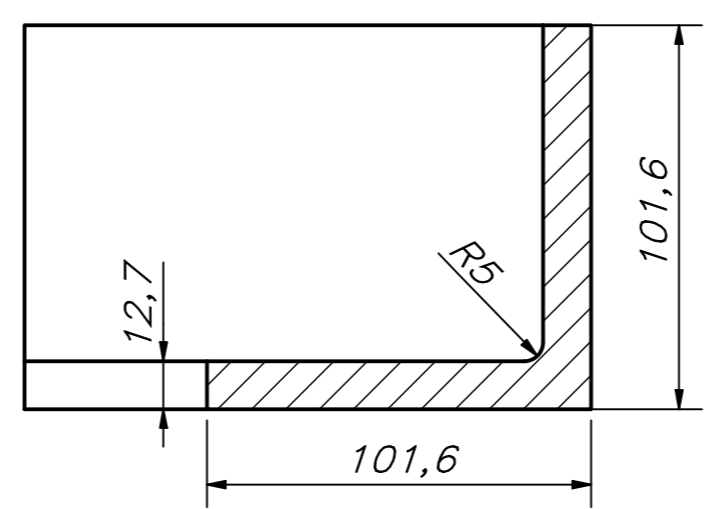
APOYO FIJO
ESPESOR 30MM
ACERO A36



A-A (1 : 2)

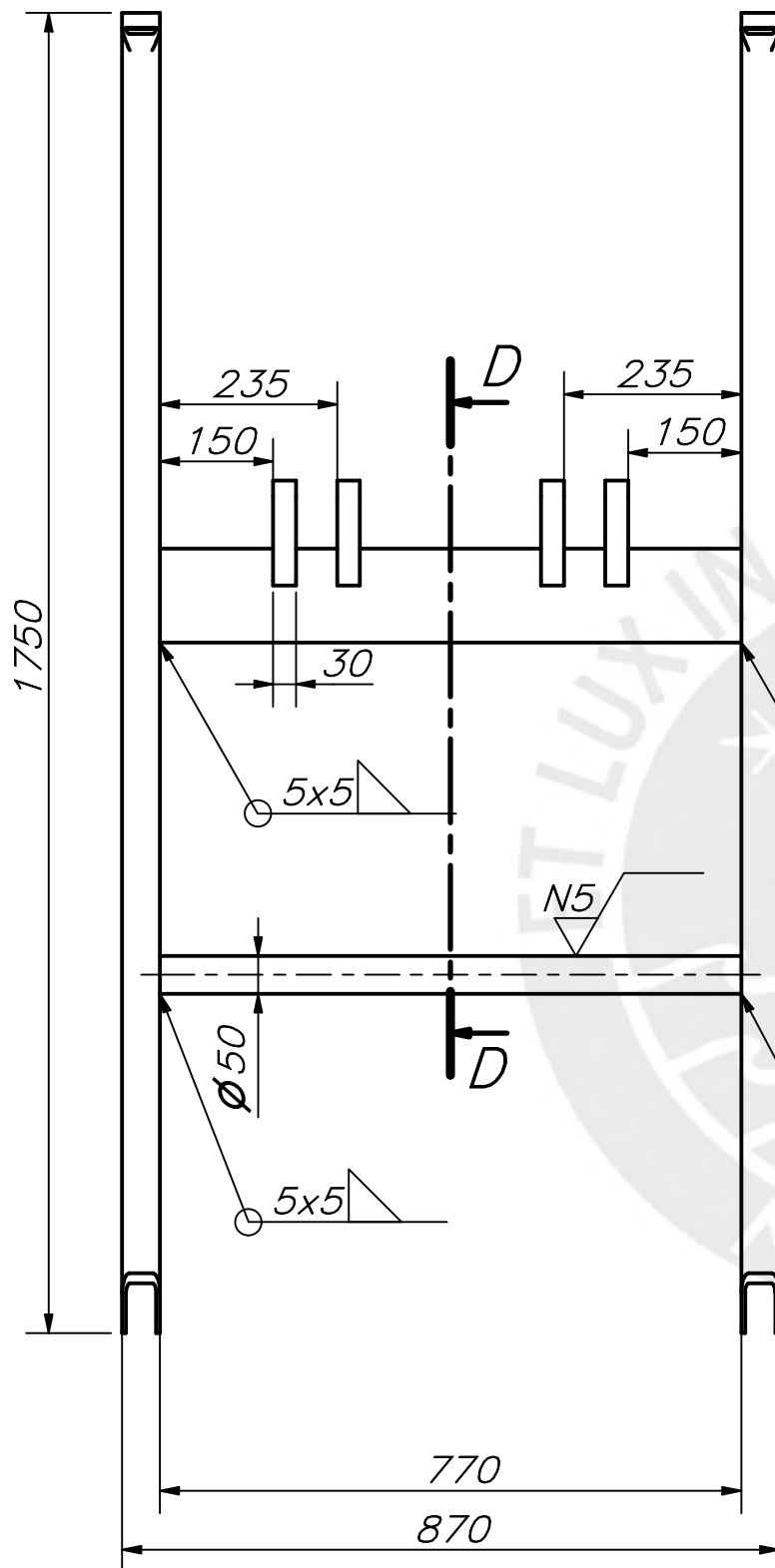
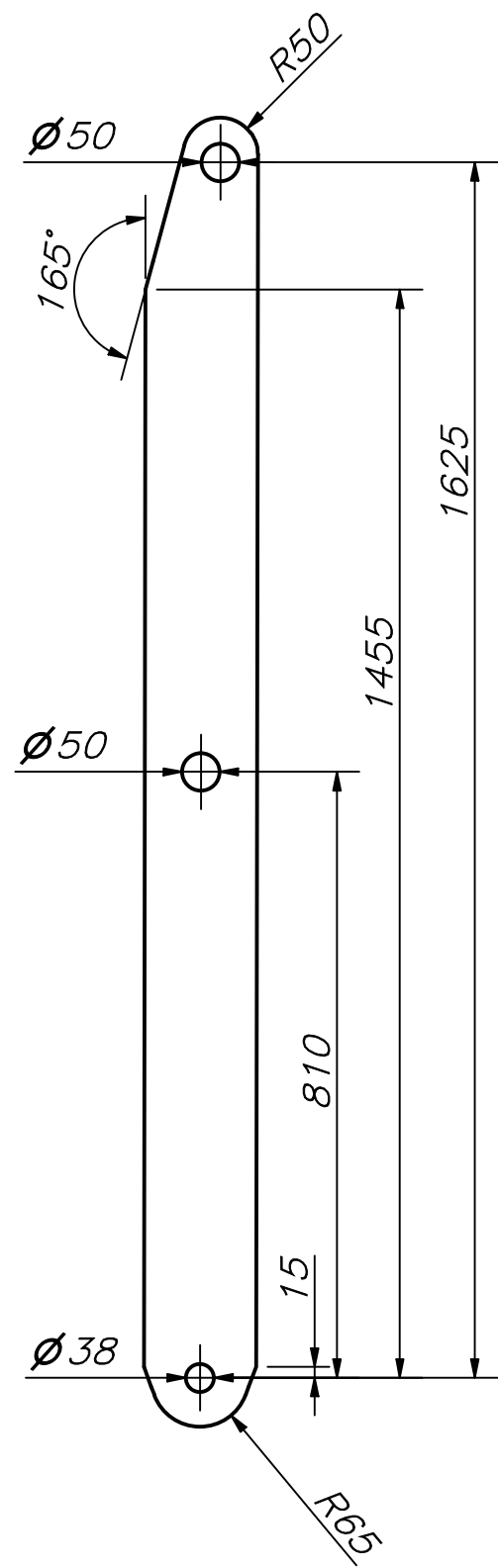


B-B (1 : 2)

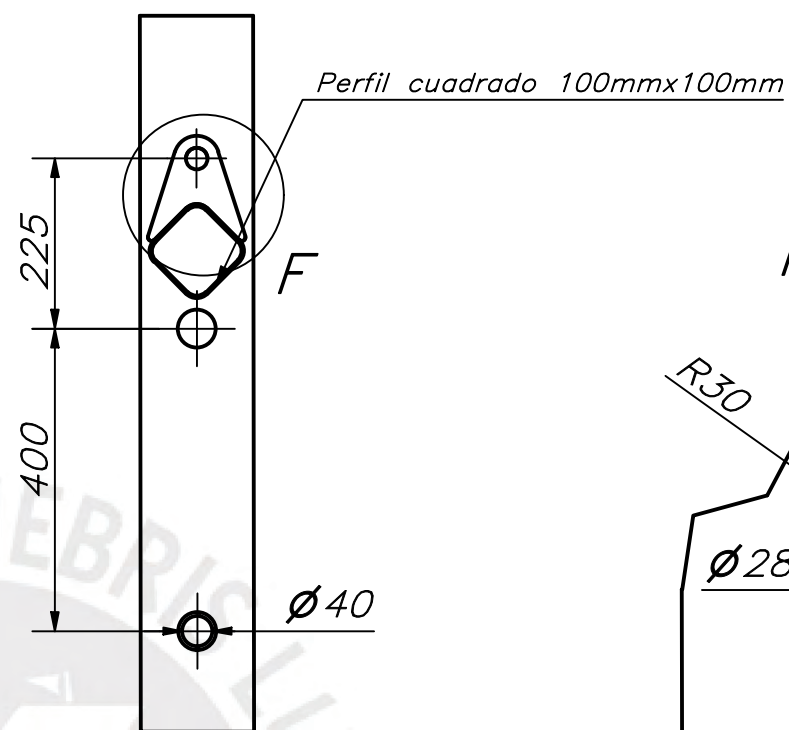


C-C (1 : 2)

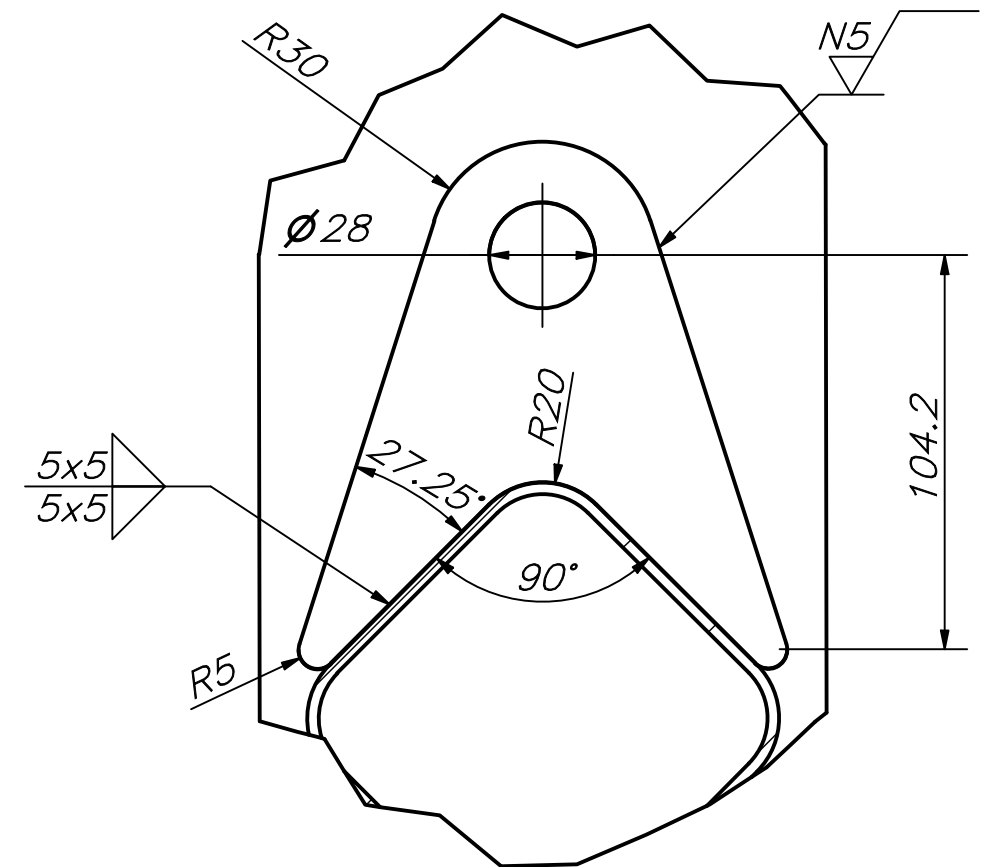
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL ±1.2	MATERIAL INDICADO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO	ESCALA 1:5
20171581	MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIAN	FECHA: 2022.11.15 PLANO: PD1-A2



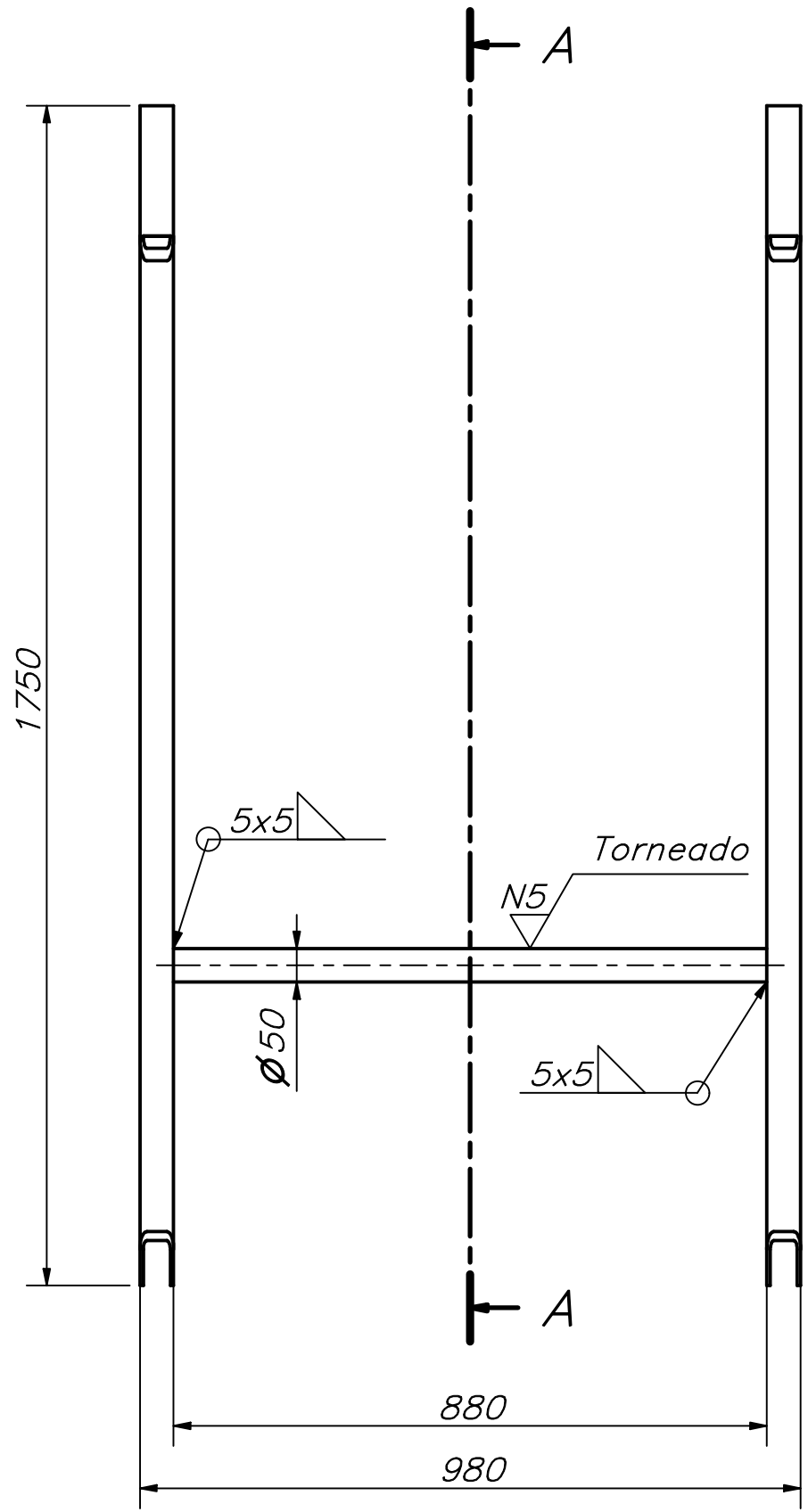
D-D (1 : 10)



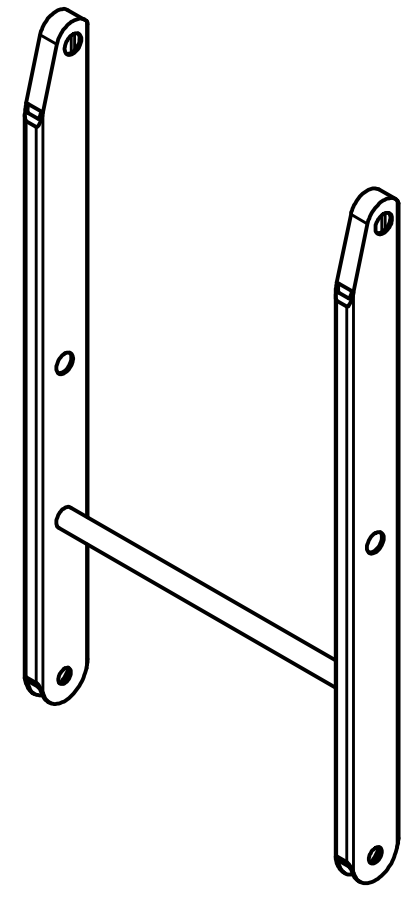
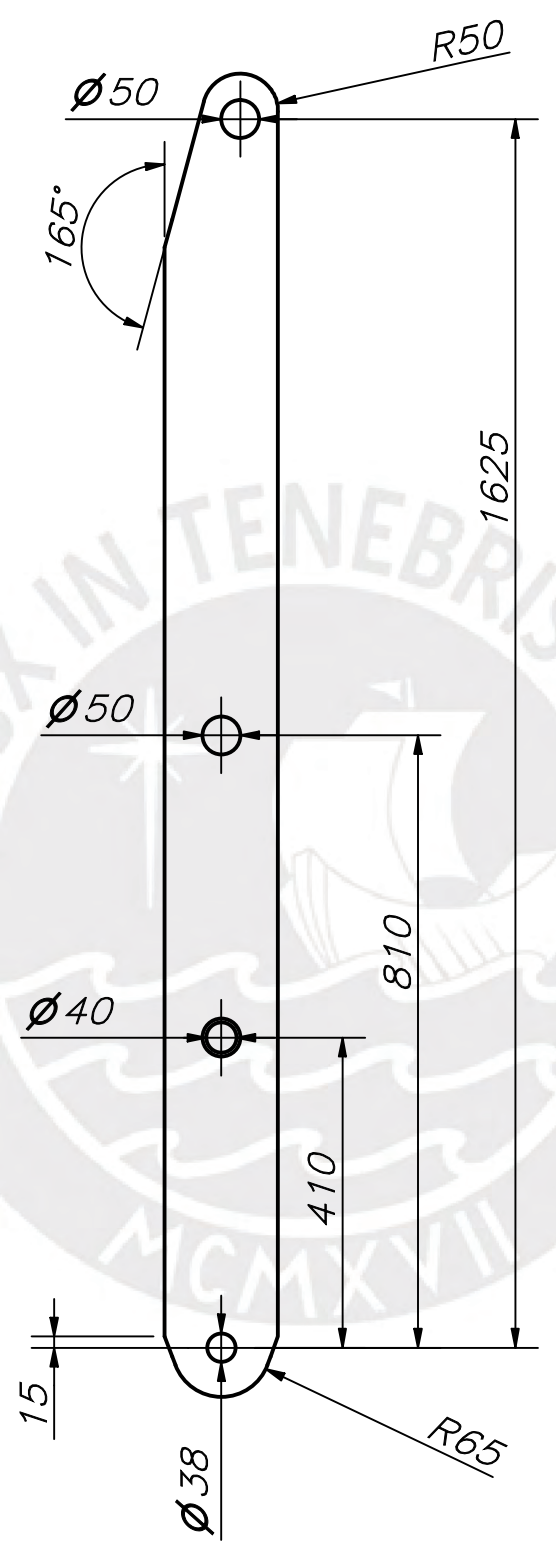
F (1 : 2)



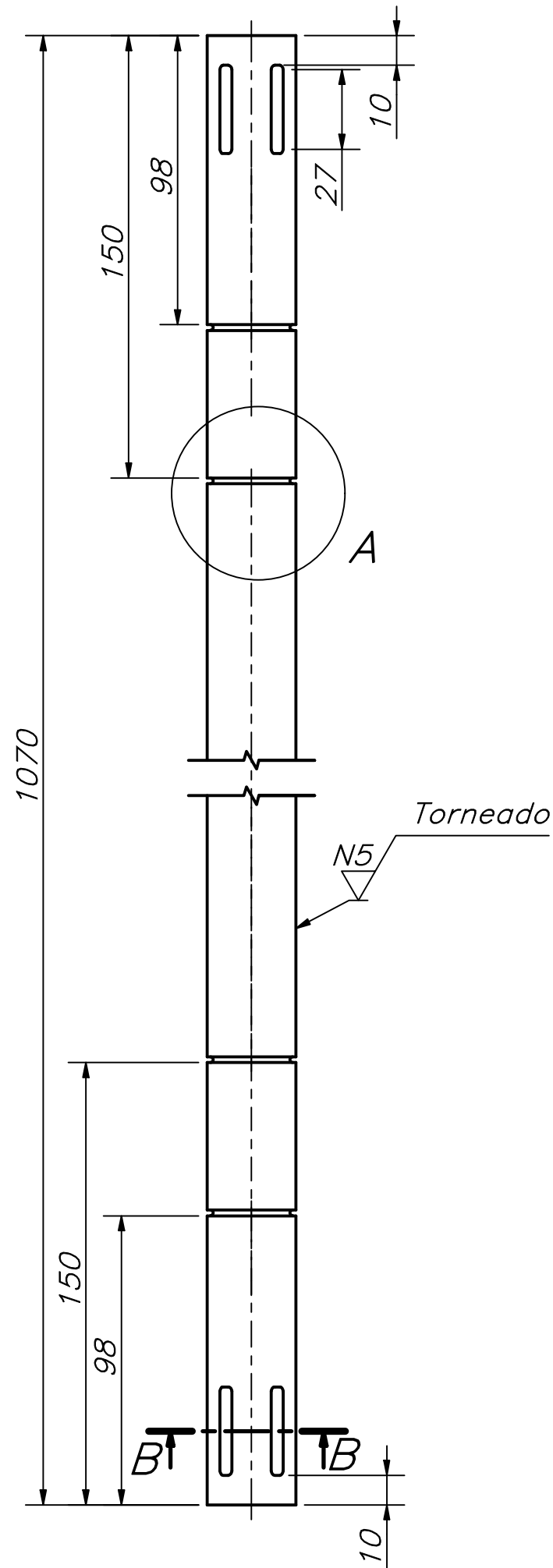
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
	±0.5	ACERO A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO	ESCALA
	ESTRUCTURA DE ELEVACIÓN 1	1:5
		FECHA: 2022.11.15
20171581	MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIAN	PLANO: PD2-A3



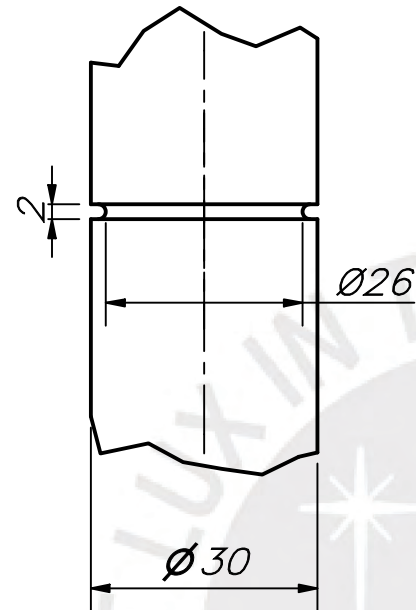
A-A (1 : 10)



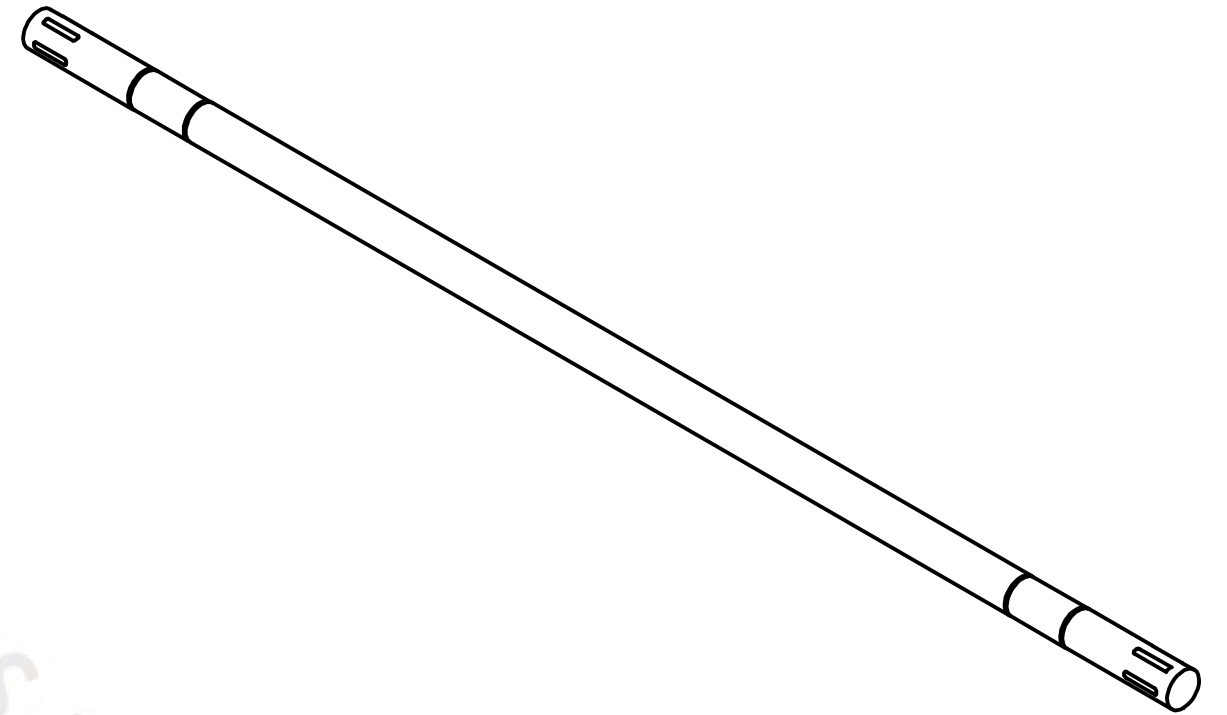
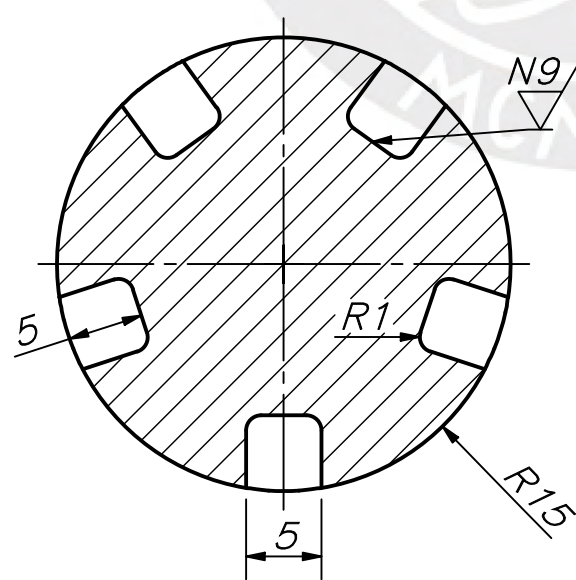
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL ±0.5	MATERIAL ACERO A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO	ESCALA 1:10
	ESTRUCTURA DE ELEVACIÓN 2	FECHA: 2022.11.15
20171581		MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIAN
		PLANO: PD3-A3



A (1 : 1)

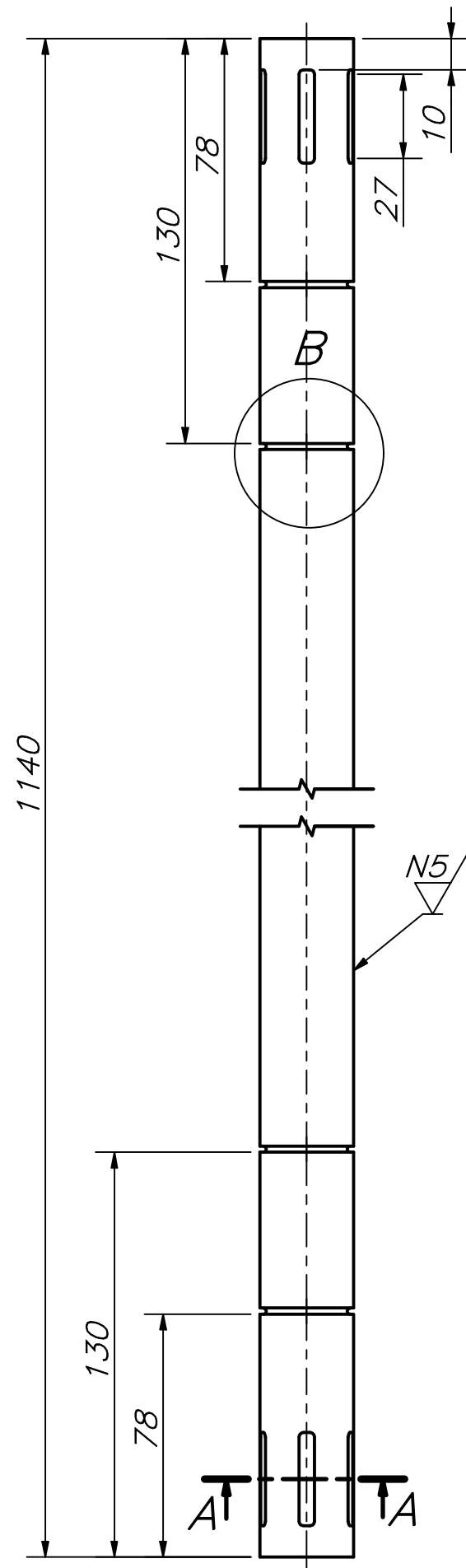


B-B (2 : 1)

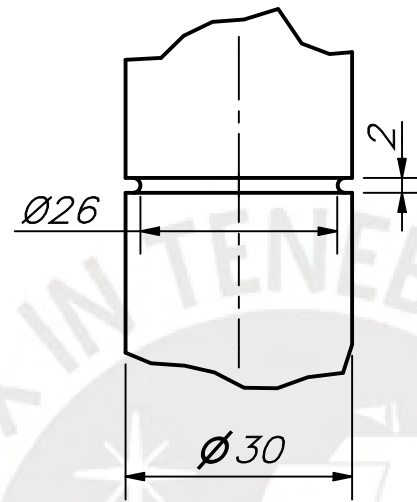


Redondeos no especificados 1.5

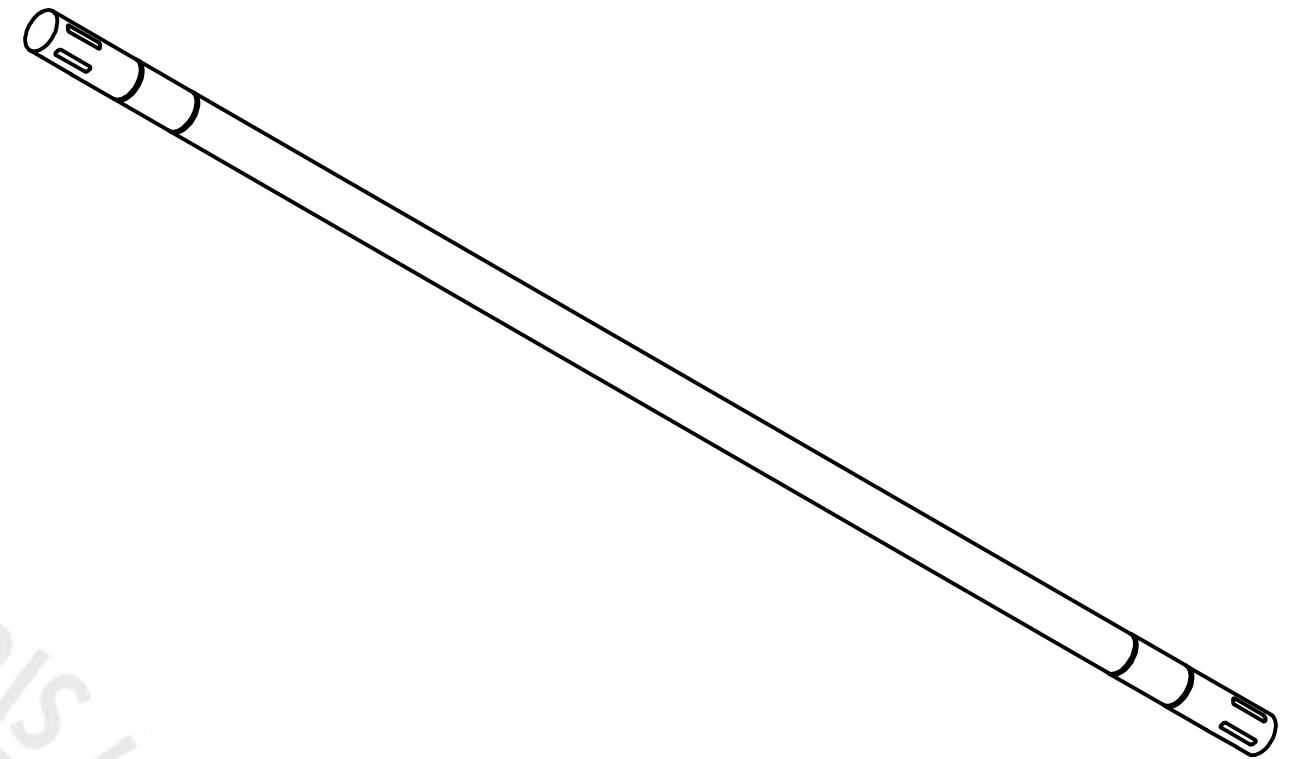
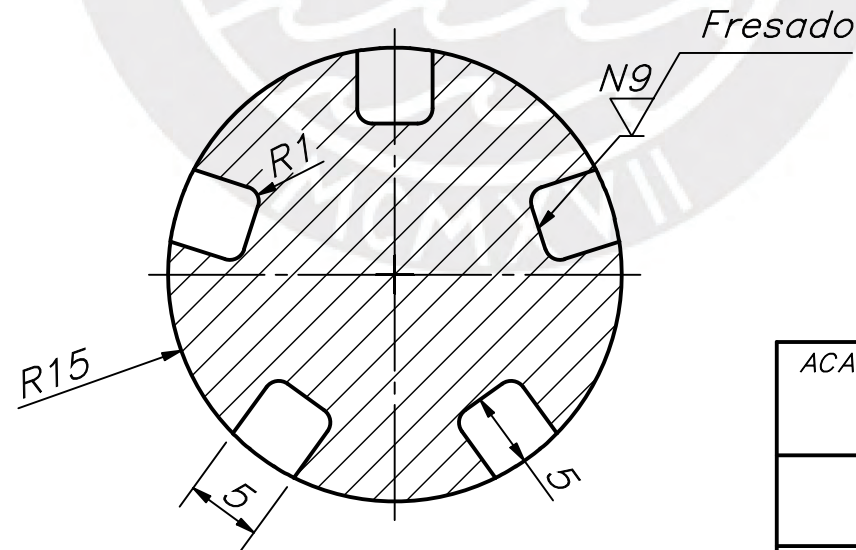
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL ± 0.5	MATERIAL ACERO A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO	ESCALA 1:2
	EJE INFERIOR PARA LLANTAS	FECHA: 2022.11.15
20171581	MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIAN	PLANO: PD4-A3



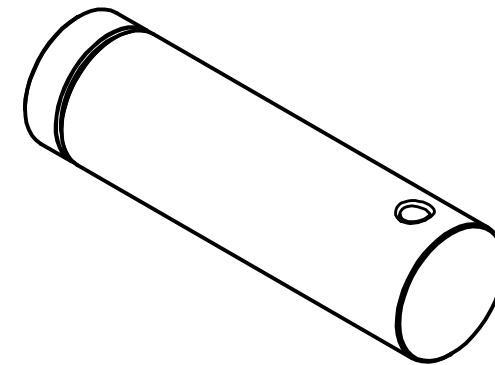
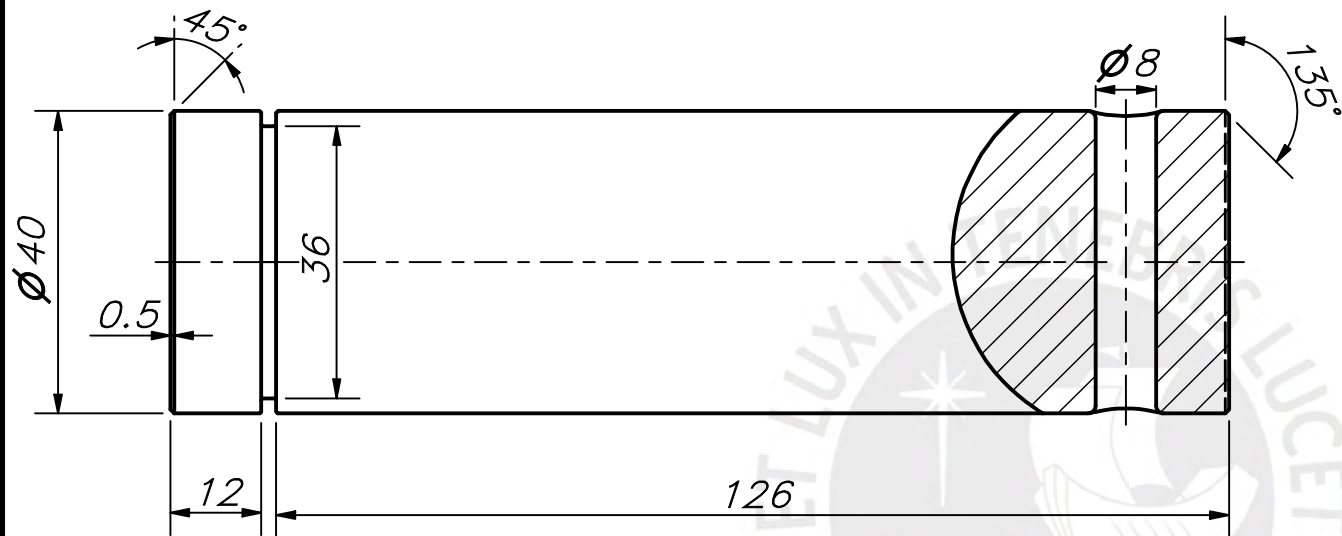
B (1 : 1)



A-A (2 : 1)

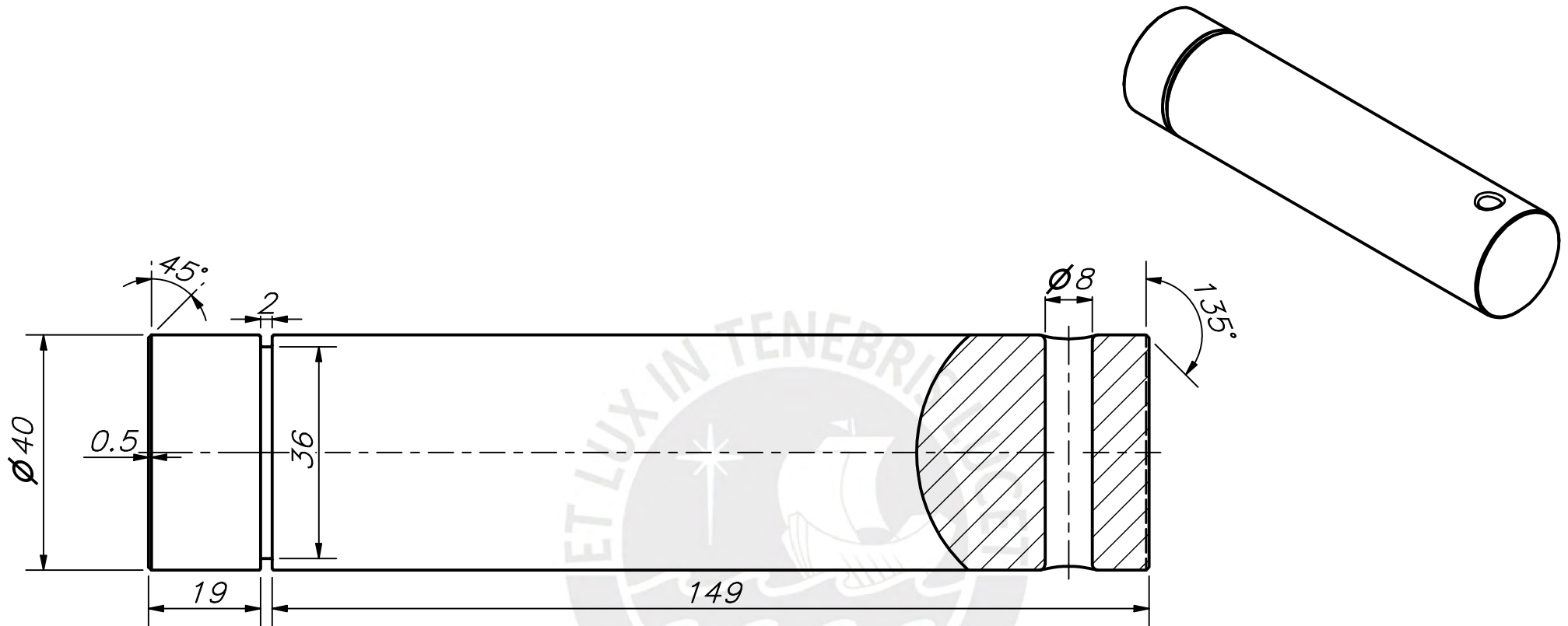


ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL ±0.5	MATERIAL ACERO A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO	ESCALA 1:2
	EJE SUPERIOR DE LAS LLANTAS	FECHA: 2022.11.15
20171581	MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIAN	PLANO: PD5-A3



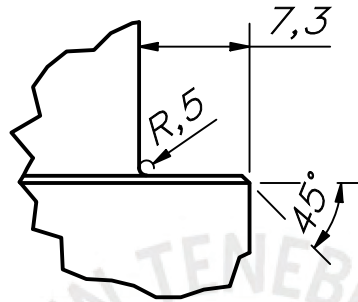
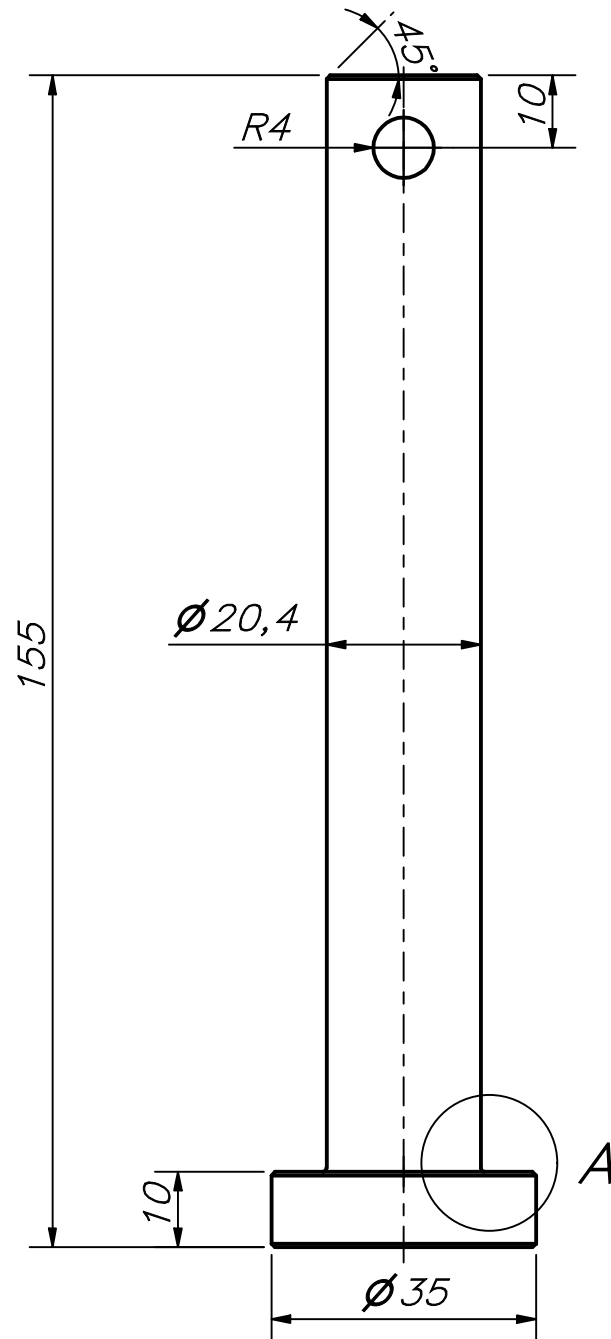
REDONDEOS NO INDICADOS: $r=25\text{mm}$

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL ± 0.5	MATERIAL ACERO SAE 1020
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO	ESCALA 1:1
	PASADOR INTERMEDIO DE BRAZO	FECHA: 2022.11.15
20171581	MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIAN	PLANO: PD7-A4

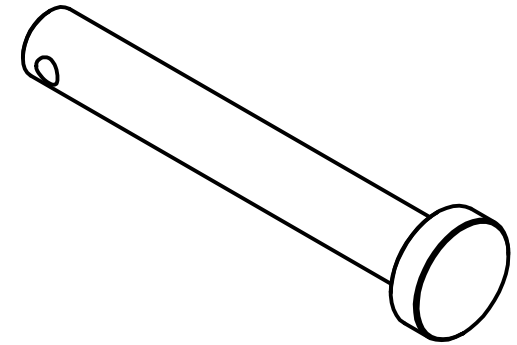


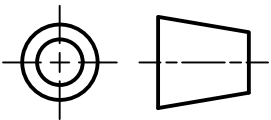
REDONDEOS NO INDICADOS: $r=25\text{mm}$

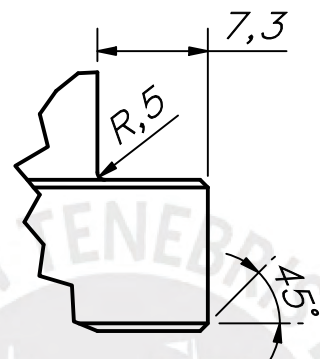
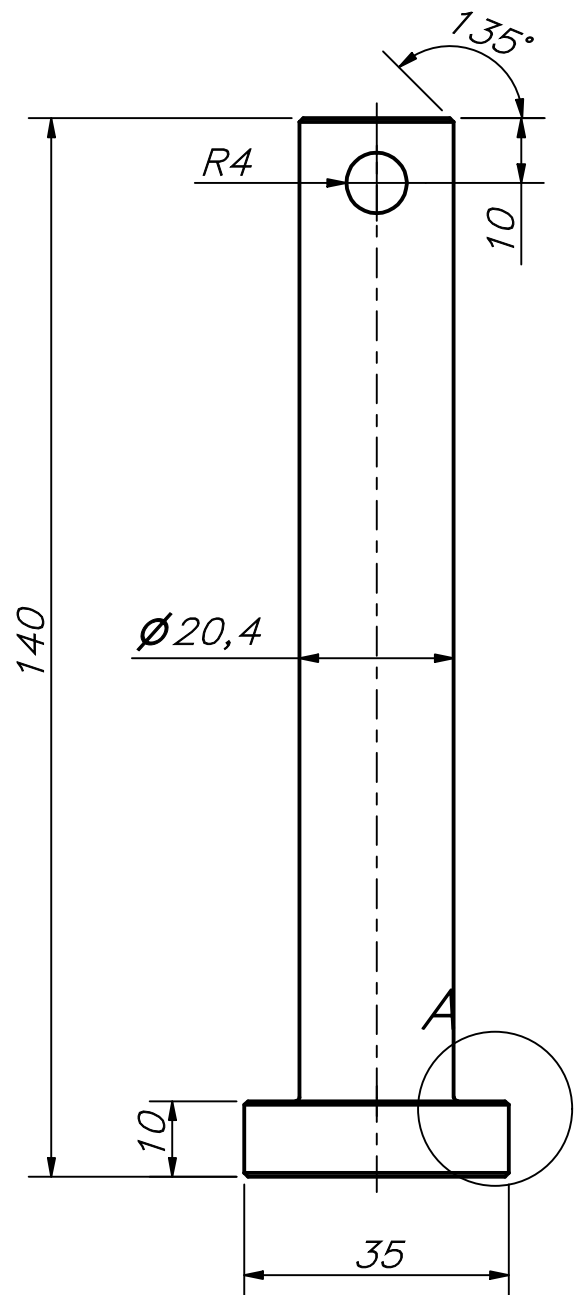
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL ± 0.5	MATERIAL ACERO SAE 1020
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO	ESCALA 1:1
	PASADOR DEL BRAZO	FECHA: 2022.11.1
20171581	MORALES BRAVO, JESÚS SEBBASTIAN	PLANO: PD8-A4



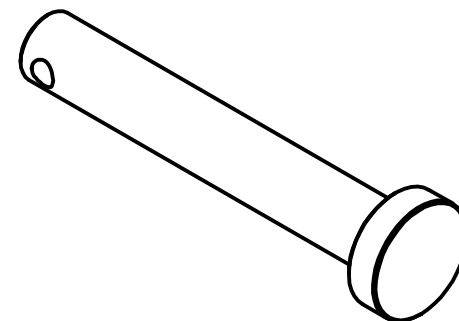
A (2 : 1)



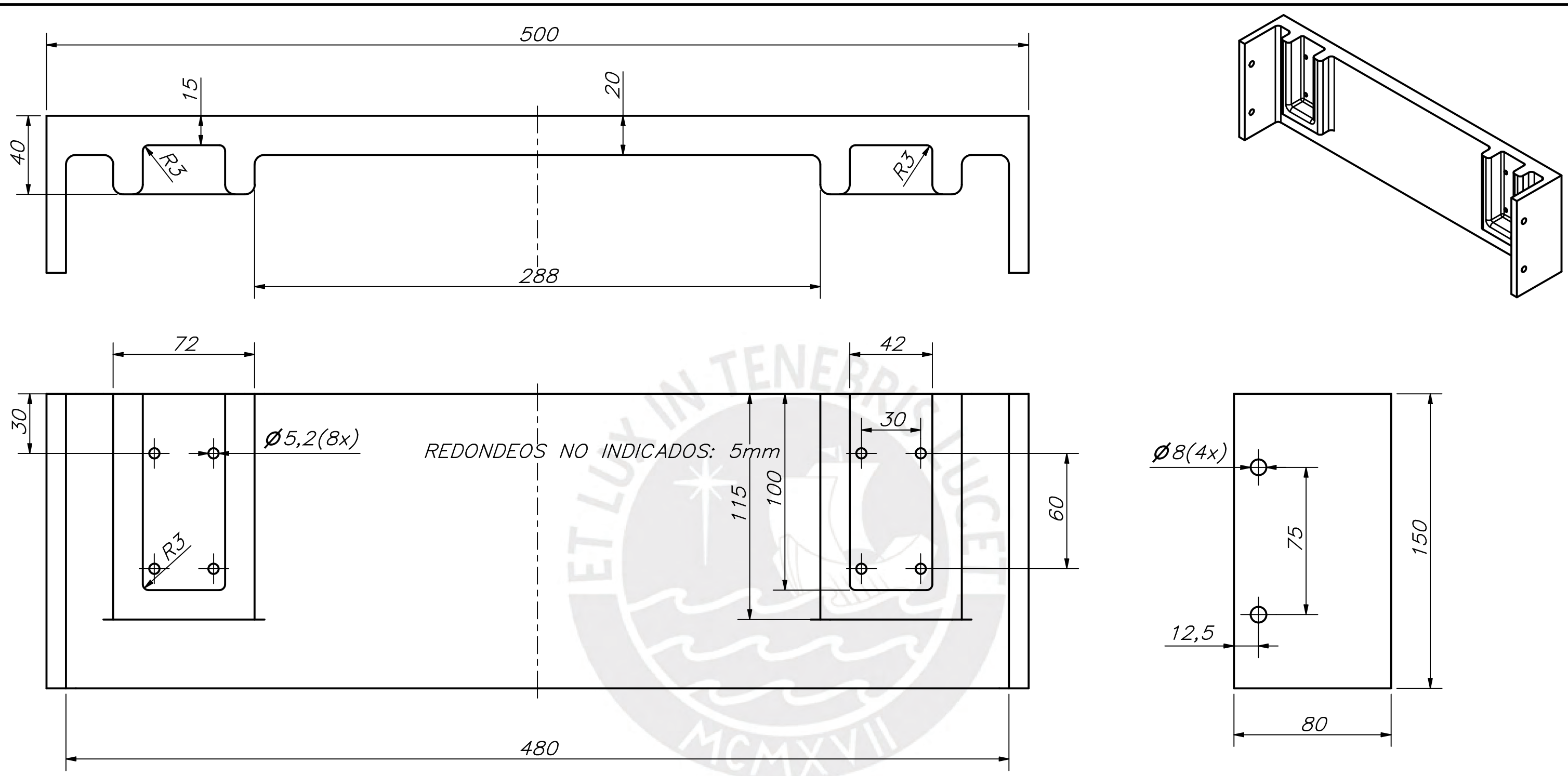
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL ± 0.5	MATERIAL ACERO SAE1020
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO	ESCALA 1:1
	PASADOR INFERIOR DEL CILINDRO	FECHA: 2022.11.15
20171581	MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIAN	PLANO: PD9-A4



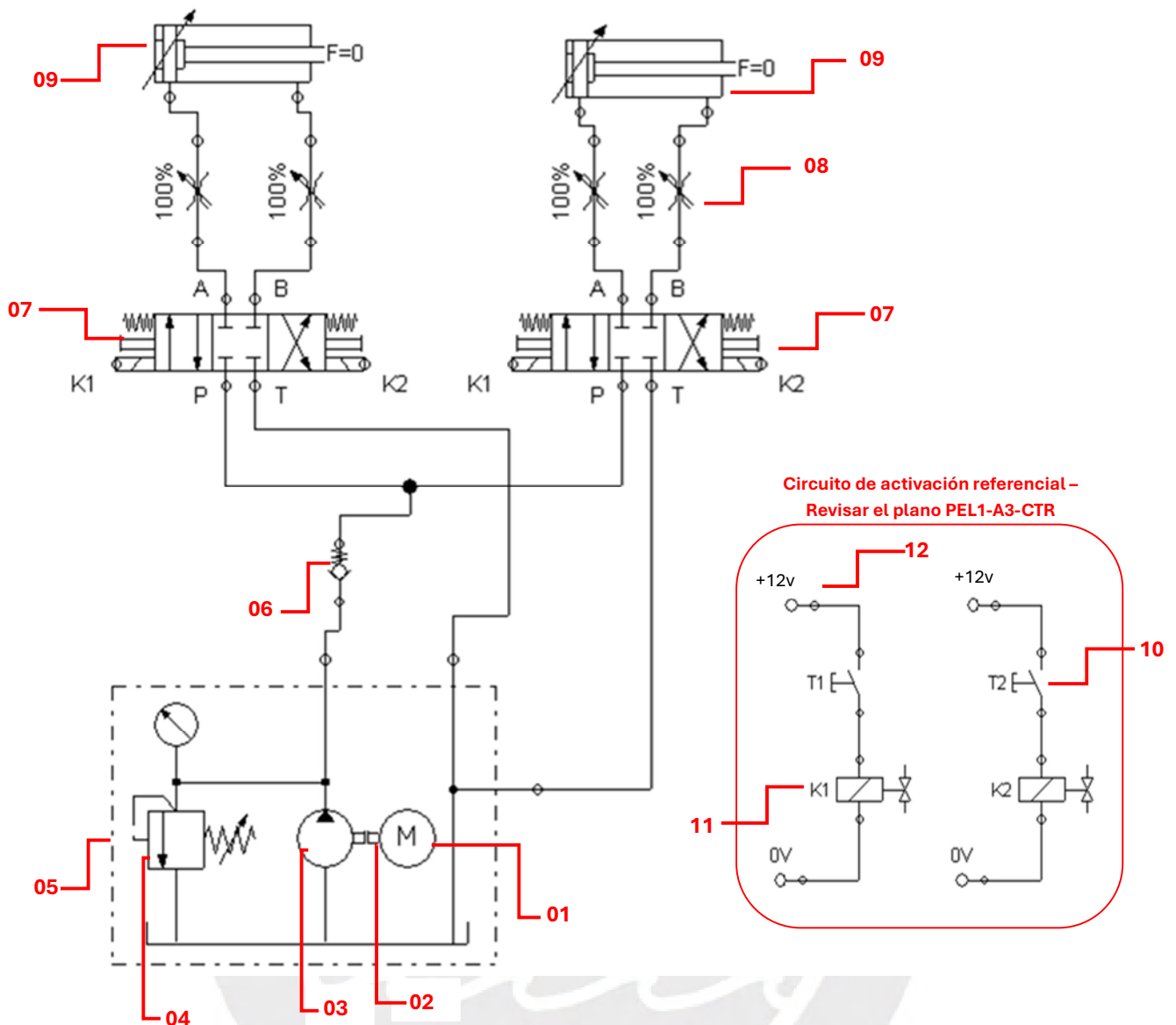
A (2 : 1)



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL ±0.5	MATERIAL ACERO SAE 1020
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO	ESCALA 1:1
	PASADOR SUPERIOR DEL CILINDRO	FECHA: 2022.11.15
20171581	MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIAN	PLANO: PD10-A4



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL ±0.1	MATERIAL PLA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLATAFORMA DE ELEVACIÓN CON RAMPA AUTOMÁTICA COMO ACCESO AL TRANSPORTE PÚBLICO	ESCALA 1:2
	SOPORTE SENSOR FIN DE CARRERA FRONTAL	FECHA: 2022.11.15
20171581	MORALES BRAVO, JESÚS SEBASTIAN	PLANO: PD11-A3



01	Motor DC	Baldor electric	Link
02	Acople flexible	Sfk	Link
03	Bomba hidráulica	Casappa	Link
04	Limitador de presión	coax	Link
05	Tanque hidráulico	Sumifluid	Link
06	Válvula check	Rexroth	Link
07	Válvula direccional	Rexroth	Link
08	Válvula control de velocidad	Rexroth	Link
09	Cilindro hidráulico	Agirossi	Link
10	Pulsador	Switch Component	Link
11	Relé	Fotek	Link
12	Alimentación	Vistronica	Link
ITEM	DESCRIPCION	MARCA/PROVEDOR	ENLACE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

PLATAFORMA DE ELEVACION Y RAMPA AUTOMÁTICA COMO MEDIO DE ACCESO PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA AL TRANSPORTE PÚBLICO

ESCALA:
S/E

FECHA:
14-10-2024

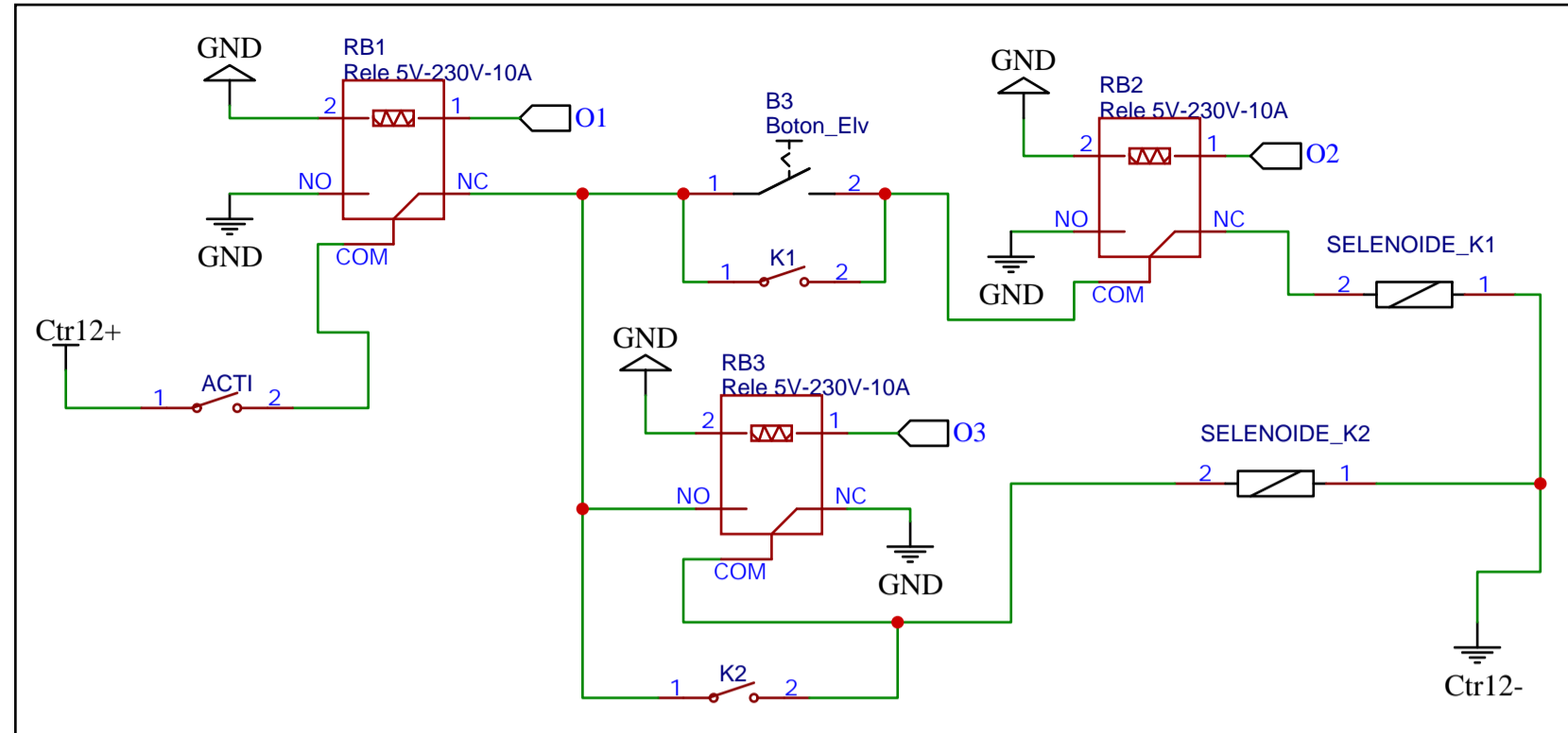
DIAGRAMA HIDRÁULICO

20171581

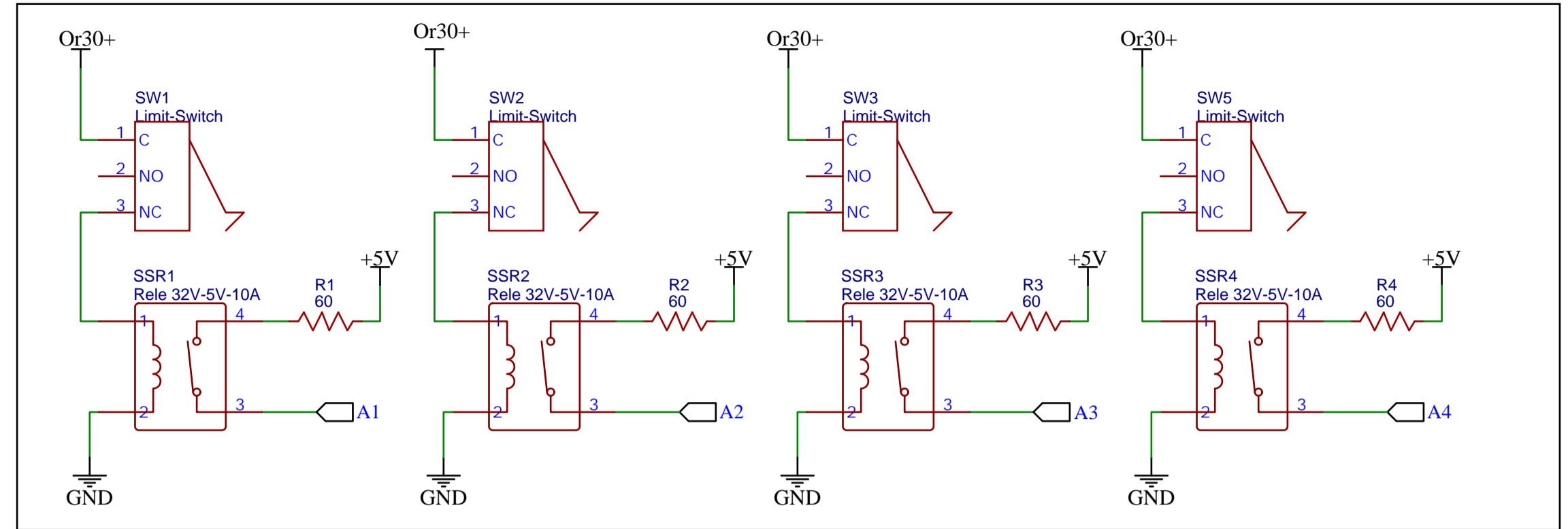
MORALES BRAVO, JESUS SEBASTIAN

PLANO:
PDH_A4

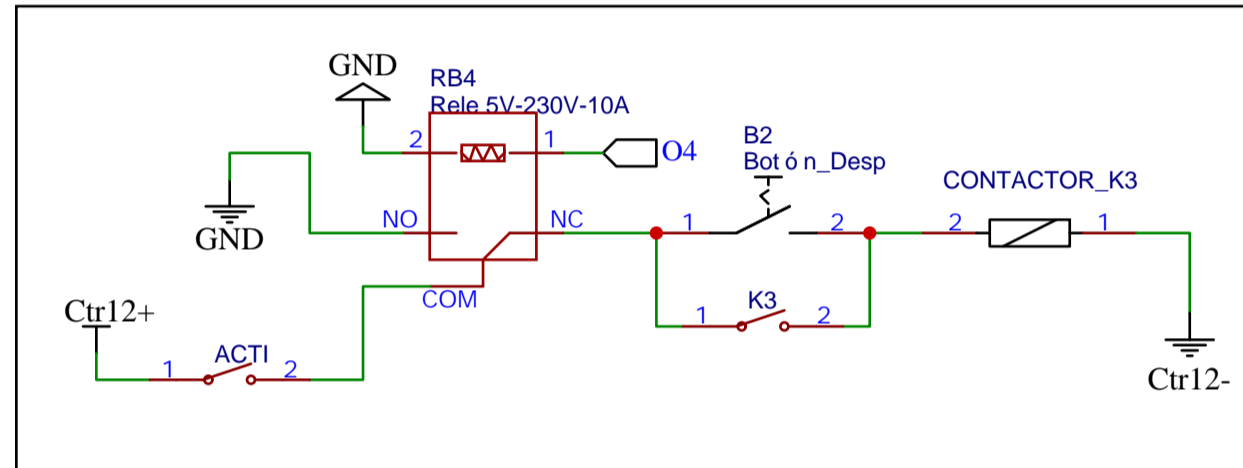
Circuito de control del motor DC para bomba hidraulica



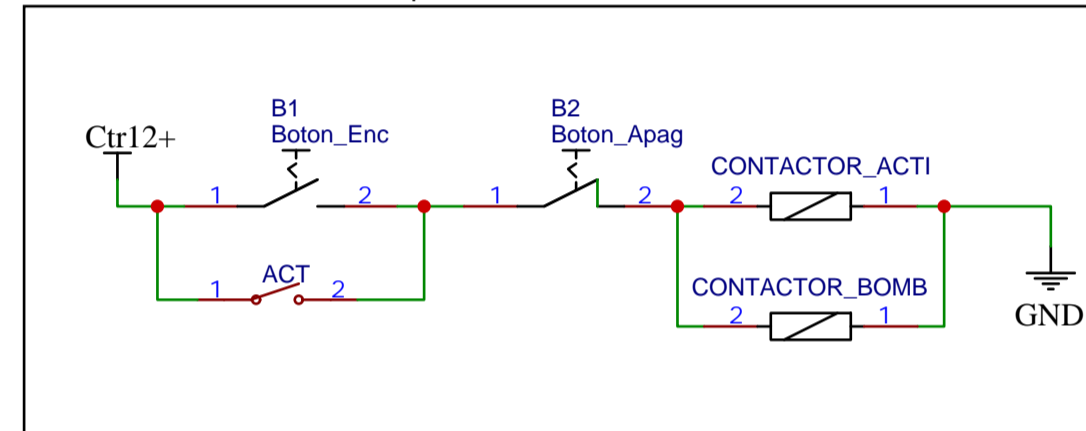
Sensores de fin de carrera



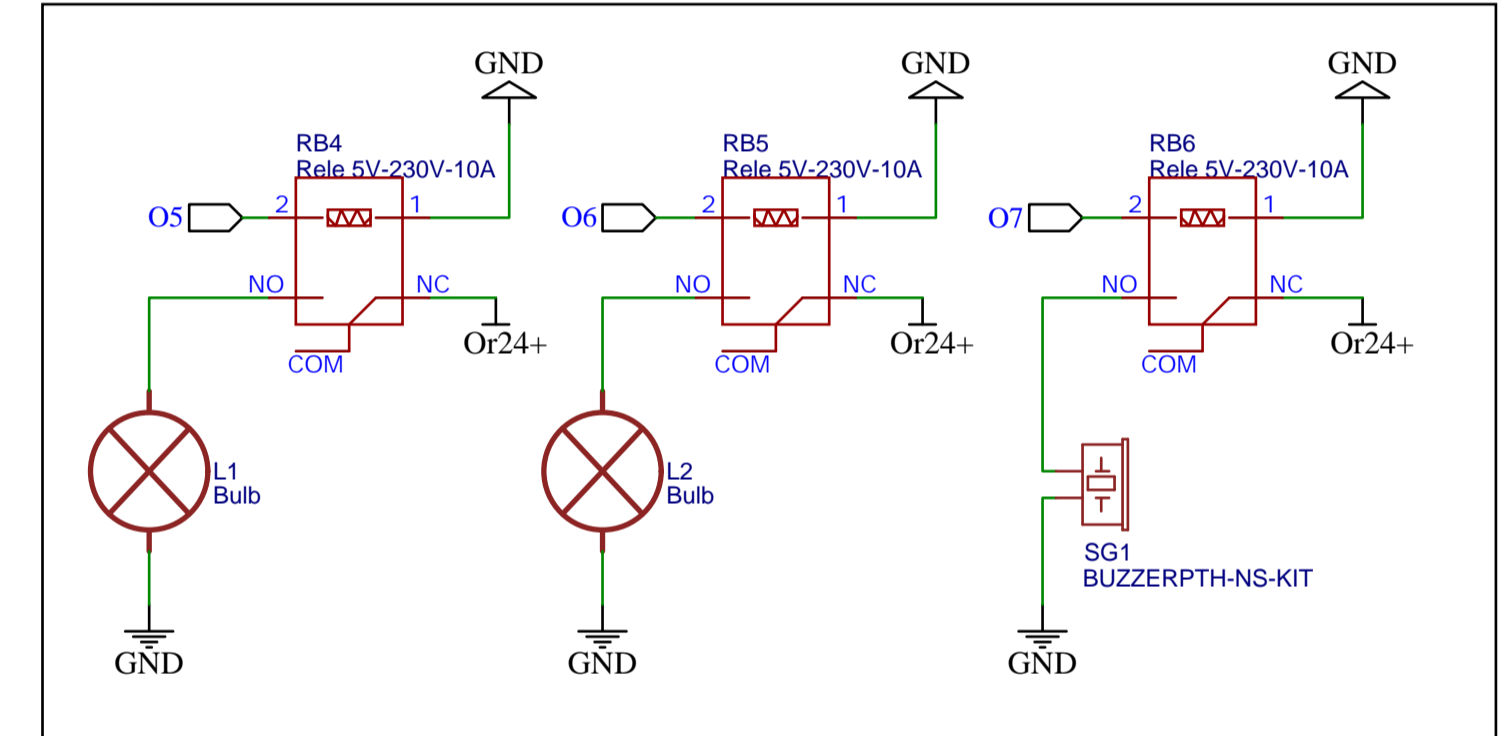
Circuito de control del motor DC



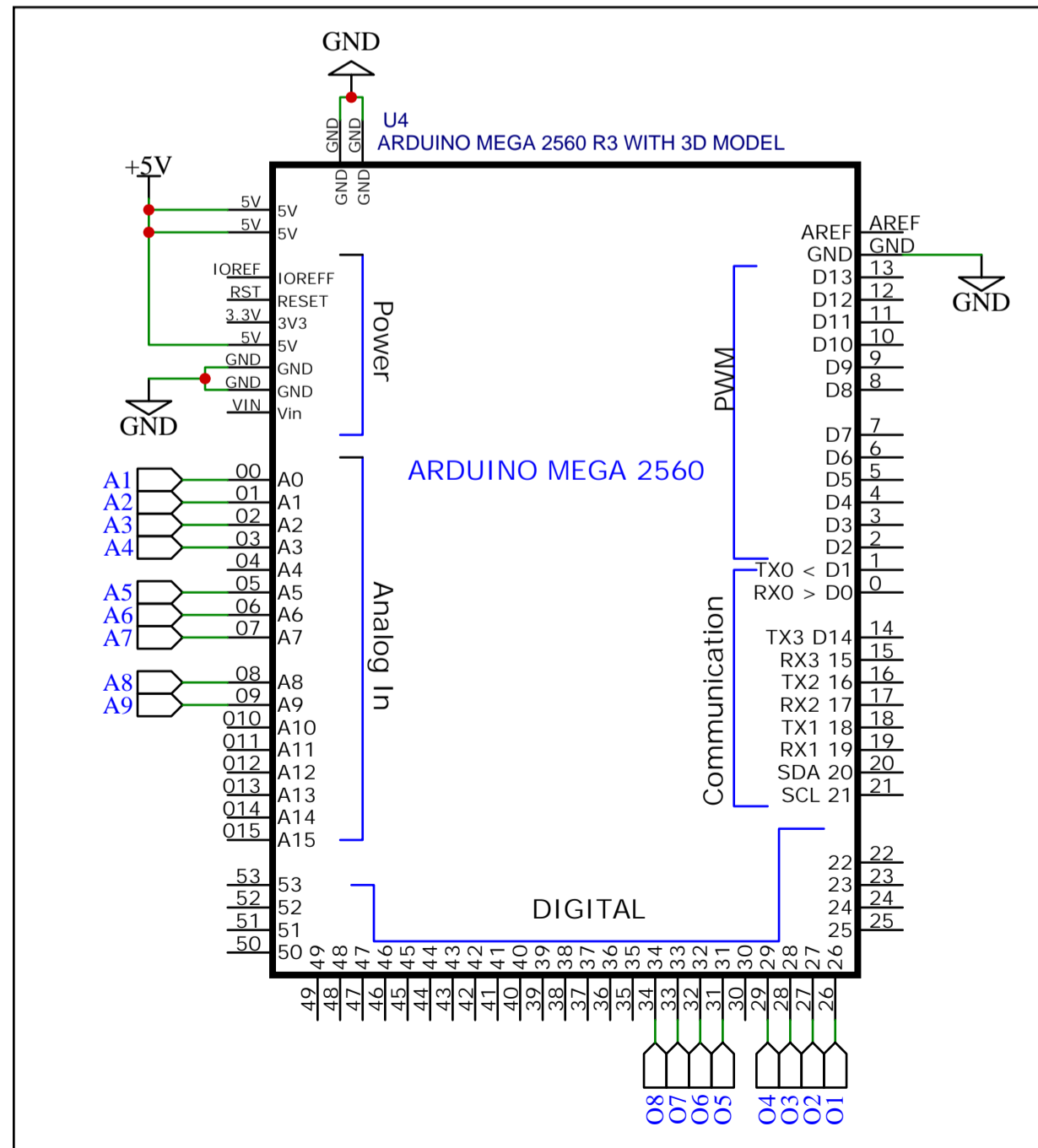
Circuito de control de prendido



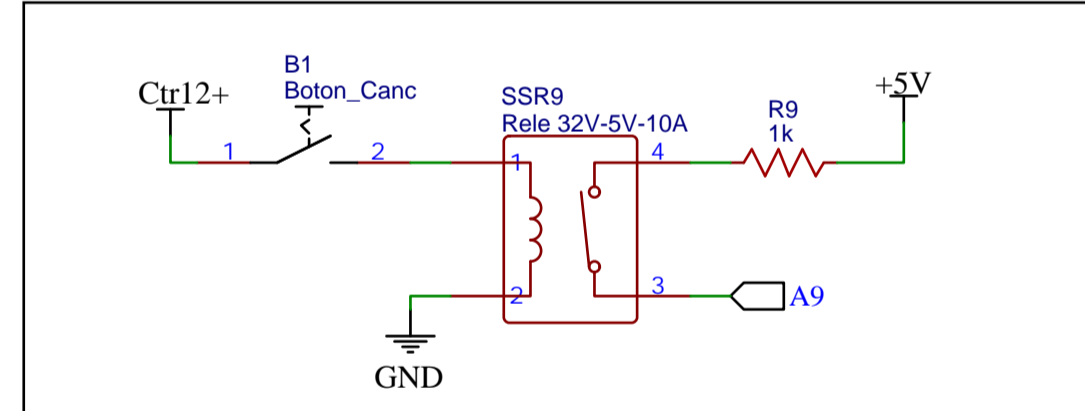
Luces y zumbador



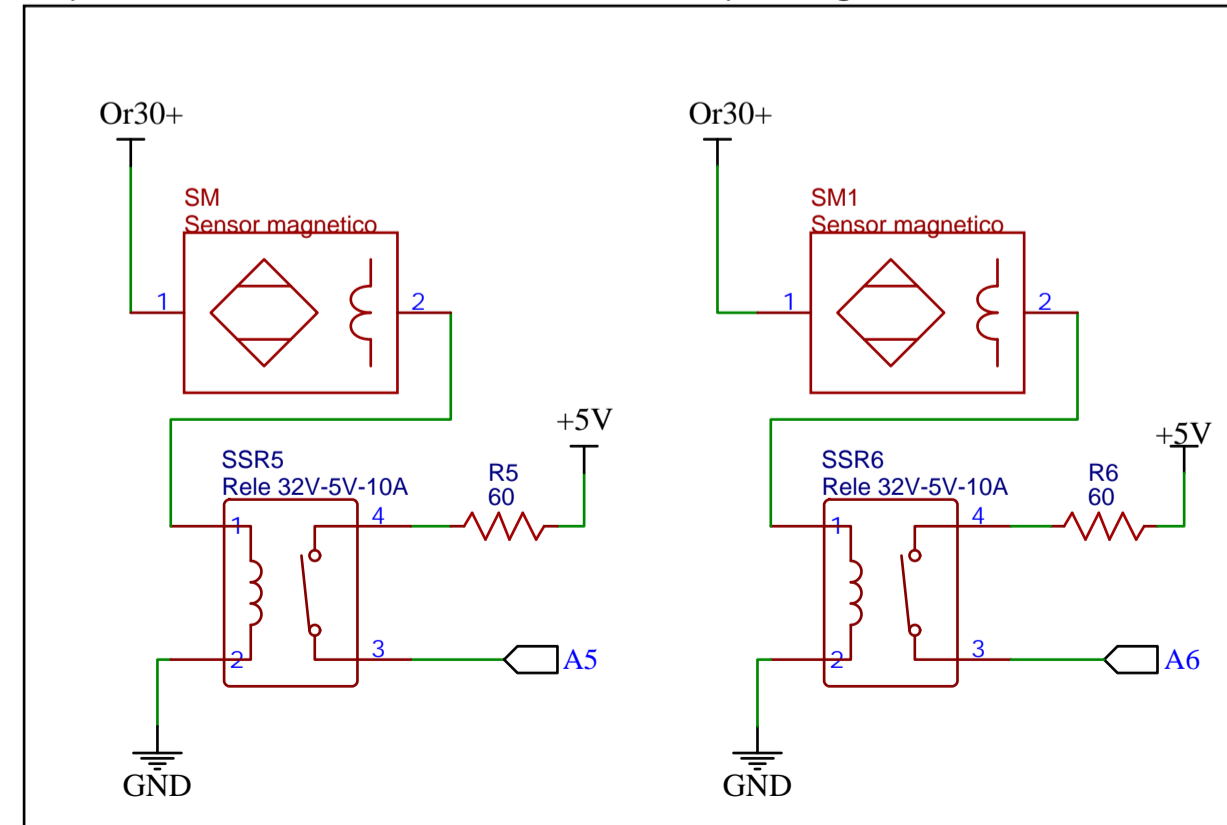
Microcontrolador



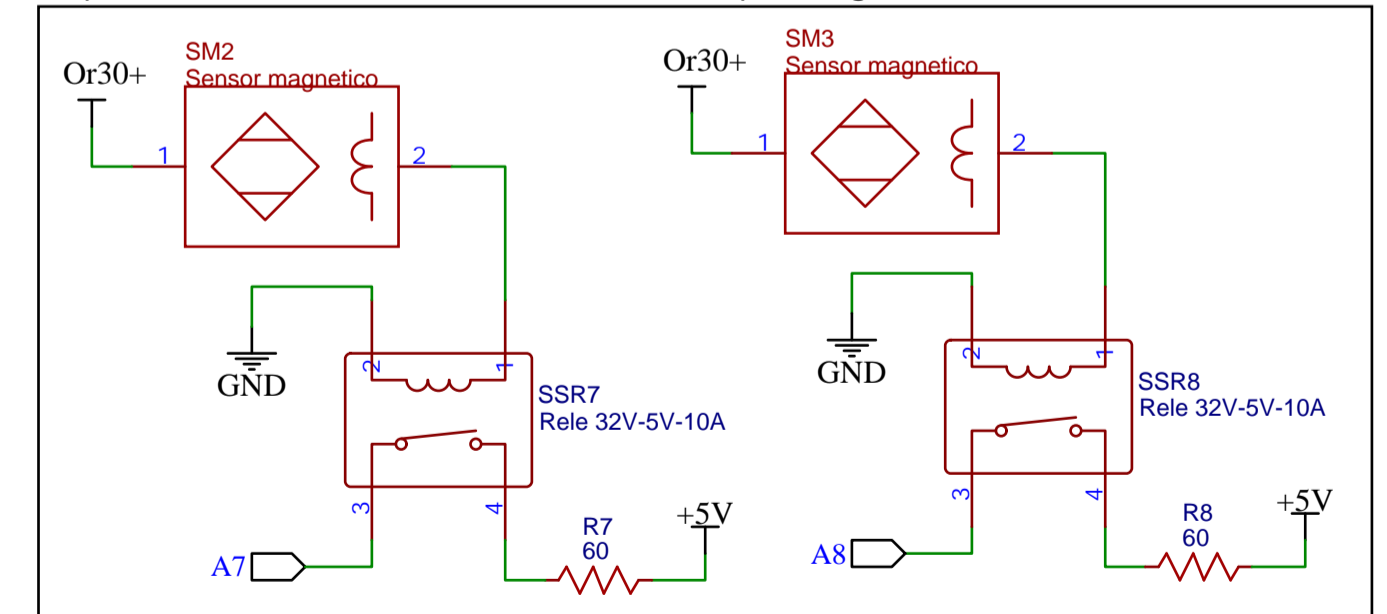
Circuito para la se ñal de cancelaci ó n



Representaci ó n de los sensores de campo magn é tico 1



Representaci ó n de los sensores de campo magn é tico 2



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA - INGENIERIA MECATRONICA

PLATAFORMA DE ELEVACION Y RAMPA AUTOMATICA COMO MEDIO DE ACCESO PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA AL TRANSPORTE PUBLICO

CONEXIONES DEL PANEL DE CONTROL

20171581

MORALES BRAVO, JESUS SEBASTIAN

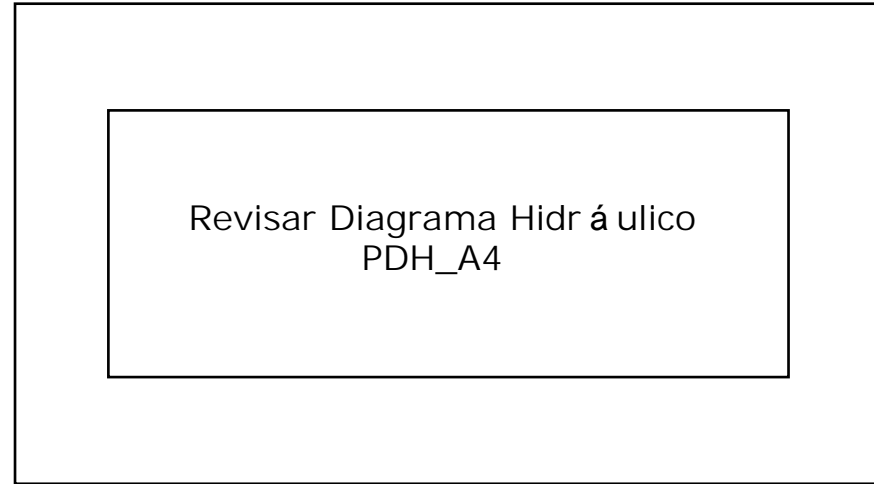
ESCALA

S/E

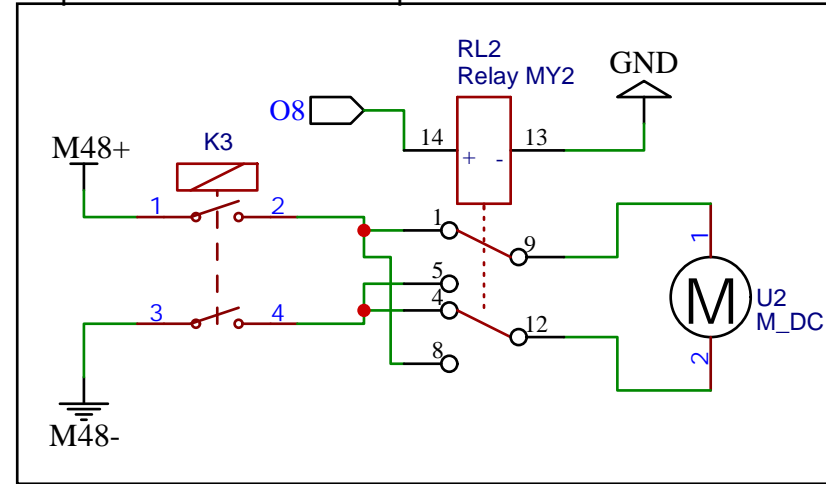
FECHA:
2024-10-24

PLANO:
PEL1-A3-CTR

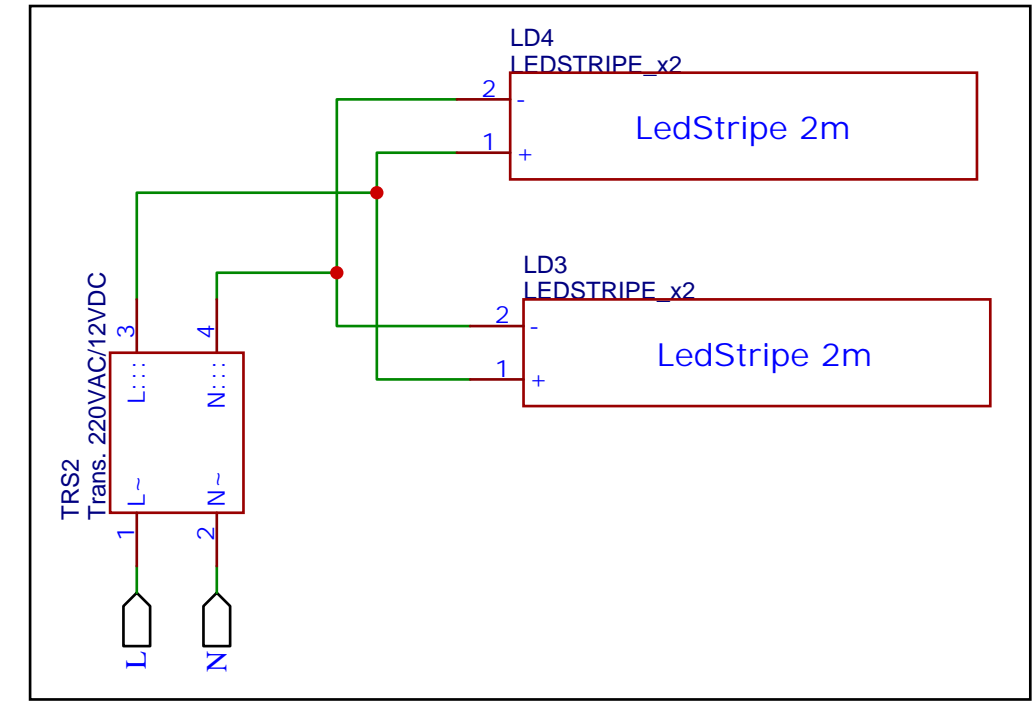
Conexión del circuito hidráulico



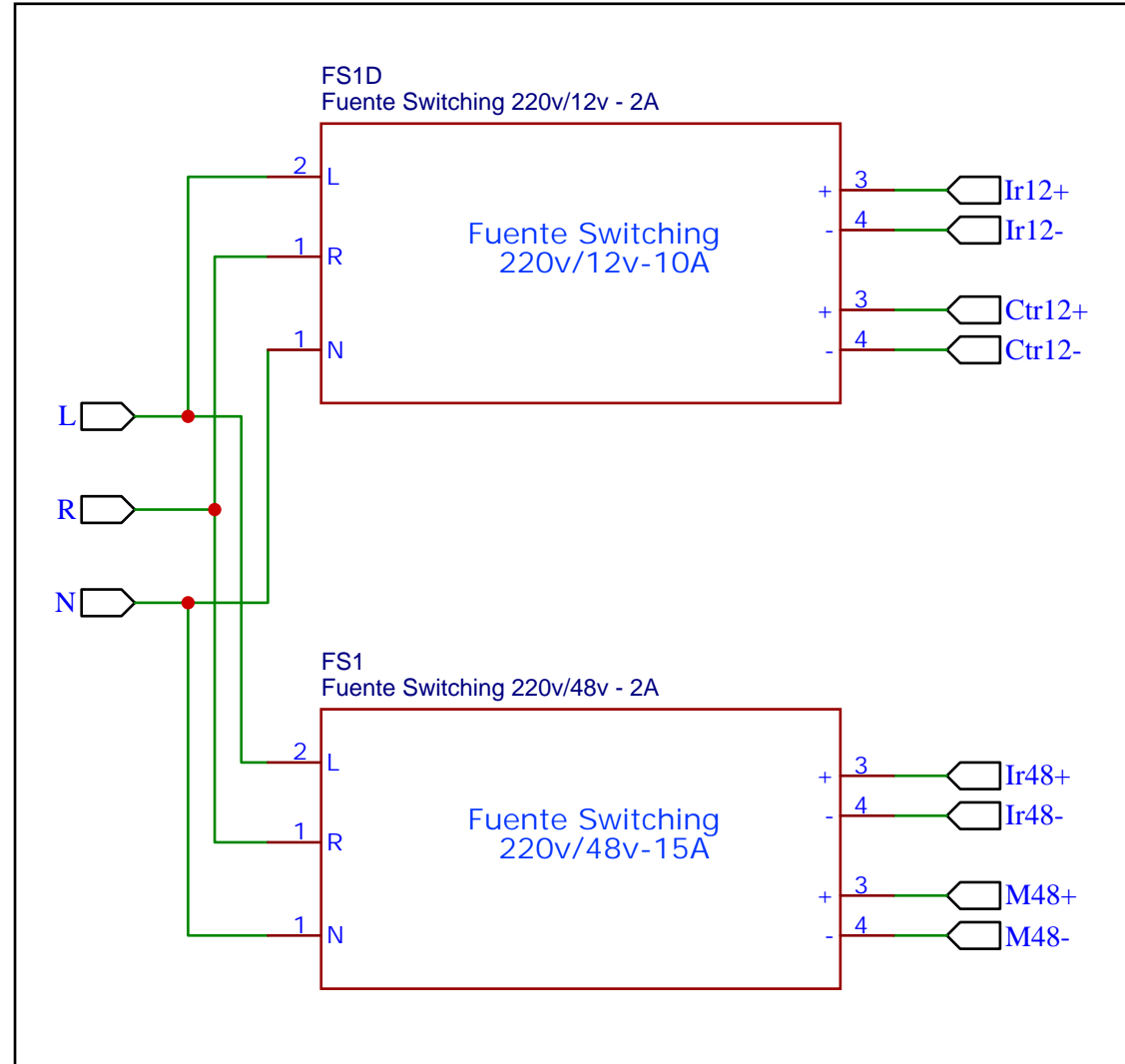
Circuito del motor DC de la plataforma telescópica



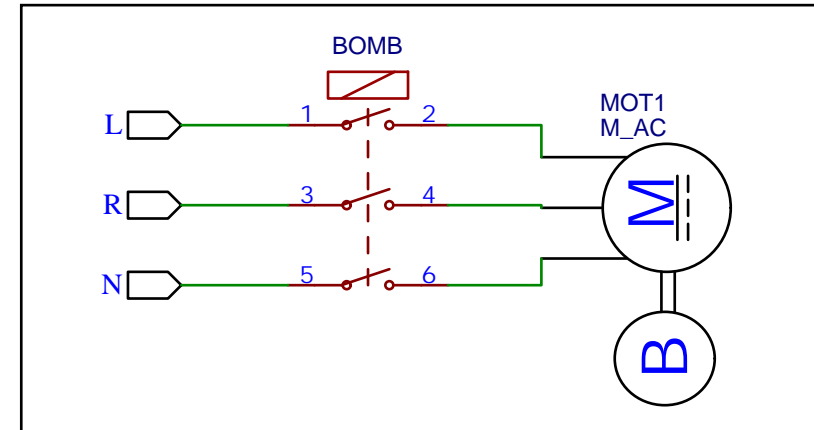
Tiras LED



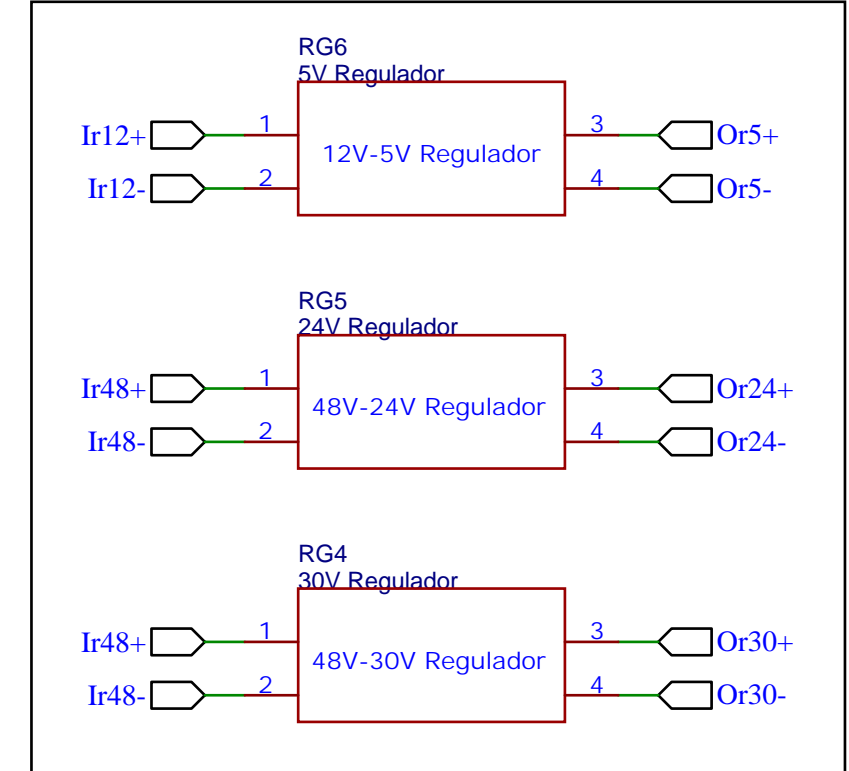
Alimentación



Activación del motor de la Bomba



Reguladores



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA - INGENIERIA MECATRONICA

PLATAFORMA DE ELEVACION Y RAMPA DESLIZABLE COMO MEDIO DE ACCESO PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA AL TRANSPORTE PÚBLICO

CONEXIONES DEL PANEL DE CONTROL

ESCALA

S/E

FECHA:
2024-10-24

20171581

MORALES BRAVO, JESUS SEBASTIAN

PLANO:
PEL2-A4-POT