



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE MECÁNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN ELEVADOR VERTICAL SEMICABINADO DE
DOS PISOS PARA UNA PERSONA CON MOVILIDAD REDUCIDA MEDIANTE
SOFTWARE ESPECIALIZADO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingenieros Mecánicos

AUTORES: RUBÉN FABRICIO ALTAMIRANO BELTRÁN
OMAR ALEXANDER GUANO MONTATIXE

TUTOR: EDUARDO XAVIER VACA MICHILENA

Quito – Ecuador

2023

CERIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Rubén Fabricio Altamirano Beltrán con documento de identificación N°1722101969 y Omar Alexander Guano Montatixe con documento de identificación N°1724930852; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Rubén Fabricio Altamirano Beltrán

1722101969



Omar Alexander Guano Montatixe

1724930852

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Rubén Fabricio Altamirano Beltrán con documento de identificación N°1722101969 y Omar Alexander Guano Montatixe con documento de identificación N°1724930852, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores de la Propuesta Tecnológica: “Diseño y simulación de un elevador vertical semicabinado de dos pisos para una persona con movilidad reducida mediante software especializado”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito; 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Rubén Fabricio Altamirano Beltrán

1722101969



Omar Alexander Guano Montatixe

1724930852

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Eduardo Xavier Vaca Michilena con documento de identificación N°1721078424, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN ELEVADOR VERTICAL SEMICABINADO DE DOS PISOS PARA UNA PERSONA CON MOVILIDAD REDUCIDA MEDIANTE SOFTWARE ESPECIALIZADO**, realizado por Rubén Fabricio Altamirano Beltrán con documento de identificación N°1722101969 y Omar Alexander Guano Montatixe con documento de identificación N°1724930852, obtenido como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuesta Tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito; 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. Eduardo Xavier Vaca Michilena, Mgtr

1721078424

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a mi familia por su apoyo incondicional. A mis padres, Freddy y Elena, les agradezco su confianza en mí y su ejemplo de tenacidad y perseverancia que me han inspirado a seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes. A mis hermanos, Gabriel y Freddy, les agradezco su constante compañía y el aliento que me han brindado en cada paso del camino.

También quiero agradecer a mis amigos y seres queridos, quienes han sido una fuente invaluable de fortaleza y motivación. Su aliento, comprensión y compañía han sido fundamentales durante esta etapa.

Agradezco a mis maestros por su experiencia, sabiduría y orientación, los cuales han dejado una huella significativa en mi formación académica. Su dedicación y apoyo han sido elementos clave para mi desarrollo y crecimiento profesional.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por formar parte de mi vida y contribuir de manera significativa en este logro.

Rubén Fabricio Altamirano Beltrán

DEDICATORIAS

El presente proyecto de titulación está dedicado a mis amados padres, Fernando y Esperanza, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza a lo largo de la vida.

A ti madre que desde el amanecer hasta el anochecer has trabajado incansablemente para brindarme lo necesario en la vida. Aunque nuestros horarios no siempre coincidieron y no compartimos tanto tiempo como hubiéramos deseado, aprecio profundamente tu sacrificio y dedicación. Tu amor y esfuerzo incansable son un invaluable legado que atesoro en mi corazón y espero algún día poder replicar.

Y a ti padre, que has enfrentado desafíos en tu camino, pero siempre has demostrado una fortaleza inquebrantable. Tu dedicación y pasión por tu oficio han sido la inspiración para mi elección profesional, pues eres un vivo ejemplo de liderazgo, perseverancia y verdadero uso del ingenio. Eres un testimonio vivo de coraje y valentía, y agradezco sinceramente tu apoyo incondicional en cada paso que he dado.

Mi gratitud hacia ustedes es infinita por hacer posible este sueño y por haber creído siempre en mí, incluso en mis peores momentos. Son un ejemplo de vida, de sacrificio y de esfuerzo pues siempre dieron lo mejor de sí a pesar de las circunstancias.

Además, quisiera expresar mi gratitud a aquellos que han estado a mi lado, dejando una huella imborrable en mi camino. Sus palabras de ánimo, gestos de ayuda y momentos compartidos son invaluable. A pesar de los cambios y giros que la vida puede tomar, valoro el impacto positivo que tuvieron en mi desarrollo personal y estoy profundamente agradecido por su presencia en mi vida.

Su contribución y apoyo han sido indispensables para alcanzar esta meta.

Con todo mi cariño y gratitud.

Omar Alexander Guano Montatixe

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIAS	V
DEDICATORIAS	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
ANTECEDENTES	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
GRUPO OBJETIVO	20
JUSTIFICACIÓN	20
OBJETIVOS	20
1. OBJETIVO GENERAL	20
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
METODOLOGÍA	21
DESCRIPCIÓN BREVE DE CADA CAPITULO	21
<i>Capítulo 1: Marco teórico</i>	<i>21</i>
<i>Capítulo 2: Propuesta de diseño de un elevador semicabinado</i>	<i>21</i>
<i>Capítulo 3: Validación del diseño mediante simulación con software especializado</i>	<i>22</i>
<i>Capítulo 4: Validación del diseño mediante simulación con software especializado</i>	<i>22</i>
CAPÍTULO 1	23

MARCO TEÓRICO	23
1.1 ELEVADORES SEMICABINADOS PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA.....	23
1.2 HISTORIA DEL ASCENSOR	24
1.3 TIPOS DE ASCENSORES PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA	26
<i>1.3.1 Sillas Salvaescleras</i>	<i>26</i>
<i>1.3.2 Plataforma Salvaescaleras.....</i>	<i>26</i>
<i>1.3.3 Salvaescaleras verticales</i>	<i>27</i>
<i>1.3.4 Elevadores verticales semicabinados.....</i>	<i>27</i>
1.4 ALTERNATIVAS DE ELEVADORES VERTICALES	29
<i>1.4.1 Elevadores con motor eléctrico.....</i>	<i>29</i>
1.4.1.1 Elevadores con cuarto de máquinas.	30
1.4.1.2 Elevadores sin cuarto de máquinas (SCM)	31
<i>1.4.2 Elevadores hidráulicos.....</i>	<i>33</i>
1.4.2.1 Elevadores hidráulicos Directos	33
1.4.2.2 Elevadores hidráulicos Indirectos	35
1.5 ANÁLISIS COMPARATIVO.....	36
1.6 CONCLUSIONES DEL CAPITULO	38
CAPÍTULO 2.....	39
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN ELEVADOR SEMICABINADO.....	39
2.1 REQUERIMIENTOS GENERALES	40
<i>2.1.1 Requerimientos establecidos por normativas.....</i>	<i>40</i>
<i>2.1.2 Requerimientos establecidos según el proyecto.....</i>	<i>42</i>
2.1.2.1 Capacidad de carga.....	42
2.1.2.2 Distancia de recorrido	43
2.1.2.3 Velocidad de elevación	44
2.1.2.4 Espacio disponible.....	45
2.2 LISTA DE ELEMENTOS.....	45
2.2.1 Cabina y chasis	45
2.2.2 Guías de la cabina.....	46
2.2.3 Cable de suspensión.....	46
2.2.4 Puertas y barreras de acceso	46

2.2.5	<i>Grupo tractor</i>	47
2.2.5.1	Motor eléctrico	47
2.2.5.2	Sistema de tracción.....	48
2.2.5.3	Juego de poleas.....	48
2.2.6	<i>Sistema de control</i>	48
2.3	DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	48
2.3.1	<i>Freno de emergencia</i>	48
2.3.2	<i>Paracaídas</i>	48
2.3.3	<i>Finales de carrera</i>	49
2.3.4	<i>Enclavamiento mecánico de la barra de acceso</i>	49
2.4	PROPUESTA DE DISEÑO	49
2.4.1	<i>Funcionamiento</i>	49
2.4.2	<i>Características</i>	50
2.5	DISEÑO ESTRUCTURAL	50
2.5.1	<i>Materiales</i>	51
2.5.2	<i>Diseño de la cabina</i>	52
2.5.2.1	Revestimiento de la cabina.....	52
2.5.2.2	Diseño de la viga central	52
2.5.2.2.1	<i>Cálculo de cargas</i>	53
2.5.2.2.1.1	<i>Cálculo de carga viva en la cabina</i>	53
2.5.2.2.1.2	<i>Cálculo de carga admisible en la cabina</i>	54
2.5.2.2.1.3	<i>Cálculo de carga admisible en la viga</i>	54
2.5.2.2.2	<i>Cálculo de momento máximo</i>	55
2.5.2.2.3	<i>Cálculo del módulo de sección</i>	55
2.5.2.2.4	<i>Validación por Flexión</i>	56
2.5.2.2.5	<i>Resultados cargas, momento máximo y módulo de sección</i>	58
2.5.2.2.6	<i>Selección de perfil</i>	60
2.5.3	<i>Diseño de la estructura base</i>	60
2.5.3.1	Diseño de la viga soporte del motor	61
2.5.3.1.1	<i>Cálculo de cargas</i>	61
2.5.3.1.1.1	<i>Cálculo de carga muerta total</i>	62
2.5.3.1.1.2	<i>Cálculo de carga admisible total</i>	62

2.5.3.1.2.	<i>Cálculo de momento máximo</i>	62
2.5.3.1.3.	<i>Cálculo del módulo de sección</i>	63
2.5.3.1.4.	<i>Validación por Flexión</i>	63
2.5.3.1.5.	<i>Resultados cargas, momento máximo y módulo de sección</i>	63
2.5.3.1.6.	<i>Selección de perfil</i>	65
2.5.3.2	<i>Diseño de las columnas guía</i>	65
2.5.3.2.1.	<i>Cálculo de cargas</i>	66
2.5.3.2.1.1.	<i>Cálculo de carga muerta total</i>	66
2.5.3.2.1.2.	<i>Cálculo de carga admisible total</i>	67
2.5.3.2.2.	<i>Cálculo de fuerza actuante en la columna</i>	67
2.5.3.2.3.	<i>Cálculo de relación de esbeltez</i>	68
2.5.3.2.3.1.	<i>Cálculo de relación de esbeltez de la columna</i>	68
2.5.3.2.3.2.	<i>Cálculo de relación de esbeltez crítica</i>	69
2.5.3.2.4.	<i>Cálculo de esfuerzo de pandeo de Euler</i>	69
2.5.3.2.5.	<i>Cálculo de esfuerzo de pandeo crítico</i>	70
2.5.3.2.6.	<i>Validación por Flexión</i>	71
2.5.3.2.7.	<i>Resultados cargas, fuerza actuante, relación de esbeltez y esfuerzos</i>	72
2.5.3.2.8.	<i>Selección de perfil</i>	73
2.5.4	<i>Selección del Grupo tractor</i>	73
2.5.4.1	<i>Dimensionamiento del teclé eléctrico</i>	73
2.5.4.1.1.	<i>Cálculo de carga admisible</i>	73
2.5.4.1.2.	<i>Cálculo de potencia requerida</i>	74
2.5.4.1.3.	<i>Selección del teclé eléctrico</i>	74
2.5.4.1.4.	<i>Selección de poleas</i>	75
2.6	CONCLUSIONES DEL CAPITULO	75
CAPÍTULO 3		76
VALIDACIÓN DEL DISEÑO MEDIANTE SIMULACIÓN CON SOFTWARE ESPECIALIZADO		76
3.1	SIMULACIÓN ESTÁTICA	76
3.1.1	<i>Simulación de la cabina</i>	76
3.1.1.1	<i>Tensión de Von Mises en la cabina</i>	77

3.1.1.2	<i>Tensiones axiales y de flexión de las vigas</i>	77
3.1.1.3	<i>Desplazamientos de la cabina</i>	79
3.1.1.4	<i>Factor de seguridad de la cabina</i>	80
3.1.2	<i>Simulación de la base</i>	81
3.1.2.1	<i>Tensiones axiales y de flexión de la base</i>	82
3.1.2.2	<i>Desplazamientos en la base</i>	82
3.1.2.3	<i>Factor de seguridad de la base</i>	83
3.2	SIMULACIÓN DINÁMICA	84
3.2.1	<i>Velocidades</i>	84
3.2.2	<i>Torque del motor</i>	85
3.2.3	<i>Desplazamiento de la cabina</i>	86
3.3	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	86
CAPÍTULO 4		87
EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA		87
4.1	COSTOS DIRECTOS	87
4.1.1	<i>Costos de material estructural</i>	87
4.1.2	<i>Elementos del elevador</i>	88
4.1.3	<i>Procesos de maquinado</i>	89
4.1.4	<i>Mano de obra directa</i>	90
4.1.5	<i>Costo directo total</i>	90
4.2	COSTOS INDIRECTOS	91
4.2.1	<i>Materiales indirectos</i>	91
4.2.2	<i>Mano de obra indirecta</i>	91
4.2.3	<i>Costo indirecto total</i>	92
4.3	COSTO TOTAL	92
4.4	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	93
CONCLUSIONES		94
RECOMENDACIONES		96
BIBLIOGRAFÍA		97
ANEXOS:		100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estadísticas de discapacidad en Ecuador [3].	18
Figura 2. Uso del shadoof.	24
Figura 3. Ascensor Teagle.	25
Figura 4. Presentación Elisha Graves Otis en el Cristal Palace.	25
Figura 5. Ejemplo de Silla salvaescaleras.	26
Figura 6. Ejemplo de Elevador inclinado.	27
Figura 7. Ejemplo de Elevador vertical.	27
Figura 8. Ejemplo de Elevador vertical semicabinado.	28
Figura 9. Esquema del funcionamiento de un elevador eléctrico [11].	29
Figura 10. Tipos de tiro con máquina arriba [11].	30
Figura 11. Tipos de tiro con máquina arriba [11].	30
Figura 12. Esquema de elevador con cuarto de máquinas [12].	31
Figura 13. Esquema de elevador sin cuarto de máquinas [11].	32
Figura 14. Esquema de elevador sin cuarto de máquinas [11].	33
Figura 15. Esquema de la configuración con pistón enterrado [11].	34
Figura 16. Esquema de la configuración pistón lateral [11].	35
Figura 17. Esquema del ascensor hidráulico tiro 2:1 [11].	36
Figura 18. Flujograma sobre la metodología de diseño del elevador semicabinado.	39
Figura 19. Esquema de las dimensiones necesarias de un elevador para personas con movilidad reducida vista lateral [14].	41
Figura 20. Esquema de las dimensiones necesarias de un elevador para personas con movilidad reducida vista superior [14].	41
Figura 21. Distancia de piso a piso.	44
Figura 22. Cabina de un elevador semicabinado [18].	46
Figura 23. Esquema grupo Tractor.	47
Figura 24. Propuesta de diseño.	50
Figura 25. Diagrama de la viga central.	52
Figura 26. Configuración estructural del piso de la cabina.	58
Figura 27. Diagrama de Momento máximo de la viga central.	60

Figura 28. Diagrama de la viga soporte.	61
Figura 29. Configuración de la estructura base.	64
Figura 30. Diagrama de Momento máximo de la viga soporte del motor.	65
Figura 31. Diagrama de la columna guía.	66
Figura 32. Diseño de la cabina.	76
Figura 33. Tensión Von Mises de la cabina	77
Figura 34. Tensiones axiales y de flexión con el peso propuesto.	78
Figura 35. Tensiones axiales y de flexión con las fuerzas generadas por el motor.	78
Figura 36. Desplazamientos de la cabina.	79
Figura 37. Desplazamiento del suelo de la cabina.	80
Figura 38. Factor de seguridad de la cabina	81
Figura 39. Diseño de la base.	81
Figura 40. Tensiones axiales y de flexión de la base.	82
Figura 41. Desplazamiento de la base.	83
Figura 42. Factor de seguridad de la base.	83
Figura 43. Ensamblaje del elevador.	84
Figura 44. Velocidad angular del motor.	85
Figura 45. Velocidad lineal de la cabina.	85
Figura 46. Torque del motor requerido.	85
Figura 47. Desplazamiento de la cabina.	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa entre opciones.	37
Tabla 2. Requerimientos básicos para el diseño de elevadores para personas con movilidad reducida [14].	40
Tabla 3. Pesos según el tipo de carga [5].	43
Tabla 4. Posibles combinaciones de carga.	43
Tabla 5. Materiales utilizados en el diseño estructural y sus propiedades.	51
Tabla 6. Clasificación de cargas en la cabina según su tipo.	53
Tabla 7. Resultados de las ecuaciones utilizadas para el diseño de la viga central.	59
Tabla 8. Clasificación de cargas en la viga sopote del motor según su tipo.	61
Tabla 9. Resultados de las ecuaciones utilizadas para el diseño de la viga soporte del motor.	64
Tabla 10. Clasificación de cargas en la estructura según su tipo.	66
Tabla 11. Valores para el Factor de longitud efectiva.	69
Tabla 12. Resultados de las ecuaciones utilizadas para el diseño de las columnas guías.	72
Tabla 13. Características del teclé eléctrico PWA1100Ru.	75
Tabla 14. Costos de material estructural.	87
Tabla 15. Costos de elementos del elevador.	88
Tabla 16. Costos de procesos de maquinados.	89
Tabla 17. Costos de mano de obra directa.	90
Tabla 18. Costo directo total.	90
Tabla 19. Costo de materiales indirectos.	91
Tabla 20. Costos de mano de obra indirecta.	92
Tabla 21. Costos indirecto total.	92
Tabla 22. Costo total.	92

RESUMEN

En el presente proyecto se diseñó y simulación de un elevador vertical semicabinado de dos pisos para una persona con movilidad reducida mediante software especializado, con la finalidad de mejorar los procesos de transporte de personas con movilidad reducida entre niveles de una vivienda. El ascensor fue diseñado bajo las normativa de accesibilidad en Ecuador “NTE INEN 3139: Accesibilidad de las personas al medio físico, circulaciones verticales ascensores” y la “Norma ISO 8100-30: Elevadores para personas y mercancías”. La carga máxima de 175 [Kg]. Con base en estos datos, se determinó que el área de la cabina es de 1.54 [m²], cumpliendo con las normas establecidas. Además, la cabina se eleva hasta una altura de 2.40 [m] a una velocidad de 5 [m/min] mediante el uso de un polipasto eléctrico. Este tecele eléctrico funciona con una tensión de 120 [V] y está diseñado para soportar una capacidad máxima de carga de 500 [Kg]. Además, el motor reductor cuenta con una potencia de 1000 [W]. Se identificaron en el mercado local para obtener los costes más competitivos en cuanto a la estructura. Tras un análisis, se estimó que el coste total de construcción e instalación es de aproximadamente 3381 dólares.

Palabras clave: elevador semicabinado, movilidad reducida, diseño, simulación

ABSTRACT

A two-story semi-cabined vertical elevator for a person with reduced mobility was designed and simulated using specialized software, to improve the transportation processes of people with reduced mobility between levels of a house and the danger scenarios that these actions entail. The elevator is designed under the accessibility standards in Ecuador "NTE INEN 3139: Accessibility of people to the physical environment, vertical circulations, elevators" and the "ISO 8100-30 Standard: Elevators for people and goods". The elevator was designed for a maximum load of 175 [Kg]. Based on this data, it was determined that the area of the cabin is 1.54 [m²], complying with the established standards. In addition, the cabin is lifted to a height of 2.40 [m] at a speed of 5 [m/min] by using an electric hoist. This hoist operates with a voltage of 120 [V] and is designed to support a maximum load capacity of 500 [kg]. In addition, the hoist has a power rating of 1000 [W]. The local market was searched to obtain the most competitive costs for the structure. After a thorough analysis, the total construction and installation cost was estimated to be approximately \$3381.

Keywords: semi-cabin elevator, reduced mobility, design, simulation.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En Ecuador, la automatización de procesos es insuficiente, especialmente en lo que respecta al transporte de personas con movilidad reducida en viviendas de varios pisos. Esto crea situaciones peligrosas que requieren de soluciones innovadoras para optimizar estos procesos. Aunque se utilizan accesorios para facilitar el traslado de personas con discapacidad, a menudo son ineficaces para alcanzar diferentes niveles en los edificios. Por lo tanto, una propuesta para mejorar la accesibilidad y seguridad de las personas con discapacidad es la implementación de ascensores adaptados en edificios de varios pisos. Además, la instalación de ascensores adaptados podría mejorar significativamente la calidad de vida y la independencia de las personas con discapacidad, al permitirles desplazarse con mayor autonomía y libertad dentro de su entorno.

La Constitución de la República del Ecuador [1] manifiesta en su artículo 47 que; las personas con discapacidad tienen el derecho a una vivienda adecuada, con facilidades de acceso y las condiciones necesarias para atender su discapacidad y procurar el mayor grado de autonomía en su vida cotidiana.

La Ley Orgánica de Discapacidades [2] menciona en su artículo 4 dedicado a la accesibilidad que; se garantizara el acceso de las personas discapacitadas al entorno físico, al transporte, a la información, a la comunicación y a servicios e instalaciones de uso público así como la eliminación de obstáculos que dificulten el goce y ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad, y se facilitará las condiciones necesarias para procurar el mayor grado de autonomía en sus vidas cotidianas.

El Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades [3] en su informe de “Estadísticas de Discapacidad” detalla que en Ecuador existe un total de 471 205 individuos con discapacidad de los cuales el 45.66 % sufren de una discapacidad física como lo podemos observar en la Figura 1.

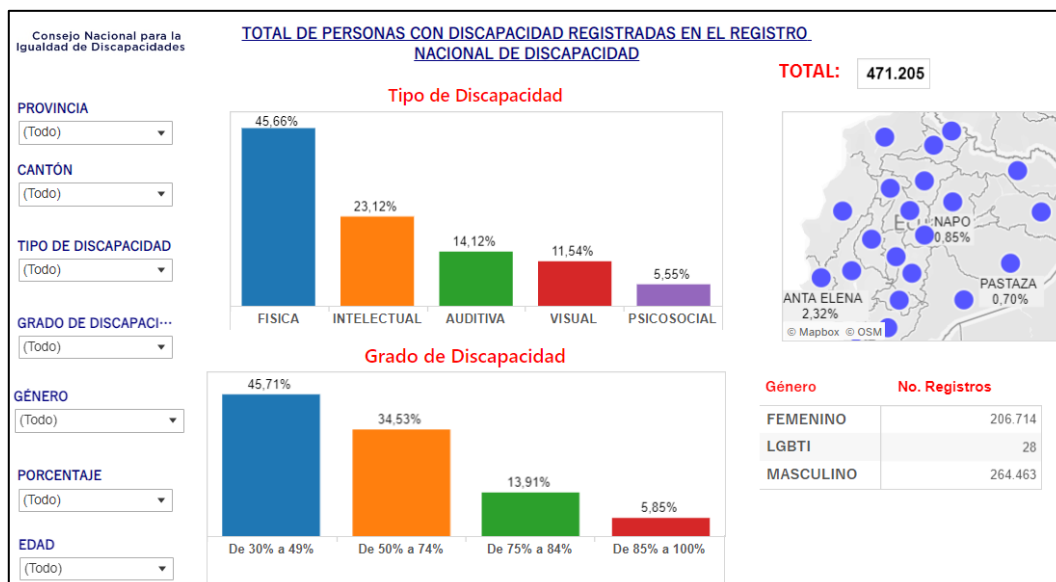


Figura 1. Estadísticas de discapacidad en Ecuador [3].

En cuanto a proyectos con el mismo propósito realizados anteriormente destacan los siguientes:

Cunuhay et al [4] diseñaron un ascensor personal que permite movilizar a personas con discapacidad física en viviendas de dos pisos con una capacidad de carga de 100 kilogramos, debido a la falta de accesibilidad en los edificios existentes en Quito para personas con problemas de movilidad. El ascensor estaría diseñado bajo las normativas de accesibilidad en Ecuador “CPE INEN 18-2013: Código de seguridad de ascensores para pasajeros. Requisitos de seguridad” y “NTE INEN 2 299-2001: Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico. Ascensores”. La cabina es elevada hasta 3 [m] de altura a una velocidad de 0.0833 [m/s] por medio del polipasto eléctrico Century PA 500 el cual funciona a 220 [V], y admite una capacidad de carga máxima de 500 [Kg], con una potencia de 1020 [W] también implementaron un sistema de puertas automáticas y un sistema de seguridad de emergencia. Su costo total de construcción, instalación y mantenimiento se estimó en aproximadamente 4335 dólares.

Medina et al [5] diseñaron un prototipo de ascensor automatizado para personas en sillas de ruedas destinado a una vivienda estándar de dos pisos con una capacidad de carga de 160 kilogramos, debido al problema de la accesibilidad para personas con discapacidades en edificaciones tanto públicas como privadas, para esto se basaron en las normativas “CPE INEN 18-2000: Código de seguridad de ascensores para pasajeros”, “NTE INEN 2 299-2001 y RTE INEN 042-2009: Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio

físico. Ascensores”. Implementaron un tecele eléctrico Century PA 800 con una capacidad de carga de 800 [Kg], a 220 [V] y una potencia de 1300 [W]. Su costo total de construcción, instalación y mantenimiento se estimó en aproximadamente 2309 dólares.

Guamán et al [6] realizaron el diseño y construcción un elevador para personas con movilidad reducida con una capacidad de 400 kilogramos para la facultad de mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, su diseño al igual que el de los anteriores está basado en la norma INEN 2 299-2001. Su altura de recorrido es de 3 [m], para su elevación implementaron un motor trifásico SITI 100LB3 de 3 [HP] (2237.1 [W]) junto a un reductor de velocidad y convertidor de frecuencia, obteniendo una velocidad de 0.5 [m/s]. Su costo total fue de 18359 dólares debido al área de construcción (2.72 [m]) y su capacidad de carga que es para una persona en silla de ruedas y dos acompañantes o cuatro usuarios sin movilidad reducida.

Guerrero [7] diseño un elevador para personas en condición de discapacidad para el laboratorio de investigación en biomecánica y robótica aplicada de la Pontificia Universidad Católica del Perú, su propuesta de diseño consiste en la creación de un elevador hidráulico que dispone de una capacidad de carga de 300 kg y una velocidad de desplazamiento de 0,1 m/s. El mecanismo utilizado en el elevador se fundamenta en un sistema hidráulico tipo tijera que utiliza aceite como medio para mover el pistón hacia afuera y hacia adentro. El diseño del elevador se llevó a cabo mediante las Normativas “A.120: Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas” y “VDI 2225: Diseño de ingeniería a un costo óptimo”. Su costo total de construcción, instalación y mantenimiento se estimó en 6246 dólares.

Teniendo en cuenta los proyectos anteriores, el enfoque principal será crear un diseño adecuado que aborde de manera efectiva las necesidades de las personas con movilidad reducida. Se buscará desarrollar un diseño inclusivo y funcional que garantice la accesibilidad, la seguridad y la comodidad de los usuarios, junto con una estética atractiva y armoniosa que se integre en los entornos existentes.

Planteamiento del problema

Al no contar con una forma segura y cómoda de acceder a diferentes niveles de su vivienda, las personas discapacitadas pueden tener dificultades para realizar actividades cotidianas y pueden requerir la asistencia de otra persona para desplazarse dentro de la vivienda, esta limitación tiene un impacto negativo en el estilo de vida y la autoestima de las personas discapacitadas,

quienes pueden sentirse dependientes de los demás y pueden experimentar un sentimiento de exclusión en la vida cotidiana.

La fabricación de un elevador para personas con movilidad reducida plantea diversos desafíos técnicos y de diseño que deben ser considerados. En primer lugar, se deben cumplir con las normas y estándares de seguridad y accesibilidad establecidos en Ecuador para garantizar que el ascensor sea seguro y fácil de usar, además se deben tener en cuenta las limitaciones de espacio en una vivienda y las características del usuario debido a que influyen en la capacidad de carga y el tamaño del ascensor. También es importante considerar las necesidades de mantenimiento y reparación del elevador para garantizar su funcionamiento a largo plazo. Por último, es importante determinar el costo de fabricación necesario y encontrar un equilibrio calidad precio para hacerlo accesible a los consumidores.

Grupo objetivo

Este proyecto está dirigido para personas con movilidad reducida que utilicen dispositivos de asistencia y las personas que estén a cargo de ellas, debido a que siguen utilizando el esfuerzo humano para el traslado a diferentes niveles de una vivienda.

Justificación

Este trabajo de titulación busca automatizar y mejorar los procesos de transporte de gente con movilidad reducida en un edificio, reemplazando el esfuerzo humano en el traslado de personas entre niveles de una vivienda y los escenarios de peligro que estas acciones conllevan. Realizando el correcto dimensionamiento de los materiales a utilizar, cumpliendo con las normas de seguridad establecidos en Instituto Ecuatoriano de Normalización CPE INEN 18:2013.

Objetivos

1. Objetivo general

Diseñar y simular un elevador vertical semicabinado de dos pisos para una persona con movilidad reducida mediante software especializado.

2. Objetivos específicos

- Identificar la alternativa más viable de elevador semicabinado de dos pisos que cumpla con los requerimientos.
- Diseñar un elevador semicabinado que cubra la necesidad de movilidad de acuerdo con normas técnicas.
- Validar el diseño propuesto mediante simulación estática y dinámica con software especializado.
- Evaluar la factibilidad económica y del proceso de producción del elevador propuesto.

Metodología

Para la metodología de diseño y análisis estructural se usará el programa SolidWorks con licencia oficial de la Universidad Politécnica Salesiana. La selección de materiales y análisis de la oferta se hará con la ayuda de catálogos en línea proporcionados por los fabricantes. Por último, el análisis de costos se realizará considerando cotizaciones tanto de materiales como servicios de corte, conformado, y soldadura requeridos.

Descripción breve de cada capítulo

Capítulo 1: Marco teórico

Este capítulo presenta un contexto histórico sobre el origen de los elevadores, abordando su evolución a lo largo del tiempo. Además, explora las alternativas de accesibilidad a viviendas multinivel destinadas a personas con movilidad reducida. También se realiza un minucioso análisis comparativo de las distintas opciones de elevadores verticales disponibles en el mercado, considerando los sistemas propulsados por motor eléctrico y aquellos basados en fuerza hidráulica. El objetivo principal es establecer una sólida base de conocimiento que permita una selección fundamentada y acertada de la opción más adecuada y eficiente en términos de accesibilidad y funcionalidad.

Capítulo 2: Propuesta de diseño de un elevador semicabinado.

Este capítulo expone los requisitos esenciales que deben tenerse en cuenta para llevar a cabo el diseño de un elevador destinado a personas con movilidad reducida. Estos requisitos abarcan tanto las regulaciones establecidas en normas como las especificaciones particulares del

proyecto en cuestión. Además, presenta de manera detallada los elementos principales que componen el elevador, incluyendo los dispositivos de seguridad. Por último, profundiza en el diseño estructural de los componentes del elevador mediante el empleo de cálculos y análisis correspondientes, asegurando así la resistencia y estabilidad de dichos elementos ante diversas condiciones de carga y uso.

Capítulo 3: Validación del diseño mediante simulación con software especializado

Este capítulo presenta los resultados obtenidos al utilizar el programa SolidWorks para simular y analizar el rendimiento de la estructura base del elevador y de la cabina en condiciones estáticas y dinámicas. Estas simulaciones proporcionan una mayor comprensión del comportamiento de la estructura bajo las condiciones establecidas, permitiendo así verificar la integridad del diseño y asegurar su funcionamiento.

Capítulo 4: Validación del diseño mediante simulación con software especializado

Este capítulo detalla la evaluación de factibilidad económica para una supuesta construcción del prototipo de elevador presentado, evaluando tanto de la adquisición de insumos como del proceso de producción. Realizando un análisis minucioso de los costos asociados con el diseño, desarrollo y fabricación del elevador, con el objetivo de determinar su viabilidad financiera, considerando aspectos como la optimización de recursos, la selección de materiales y proveedores adecuados, así como la implementación de procesos de fabricación eficientes, con el fin de garantizar la accesibilidad económica del ascensor sin comprometer su calidad y funcionalidad.

CAPÍTULO 1.

MARCO TEÓRICO

1.1 Elevadores semicabinados para personas con movilidad reducida

En las construcciones de viviendas no se incluye un elevador, ya que el tráfico entre pisos suele ser escaso y las distancias recorridas raramente superan los tres pisos. En estas situaciones, las escaleras son suficientes para satisfacer las necesidades de movilidad vertical. Sin embargo, esta situación cambia drásticamente cuando algún residente de la vivienda requiere mayor accesibilidad, ya sea debido a su edad o por algún imprevisto, como un accidente. En tales casos, se vuelve fundamental considerar la instalación de un elevador para facilitar el desplazamiento entre pisos y mejorar la accesibilidad en el hogar.

En una vivienda cuya construcción ha sido finalizada, realizar la transición de escaleras a rampas resulta costoso y puede requerir más espacio para asegurar que el ángulo de la rampa sea adecuado. Por otro lado, construir un elevador convencional también implica destinar un espacio exclusivo para su instalación. Por esta razón, la implementación de un elevador semicabinado resulta una opción idónea debido a sus características.

El elevador semicabinado ocupa un área reducida y puede adaptarse incluso en medio de escaleras tipo "compensadas", lo que permite mejorar la movilidad del grupo objetivo del proyecto entre diferentes niveles de la vivienda. Además, su construcción es más económica debido a sus dimensiones más compactas.

A pesar de las ventajas del elevador semicabinado, es importante tener en cuenta que existen muchas alternativas en el mercado para resolver el problema de movilidad entre pisos en una vivienda. Cada diseño tiene particularidades y ventajas propias, por lo que la elección debe considerar cuidadosamente las necesidades específicas del proyecto y las preferencias del cliente [8].

1.2 Historia del ascensor

El primer elevador seguro para personas fue creado por Elisha Graves Otis en 1853, anterior a esto el ser humano recurría a diferentes métodos para transportar verticalmente carga pesada como poleas, grúas y aparejos. Los elevadores de palanca fueron uno de los primeros utilizados en la historia, también conocido como shadoof véase en la Figura 2, este fue muy popular en las civilizaciones egipcias y mesopotámicas hacia 1550 a.C. usados en el riego de campos con agua procedente de los ríos [9].



Figura 2. Uso del shadoof.

En el periodo Greco-romano se avanzó mucho en este campo con los descubrimientos en la hidráulica, el tornillo sin fin y la polea compuesta, de Ctesibio, Arquímedes y Herón de Alejandría respectivamente. Lo que aportó en el año 80 d.C. para la construcción de los elevadores del Coliseo romano para llevar a los gladiadores y a las bestias a la arena [9].

La edad media se caracterizó por la inexistente diferencia de elementos utilizados anteriormente en la edad antigua. Sin embargo, se perfeccionó y diversificó a más sectores la aplicación de máquinas de elevación gracias al desarrollo de la navegación, la industria y el comercio entre los años 1000 al 1800.

La máquina de vapor marcó el inicio del empleo del vapor como fuente de energía en los dispositivos de elevación. su primera aplicación fue en el año 1800 para subir minerales de una mina de carbón.

El ascensor Teagle mostrado en la Figura 3 fue fabricado en Inglaterra en 1845, es un elevador hidráulico que aplica el concepto de la polea de tracción con contrapeso, este mecanismo se sigue aplicando al día hoy en la gran mayoría de ascensores. Los resultados no eran alentadores porque se accionaba de manera manual con un cable dentro de la cabina y si este se rompía no existía un sistema de seguridad que evite su caída [9].

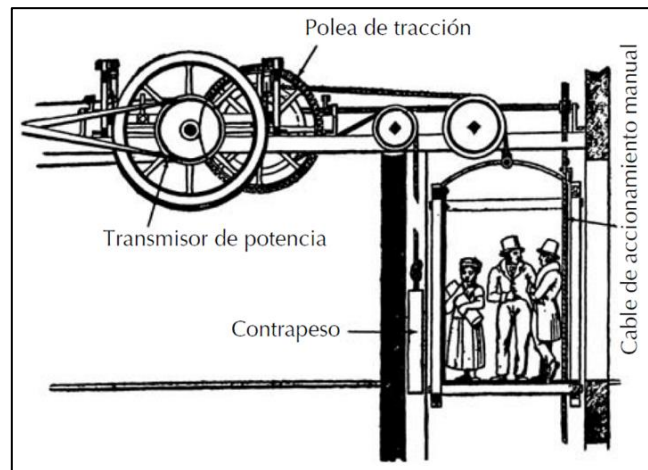


Figura 3. Ascensor Teagle.

Con la aparición de Elisha Graves Otis y su diseño de ascensor seguro en el año 1852, supondría el nacimiento del elevador moderno, pero no sería hasta su presentación en el edificio Crystal Palace de Nueva York en 1854. Donde puso a prueba el freno de emergencia cortando la cuerda que lo sostenía véase la Figura 4, después de este evento se catapultó el desarrollo y la instalación de ascensores. Los siguientes años se continuó innovando en el campo con accionamientos hidráulicos y eléctricos.

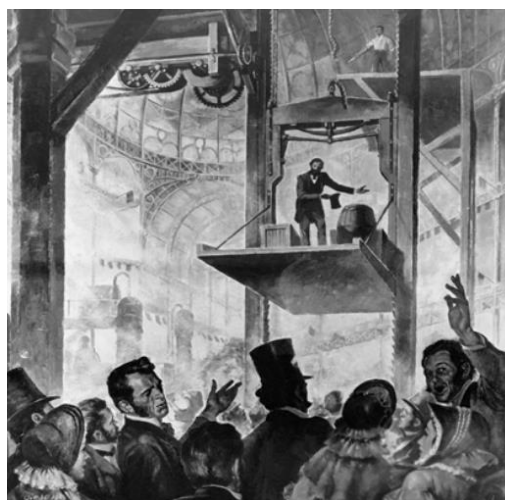


Figura 4. Presentación Elisha Graves Otis en el Cristal Palace.

1.3 Tipos de ascensores para personas con movilidad reducida

Cada caso es diferente y existen muchos factores a tomar en cuenta al elegir una opción de movilidad adecuada, como son el recorrido, el espacio disponible, la configuración geométrica, el precio y la seguridad. Por lo que existen varios tipos de ascensores para personas con movilidad reducida que se adaptan dependiendo la situación. Entre los más populares encontramos los siguientes:

1.3.1 Sillas Salvaescaleras

Es de los más populares para el uso residencial gracias a su veteranía y su economía de construcción. Creado en 1924 por C.C. Crispen el cual lo construyo en forma de ayuda para un vecino convaleciente confinado a una cama y bautizado como “Inclin-ator”, es la solución ideal para el interior de viviendas gracias a su fácil instalación la cual consta de un riel a lo largo de las escaleras por el cual se desplazará el asiento tal y como se puede apreciar en la Figura 5. Sin embargo, su sencillas los hace no tan seguros pues una caída puede ser perjudicial y agravar la situación del usuario [10].



Figura 5. Ejemplo de Silla salvaescaleras.

1.3.2 Plataforma Salvaescaleras

Su funcionamiento es similar al de las sillas salvaescaleras descritas previamente pero su público objetivo es personas que usan silla de ruedas, por esto presentan un mayor nivel de seguridad y accesibilidad. Estos cuentan con una plataforma plegable en la que se posicionará

la silla de ruedas para elevarla de piso a piso, su ventaja principal es el prescindir de realizar una obra arquitectónica para su instalación por lo tanto únicamente se deben montar los raíles que guiaran la cabina siguiendo el recorrido de la escalera. Son muy habituales en tramos cortos de escalera como en la Figura 6, pero pueden salvar distancias de hasta 8 metros [8].



Figura 6. Ejemplo de Elevador inclinado.

1.3.3 Salvaescaleras verticales

También conocidos con elevadores verticales de recorrido corto son una alternativa a los salvaescaleras convencionales, que no requiere espacio en los peldaños de las gradas, Están diseñados para atravesar tramos cortos, de un máximo de 2 metros de alto como se puede observar en la Figura 7. Disponen de una cabina semi descubierta con la capacidad suficiente para introducir una silla de ruedas, esto hace que esta opción sea la ideal para personas que utilicen este tipo de ayuda.



Figura 7. Ejemplo de Elevador vertical.

1.3.4 Elevadores verticales semicabinados

Su configuración y tipo de movimiento es similar al de los Salvaescaleras verticales, sin embargo, recorren distancias mayores, lo cual los hace parecidos a elevadores convencionales,

no obstante, son más reducidos en área como se puede observar en la Figura 8. En comparación con una silla o plataforma salva escaleras un elevador semicabinado proporciona una experiencia de transporte más cómoda y segura debido a que su área está claramente delimitada por las paredes de la cabina. Estos elevadores disponen de varios mecanismos de acción como lo son por medio de motores eléctricos o cilindros hidráulicos.

Su mayor inconveniente es el requerimiento de modificaciones en el hogar sin embargo sus prestaciones son mayores a las de las alternativas vistas previamente por lo que sus ventajas superan a sus desventajas, debido a esto



Figura 8. Ejemplo de Elevador vertical semicabinado.

1.4 Alternativas de elevadores verticales

1.4.1 Elevadores con motor eléctrico

También conocidos como elevadores de tracción, constan de un grupo motor generalmente de corriente alterna en el que se acopla un reductor de velocidad en cuya salida tiene una polea que transmite el movimiento de arrastre al cable que sujeta la cabina. En el extremo opuesto del cable que sujeta la cabina se encuentra suspendido un contrapeso, cuya función es la de equilibrar parcialmente el peso de la cabina y sus ocupantes [11]. En la Figura 9 se evidencia el funcionamiento básico de un elevador eléctrico.

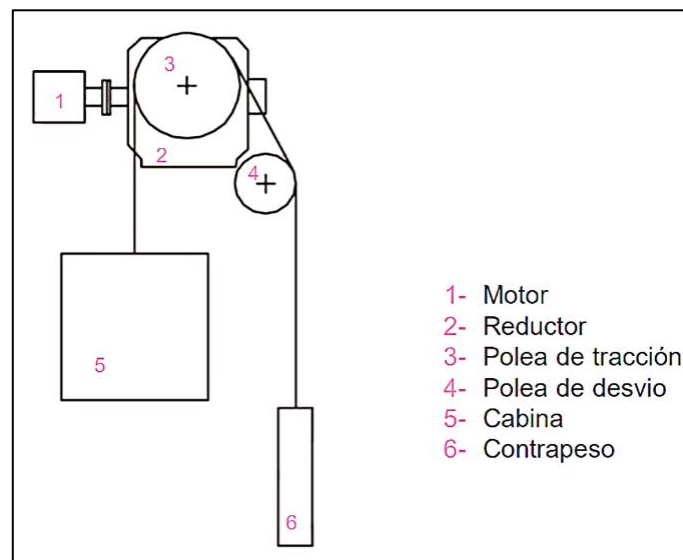


Figura 9. Esquema del funcionamiento de un elevador eléctrico [11].

Los elevadores eléctricos se pueden clasificar por la posición del motor y la relación de desplazamiento entre la cabina y el contrapeso como:

- Tiro 1:1: El desplazamiento de la cabina es el mismo que el del contrapeso.
- Tiro 2:1: El desplazamiento de la cabina es el doble que el del contrapeso.

Esto se logra gracias a la configuración del sistema de poleas tal y como se describe en las Figura 10 y Figura 11.

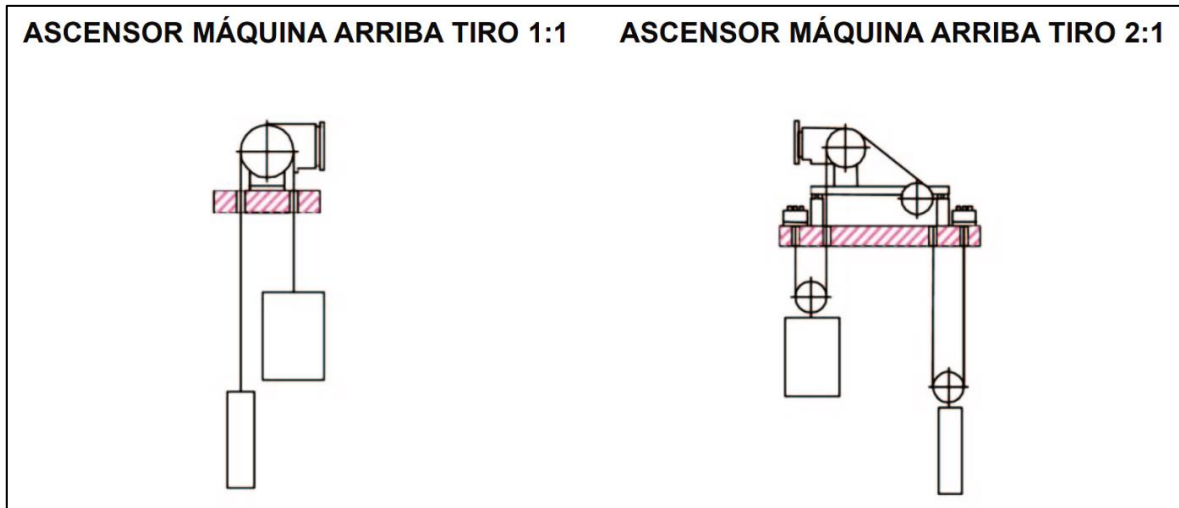


Figura 10. Tipos de tiro con máquina arriba [11].

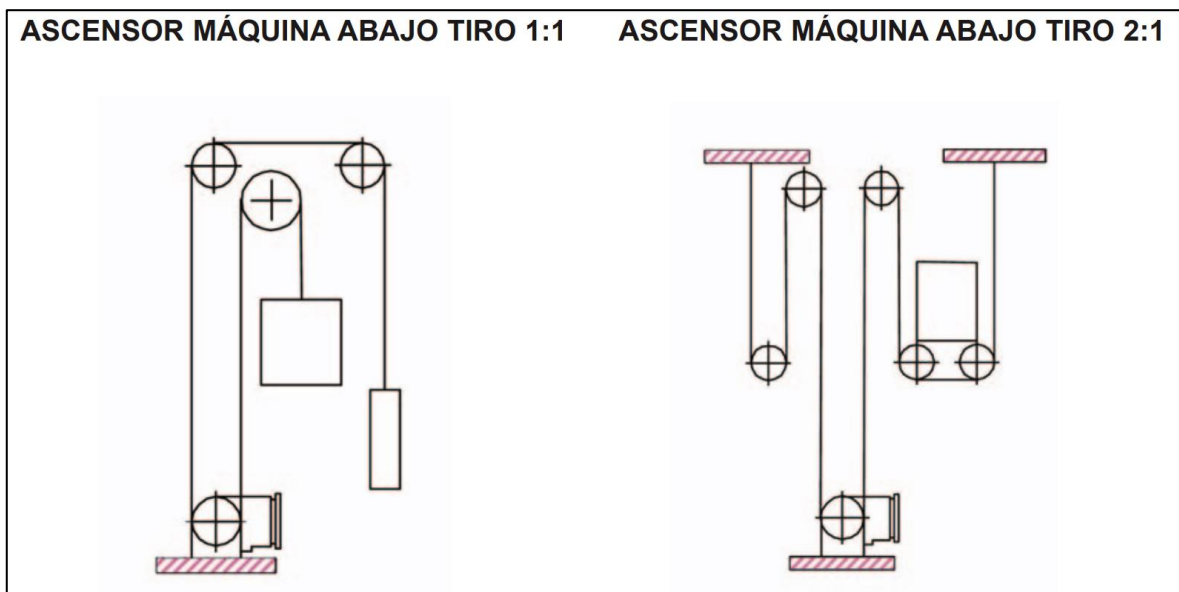


Figura 11. Tipos de tiro con máquina arriba [11].

Pero existe una clasificación aún más importante a tomar en cuenta para este proyecto el cual depende de la disponibilidad de un espacio extra para la instalación de un cuarto de máquinas.

1.4.1.1 Elevadores con cuarto de máquinas.

Son los más comunes en centros comerciales, edificios de oficinas y hospitales, pues estos requieren elevar un gran peso lo que necesita un motor de gran potencia y por ende un tamaño considerablemente, este motor junto a su sistema de poleas es ubicado en un cuarto exclusivo llamado cuarto de máquinas, el cual generalmente está ubicado por encima del último piso al que puede acceder el público general. En la Figura 12 se presenta este tipo de elevador.

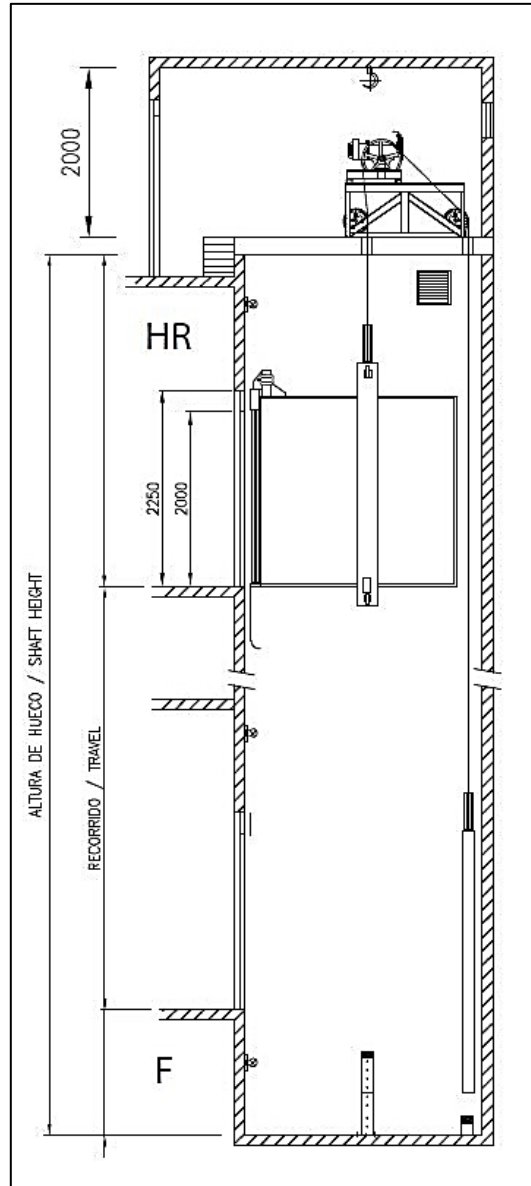


Figura 12. Esquema de elevador con cuarto de máquinas [12].

El acceso al cuarto de máquinas debería efectuarse preferiblemente por medio de escaleras fijas y las dimensiones del cuarto deben ser las suficientes para permitir la movilidad entre los equipos, se recomienda una distancia mínima de 0.75 metros entre equipos y superficies para facilitar la movilidad del equipo de mantenimiento [13].

1.4.1.2 Elevadores sin cuarto de máquinas (SCM)

Como se evidencia en la Figura 13 estos tienen un tamaño reducido, por lo cual son ideales para edificios sin mucho espacio de construcción, su funcionamiento es el mismo que el de los elevadores eléctricos convencionales, pero en estos se elimina la necesidad de tener un cuarto

de máquinas debido a que el motor está posicionado en un casillero metálico en la parte superior del último piso del edificio.

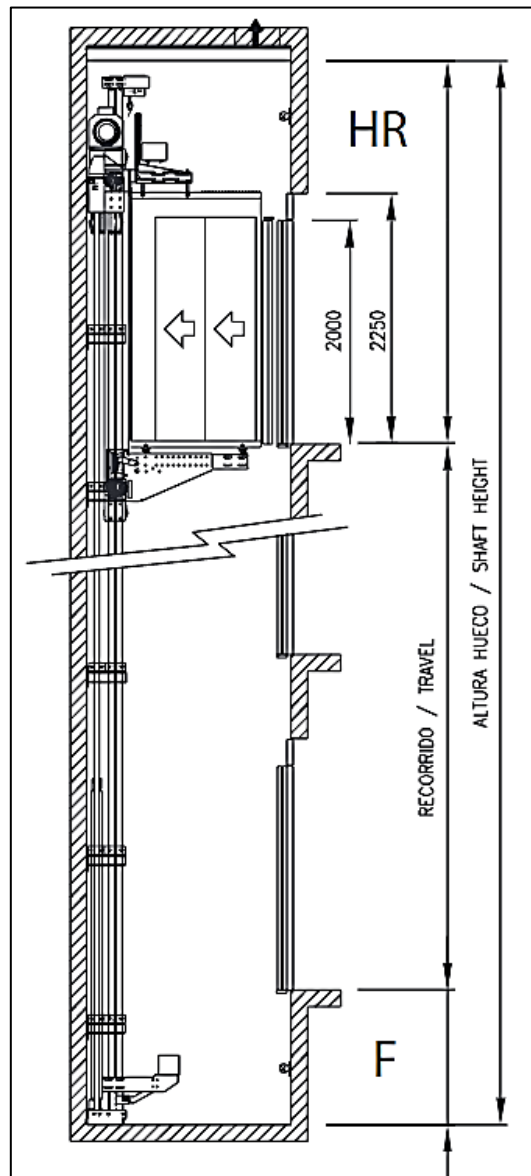


Figura 13. Esquema de elevador sin cuarto de máquinas [11].

Estos pueden contar o no con un sistema de poleas y contrapeso, en el que caso de no contar con estos elementos la cabina y el motor estarán conectados directamente por el cable el cual se enrollará en el eje del motor tractor

Un inconveniente que se puede encontrar en estos tipos de elevadores es que la eliminación del cuarto de máquinas involucra un aislamiento acústico más severo [11].

1.4.2 Elevadores hidráulicos

Un elevador hidráulico es un tipo de elevador que se utiliza para levantar y mover objetos o personas a diferentes alturas. Funciona mediante el uso de la fuerza hidráulica, esta es una fuerza transmitida a través de un fluido, como el aceite o el agua. Pioneros en el transporte entre pisos de edificios y viviendas hasta ser desplazados por los elevadores eléctricos, sin embargo, su uso no ha sido discontinuado, este tipo de elevador se encuentra a menudo en edificios de baja a media altura y es conocido por su sencillez de diseño y su bajo costo de instalación y mantenimiento [9].

Los elevadores hidráulicos se componen de una plataforma o cabina que se mueve hacia arriba y hacia abajo a través de una guía o riel. La Figura 14 representa su funcionamiento, la plataforma se moviliza mediante el uso de un cilindro hidráulico, que se llena o vacía de fluido para crear la fuerza necesaria para mover la plataforma [11].

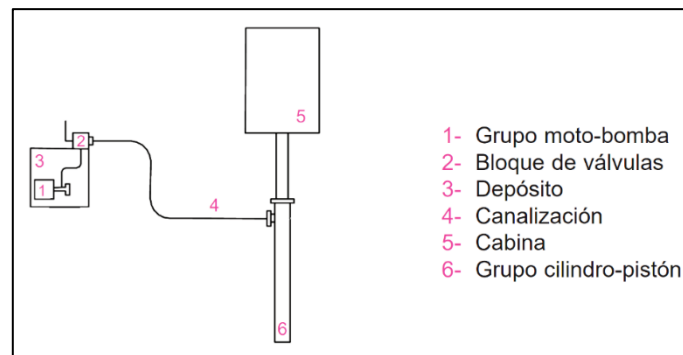


Figura 14. Esquema de elevador sin cuarto de máquinas [11].

Los elevadores hidráulicos se pueden clasificar la disposición del grupo cilindro pistón y la relación de desplazamiento entre la cabina y el contrapeso como:

- Tiro 1:1: El desplazamiento de la cabina es el mismo que el del contrapeso también llamados Directos.
- Tiro 2:1: El desplazamiento de la cabina es el doble que el del contrapeso también llamados indirectos.

1.4.2.1 Elevadores hidráulicos Directos

Este tipo de ascensor se caracteriza por transmitir el movimiento de manera directa desde el pistón hasta la cabina. Esto implica que la velocidad de extensión y la distancia recorrida por el

pistón coinciden con las de la cabina. Además, el pistón tiene la capacidad de desplegarse de manera completa o con el uso de pistones telescópicos para en varias etapas [11].

Hay dos alternativas de configuración:

- Pistón enterrado: El grupo pistón-cilindro se encuentra enterado en el núcleo del foso y realiza la acción de empuje, transmitiendo el movimiento al centro de la cabina, la Figura 15 representa el funcionamiento de esta configuración.

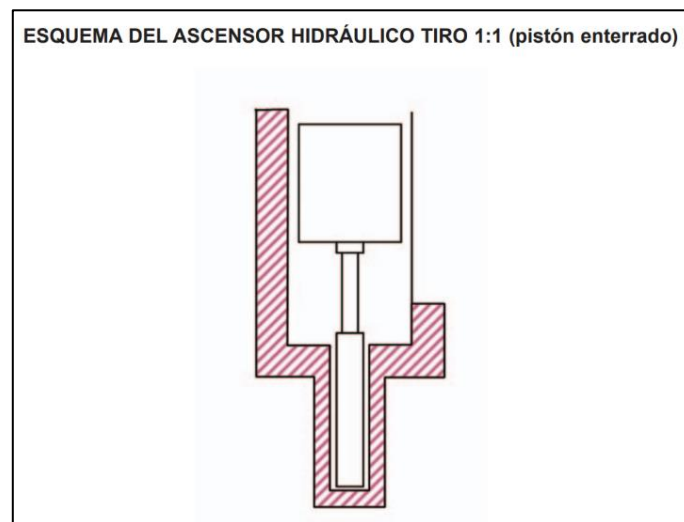


Figura 15. Esquema de la configuración con pistón enterrado [11].

- Pistón Lateral: En esta configuración el pistón no requiere ser instalado en un foso, sino que se encuentra ubicado atrás de la cabina junto con el cilindro correspondiente. La fuerza del pistón se transmite de forma excéntrica mediante un chasis tipo mochila, como se muestra en la Figura 16. Esta disposición permite prescindir del uso de un foso, lo que proporciona una opción práctica y eficiente para el movimiento del ascensor

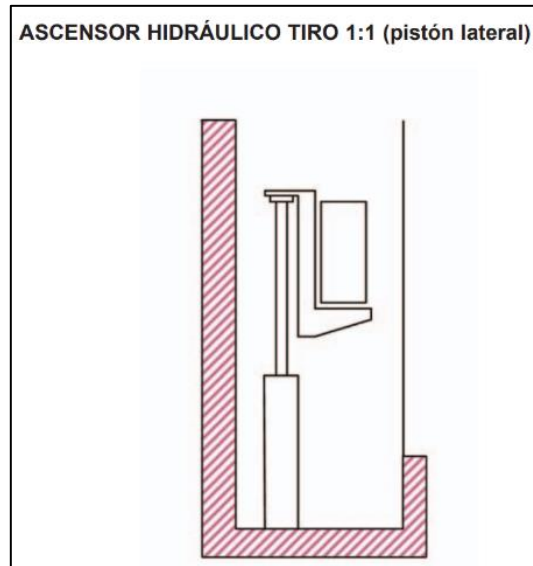


Figura 16. Esquema de la configuración pistón lateral [11].

1.4.2.2 Elevadores hidráulicos Indirectos

Son un tipo de elevador hidráulico en el que la relación de recorrido entre el pistón y la cabina es de 2 a 1. Esto significa que, por cada 2 metros de desplazamiento pistón, la cabina se desplaza 1 metro. Este tipo de elevador se utiliza a menudo en edificios de baja a media altura y es conocido por su sencillez de diseño y su bajo costo de instalación y mantenimiento [11].

Para realizar esta relación de desplazamiento el pistón se encuentra equipado con una polea en su parte superior, Los cables de suspensión se colocan sobre esta polea y están amarrados a la cabina con un chasis tipo mochila por un lado y a un punto fijo en la base del pistón a la cabina, esta configuración se aprecia en la Figura 17.

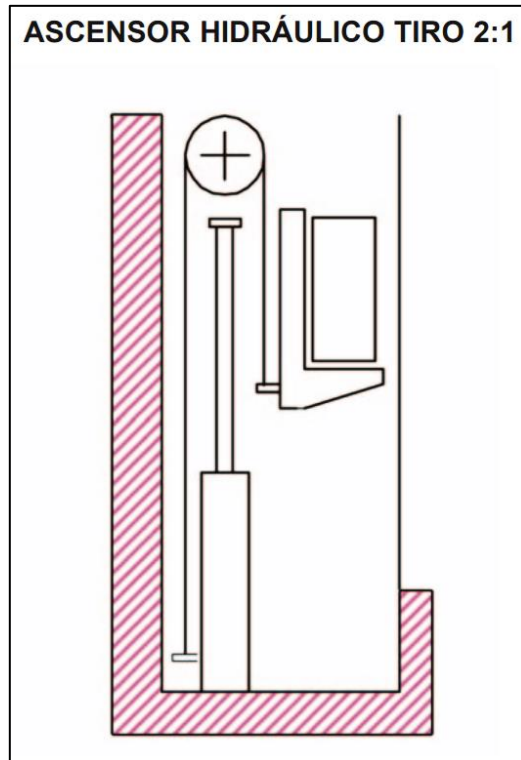


Figura 17. Esquema del ascensor hidráulico tiro 2:1 [11].

Gracias a esta configuración el desplazamiento como la velocidad de avance y retroceso se duplican por lo que se necesitan pistones de menor longitud y velocidad en comparación a los que se usarían en un elevador hidráulico directo.

1.5 Análisis comparativo

Antes de realizar el diseño es necesario determinar qué tipo de ascensor se utilizará mediante un análisis comparativo, esta es una técnica de investigación que evalúa dos o más elementos y determinar sus fortalezas y debilidades. Esta técnica puede ser muy útil para contrastar las características de las opciones disponibles, y tomar decisiones basadas en una evaluación numérica.

Como se dio a entender previamente existen muchas opciones para satisfacer la movilidad vertical por ende es viable realizar un análisis comparativo, para esto se evaluará y confrontará diferentes tipos de elevadores, con el objetivo de determinar sus similitudes y diferencias en términos de seguridad, espacio ocupado, costo y otras características importantes. Sin embargo, otras características como la distancia de recorrido, la capacidad de carga y la velocidad no

serán comparadas pues independientemente del tipo de elevador los requerimientos son los mismos.

En la Tabla 1 se compararán los principales candidatos para satisfacer la movilidad vertical en una vivienda con una calificación (Calf) de 0 a 5 y una ponderación (Pond) que demuestra la importancia de cada atributo.

Tabla 1. Comparativa entre opciones.

Factores	Peso	Eléctrico		Eléctrico		Hidráulico		Hidráulico	
		SCM 1:1		SCM 2:1		indirecto 1:1		indirecto 2:1	
		Calf	Pond	Calf	Pond	Calf	Pond	Calf	Pond
Seguridad	20	4	16	4.5	18	5	20	5	20
Espacio Requerido	20	5	20	5	20	4	16	4	16
Economía	15	4	12	4.5	13.5	3.5	10.5	4	12
Complejidad Mecánica	15	4.5	13.5	4	12	4.5	13.5	4	12
Facilidad de instalación	10	4	8	4	8	5	10	4	8
Facilidad de mantenimiento	10	4	8	4	8	4	8	4	8
Ahorro energético	10	4	8	4	8	3.5	7	3.5	7
Total	100	29.5	85.5	30	87.5	29.5	85	28.5	83

Como se puede apreciar la opción ganadora es el elevador vertical semicabinado eléctrico sin cuarto de máquinas 2:1 por lo tanto el diseño propuesto se realizará en base a la configuración geométrica requerida para este tipo.

1.6 Conclusiones del capítulo

En conclusión, existen varios tipos de elevadores especialmente diseñados para personas con discapacidades, estos incluyen Salvaescleras con plataformas, elevadores verticales y elevadores semicabinados. Cada uno de estos tipos de elevadores tiene sus propias características y ventajas, y es importante seleccionar el tipo adecuado para satisfacer las particularidades de cada persona con discapacidad.

Además, es importante tener en cuenta que la accesibilidad es una consideración clave en la construcción y diseño de edificios y que los elevadores especialmente diseñados para personas con discapacidades son una necesidad para garantizar que tengan acceso a los diferentes niveles de un edificio. Es importante que los arquitectos, ingenieros y diseñadores de edificios tomen en consideración la accesibilidad en todas las etapas del proyecto y garanticen que las viviendas sean accesibles para aquellos con restricciones de movilidad.

Por último, cabe destacar que se ha elegido al elevador vertical semicabinado sin cuarto de máquinas como propuesta de diseño debido a que es el más apto según los requerimientos.

CAPÍTULO 2.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN ELEVADOR SEMICABINADO

Este capítulo tiene como finalidad desarrollar un enfoque analítico del proceso de diseño y funcionamiento de un elevador vertical semicabinado eléctrico sin cuarto de máquinas 2:1 para personas con movilidad reducida mediante con la información y procesos ya establecidos en el capítulo 1 así como nuevas ideas presentadas en este capítulo. Para esto se hará uso del flujograma presentado en la Figura 18.

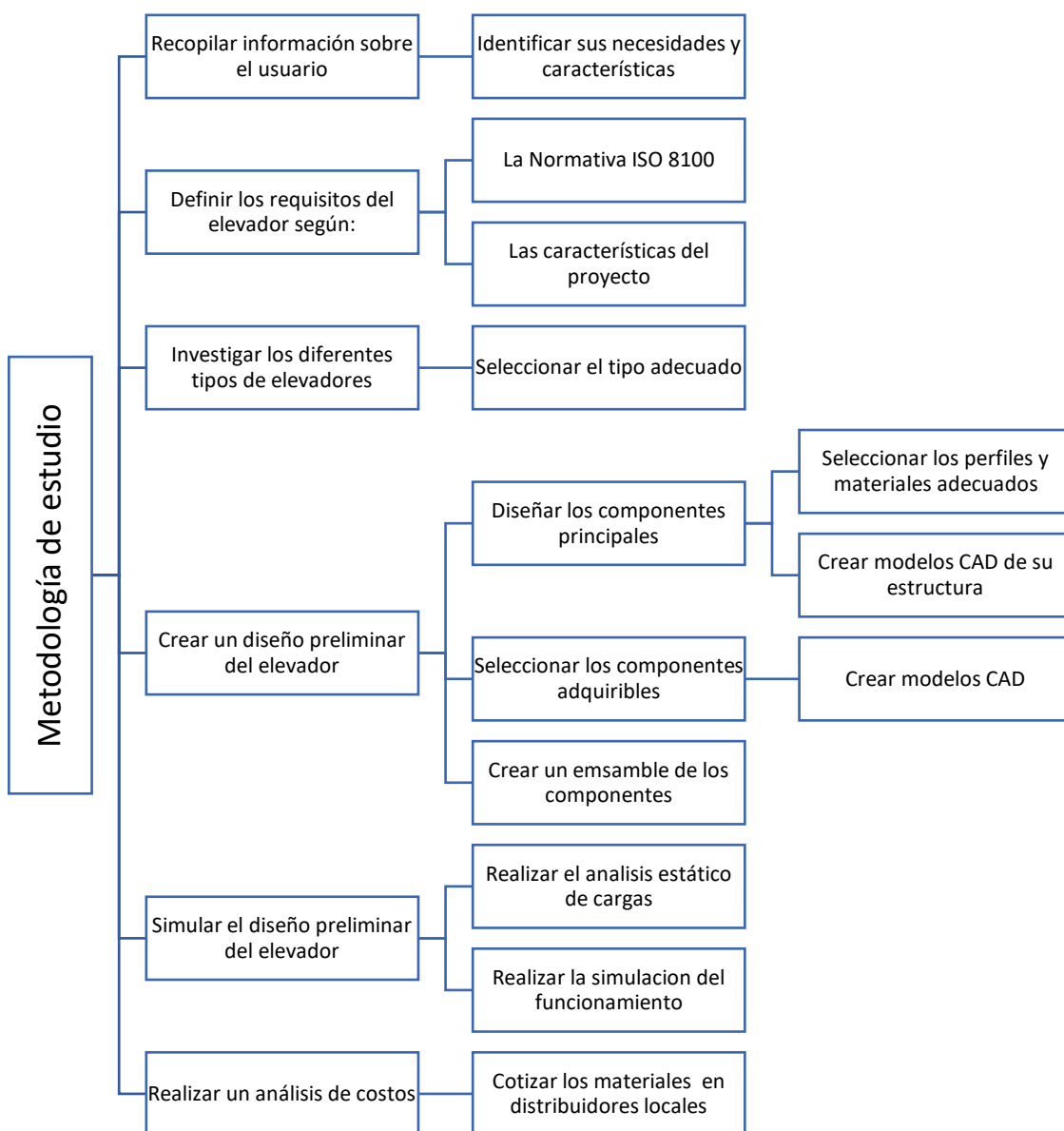


Figura 18. Flujograma sobre la metodología de diseño del elevador semicabinado.

2.1 Requerimientos generales

Permiten establecer las bases necesarias para diseñar y construir un elevador que cumpla con las necesidades específicas del grupo objetivo. Al definir los requisitos generales, se pueden abordar aspectos clave como el tamaño de la cabina, la altura de las puertas, la capacidad de carga, la facilidad de uso, la seguridad y la adecuación a las normativas vigentes. Además, establecer los requerimientos generales desde el principio ayuda a evitar problemas y costosos cambios en etapas posteriores del proyecto, al tiempo que asegura que el elevador cumpla con los estándares de accesibilidad y mejore el bienestar de los futuros usuarios.

2.1.1 Requerimientos establecidos por normativas

En base a la Norma Técnica Ecuatoriana [14] NTE INEN 3139 dedicada a la accesibilidad de las personas al medio físico circulaciones verticales ascensores publicada en el año 2018, los requisitos generales que debe tener un ascensor para brindar una buena accesibilidad hacia personas con movilidad reducida son los enlistados en la Tabla 2.

Tabla 2. Requerimientos básicos para el diseño de elevadores para personas con movilidad reducida [14].

N°	Requerimiento
1	Ancho mínimo de la entrada de 800 [mm].
2	Altura mínima de acceso de 2100 [mm].
3	Longitud mínima de sus lados de 1000 [mm].
4	Área mínima de la cabina de 1.25 [m ²].
5	Tolerancia de parada menor a ± 10 [mm].
6	Longitud mínima de maniobra fuera del ascensor de 2000 [mm].
7	Altura de la botonera en el pasillo entre 900 mm y 1200 [mm].
8	Altura mínima de la botonera en la cabina de 800 [mm].
9	El tamaño de los botones no debe ser menor a 25 mm de longitud en caso de ser poligonales o diámetro en caso de ser circulares.
10	Los botones deben tener relieve y contraste de color.

En adición a esto se adjuntan esquemas con las dimensiones recomendadas para el pasillo y el ascensor tanto de vista lateral como frontal mostradas en la Figura 19 y Figura 20 respectivamente.

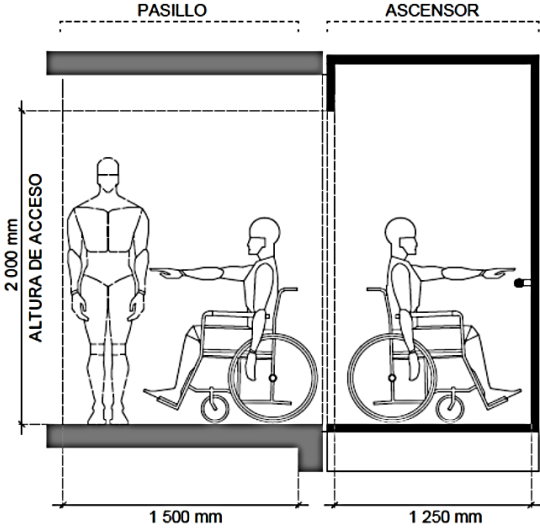


Figura 19. Esquema de las dimensiones necesarias de un elevador para personas con movilidad reducida vista lateral [14].

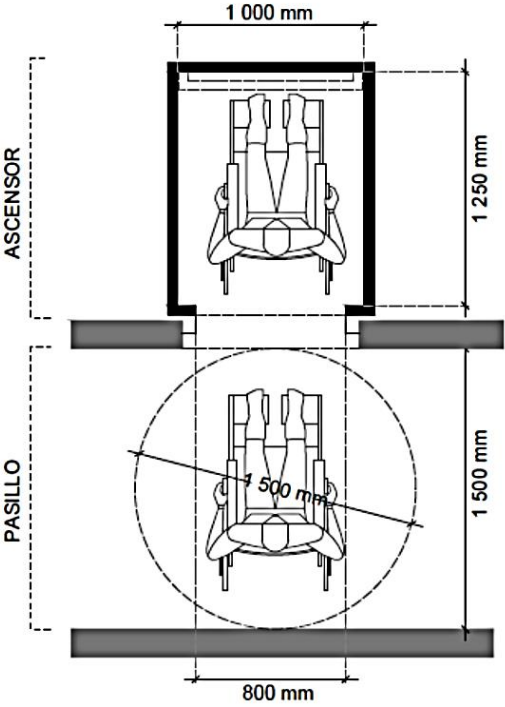


Figura 20. Esquema de las dimensiones necesarias de un elevador para personas con movilidad reducida vista superior [14].

2.1.2 Requerimientos establecidos según el proyecto

Son los requerimientos que el elevador debe cumplir las necesidades específicas del usuario y del proyecto, pueden abordar aspectos clave como la capacidad de carga, la distancia del recorrido, el espacio disponible y por ende el tamaño de la cabina.

2.1.2.1 Capacidad de carga

Se debe tener en cuenta tanto el peso del usuario como el de su dispositivo de asistencia, así como la existencia o no de un acompañante, este valor será clave para el diseño estructural de la cabina, y junto al peso de esta se podrá seleccionar el tecele adecuado.

El peso es la magnitud vectorial que representa la fuerza de atracción ejercida por un planeta sobre la masa de un cuerpo y se mide en newtons en el Sistema Internacional [15]. Para calcular el peso se hará uso de la Ecuación (1).

$$P = m * g \quad (1)$$

Donde:

P: Peso del cuerpo; [N]

m: Masa del cuerpo; [Kg]

g: Aceleración de la gravedad de la tierra; [m/s]

En Ecuador cerca del 60% de la población tienen problemas de sobrepeso es decir un IMC > 25 [16], teniendo en cuenta que la estatura media de los varones es de 1.64 [m] la masa del usuario se promedia en 75 [Kg]. En la Tabla 3 se detallan los pesos calculados para los diferentes tipos de carga en el elevador.

Tabla 3. Pesos según el tipo de carga [5].

Carga	Masa [Kg]	Peso [N]
Usuario	75	735.75
Acompañante	75	735.75
Silla de Acero	25	245.25
Silla de Aluminio	15	147.15
Silla de Titanio	10	98.1

A su vez en la Tabla 4 se detallan las posibles combinaciones de carga y sus pesos.

Tabla 4. Posibles combinaciones de carga.

Posibles combinaciones	Masa [Kg]	Peso[N]
Usuario	75	735.8
Usuario + Silla de acero	100	981
Usuario + Silla de acero + Acompañante	175	1716.8

2.1.2.2 Distancia de recorrido

Para este proyecto se ha considerado una distancia entre piso y techo de 2.20 [m] y un espesor de losa de entrepiso de 0.20 [m] teniendo en cuenta que esta varía desde 0.10 [m] hasta 0.30 [m], dando un total de 2.40 [m] como se puede apreciar en la Figura 21, esta medida es la altura modular mínima de piso a piso establecida por la norma INEN 313 dedicada a la Coordinación modular de la construcción [17].

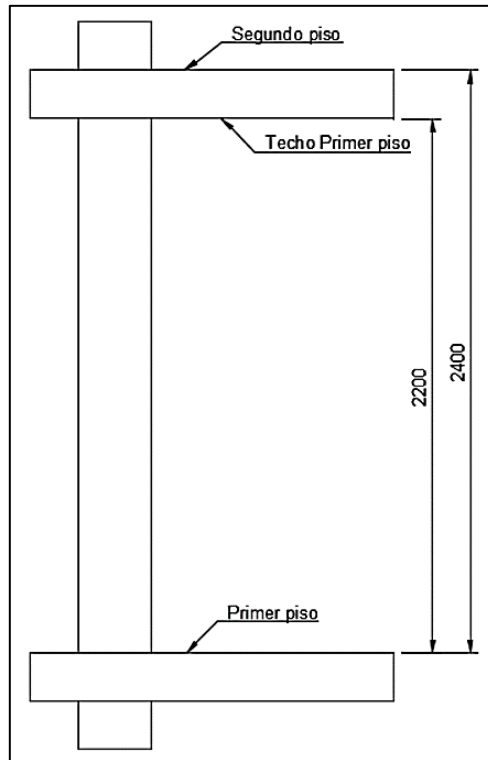


Figura 21. Distancia de piso a piso.

2.1.2.3 Velocidad de elevación

La velocidad de elevación recomendada para un elevador para personas con movilidad reducida es de no más 0.15 [m/s], se debe tener en cuenta que esta velocidad es para elevadores con cabina completa, por otro lado la velocidad común de los salvaescaleras verticales semicabinados es de 0.10 [m/s], por lo que se tratara de estar en ese rango, sin embargo la velocidad a la cual se desplace la cabina será la equivalente con la que el cable se enrolle en el eje del winche eléctrico, para esto se deberá transformar la velocidad angular del eje a velocidad lineal con la Ecuación (2).

$$V_L = \omega * r \quad (2)$$

Donde:

v_L : Velocidad lineal; [m/s]

ω : Velocidad angular; [rad/s]

r : Radio; [m]

2.1.2.4 Espacio disponible

Al ser una propuesta de diseño destinada al público en general no se tienen un espacio determinado al cual adaptar el diseño, sin embargo, se puede determinar el área mínima en base a la Norma NTE INEN 3139 que la establece como 1.25 [m²] [14].

2.2 Lista de elementos

A continuación, se proporcionará una breve explicación de los elementos esenciales que requiere un elevador vertical semicabinado eléctrico sin cuarto de máquinas 2:1 para el grupo objetivo, mismos que serán implementados en el diseño de la propuesta presentada más adelante.

2.2.1 Cabina y chasis

La cabina es un elemento esencial en el funcionamiento de un elevador debido a que es el espacio diseñado para acomodar y trasladar a los pasajeros de manera segura y cómoda. Su estructura se encuentra respaldada por un chasis o bastidor que cumple un doble propósito: proporcionar la rigidez necesaria a la cabina para soportar el peso de los pasajeros, y servir como punto de conexión para los diferentes componentes del sistema como lo son los cables de suspensión, sistemas de seguridad y guías [11]. Se muestra un ejemplo de cabina en la Figura 22.

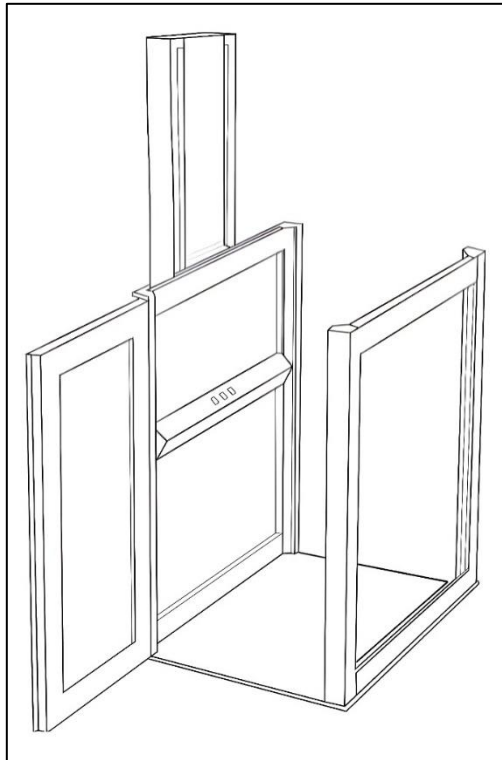


Figura 22. Cabina de un elevador semicabinado [18].

2.2.2 Guías de la cabina

Permiten un movimiento vertical suave y preciso a lo largo del recorrido del elevador. Estas guías, también conocidas como rieles de guía, son estructuras instaladas verticalmente en las paredes del hueco del elevador y están diseñadas para soportar y orientar el desplazamiento de la cabina de manera segura, las guías más utilizadas son los perfiles en forma de T [11].

2.2.3 Cable de suspensión

Son los encargados de soportar el peso de la cabina y permitir su movimiento vertical, están conectados desde un punto de anclaje en la parte superior de la cabina hasta un grupo tractor en la parte superior del hueco del elevador. Para garantizar su durabilidad y seguridad estos cables son elaborados a partir de acero de alta resistencia y están conformados por cables más pequeños trenzados alrededor de un alma central que puede ser metálica o textil [11].

2.2.4 Puertas y barreras de acceso

El acceso a la cabina debe estar provisto de puertas de piso y puertas de la cabina, estas deben ser fabricadas sin perforaciones y con alma llena, en su posición cerrada las puertas deben

imposibilitar totalmente el acceso a la cabina y piso. En el caso de contar con puertas de bisagras es necesario disponer de topes para evitar que sobresalgan de su lugar durante el trayecto [19]. En el caso de elevadores semicabinados es permisible el uso de barreras de acceso para la cabina en lugar de puertas, siempre y cuando estas consten de un enclavamiento mecánico.

2.2.5 Grupo tractor

El grupo tractor en un elevador semicabinado es un conjunto de componentes y mecanismos responsables de generar la fuerza necesaria para el movimiento vertical de la cabina. Está compuesto principalmente por un motor eléctrico, un sistema de tracción y un juego de poleas o tambores como se evidencia en la Figura 23 [11].

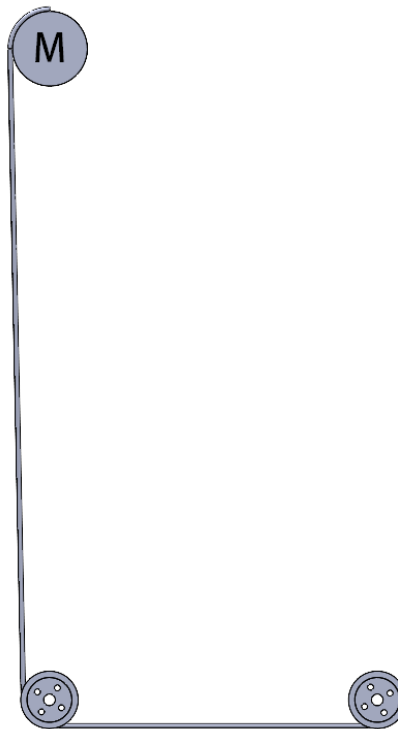


Figura 23. Esquema grupo Tractor.

2.2.5.1 Motor eléctrico

Proporciona la energía necesaria para el funcionamiento del elevador, transforma la energía eléctrica de ingreso en energía mecánica, que se utiliza para accionar el sistema de tracción. Puede ser de corriente alterna o corriente continua, dependiendo del diseño y los requerimientos del sistema.

2.2.5.2 Sistema de tracción

El sistema de tracción está compuesto por una serie de cables o correas que se conectan al motor y se enrollan alrededor de un juego de poleas. Estos cables o correas, generalmente de acero, están diseñados para soportar cargas pesadas y transmitir la fuerza generada por el motor hacia la cabina.

2.2.5.3 Juego de poleas

Las poleas mediante su número y configuración son las encargadas de las relaciones de desplazamiento y fuerza en el sistema. Los cables o correas se enrollan alrededor de estas poleas, lo que facilita el movimiento vertical de la cabina.

2.2.6 Sistema de control

Su objetivo es regular eficientemente el comportamiento de un sistema mediante el uso de dispositivos electrónicos [4]. Estos dispositivos reciben señales de entrada y generan señales de salida. Su responsabilidad abarca la gestión de las operaciones, desplazamiento, detención y detección de la cabina, así como la selección de pisos a través de las botoneras internas y en cada nivel.

2.3 Dispositivos de seguridad

Son elementos vitales diseñados para garantizar la protección y tranquilidad de los pasajeros durante su uso. Estos dispositivos se encuentran estratégicamente instalados en el elevador y están diseñados para prevenir accidentes y minimizar los riesgos asociados con su funcionamiento.

2.3.1 Freno de emergencia

Dispositivo que puede ser activado de forma manual para interrumpir el movimiento del elevador, así como cortar la alimentación del grupo tractor.

2.3.2 Paracaídas

Es un mecanismo de seguridad incorporado en el chasis de la cabina, se encarga de detener por completo el movimiento de ésta en caso de existir una rotura en cable de tracción. Su principio

de funcionamiento es ejercer presión contra las guías del elevador para así inmovilizar la cabina. Puede activarse de forma mecánica mediante elementos accionados por fuerza centrífuga, fuerza gravitacional o liberación de seguros. Además, se puede activar eléctricamente a través de la apertura del contacto de seguridad en el limitador de velocidad [11].

Existen dos grupos clasificados según su modo de actuación:

- Frenado progresivo: El frenado es gradual gracias al uso de elementos elásticos, se pueden implementar en cualquier elevador independientemente de su velocidad.
- Frenado instantáneo: Este grupo se caracteriza por un frenado brusco pero inmediato. Son apropiados para elevadores con velocidades inferiores a 0.63 [m/s].

2.3.3 Finales de carrera

Son dispositivos electromecánicos accionados por elementos propios de una máquina o componentes externos, su función es aportar información sobre el posicionamiento del sistema y permitir o no su movimiento [20].

2.3.4 Enclavamiento mecánico de la barra de acceso

El ingreso al elevador semicabinado se da por medio de una puerta ubicada en cada piso de la vivienda y una barreira de acceso propia de la cabina, esta barrera evitara situaciones de riego durante el desplazamiento del elevador por lo que debe contar con un enclavamiento mecánico que imposibilite su apertura durante el trayecto.

2.4 Propuesta de diseño

En función del tipo de elevador, los requisitos estipulados por las normativas vigentes y los elementos esenciales que debe incluir se ha creado un prototipo de "Elevador vertical semicabinado eléctrico sin cuarto de máquinas 2:1 para personas con movilidad reducida".

2.4.1 Funcionamiento

La propuesta de diseño se presenta en la Figura 24, la cabina es elevada por medio de un tecele eléctrico con configuración 2:1 ubicado en la viga superior, las columnas además de soportar el peso de la cabina sirven como guías y están ubicadas en la parte posterior de la cabina.

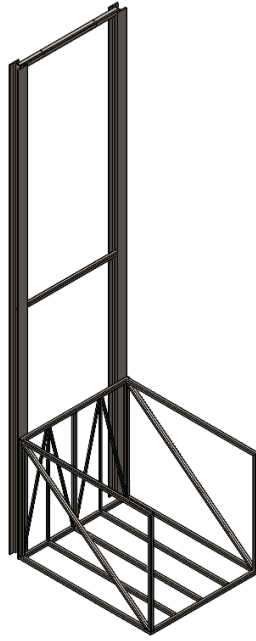


Figura 24. Propuesta de diseño.

2.4.2 Características

- Consta de dos perfiles H como columnas que guiarán a la cabina y soportarán el peso de la estructura.
- La viga superior es un perfil cuadrado dimensionada para soportar el peso de la cabina.
- Las columnas irán empotradas al piso y a las paredes de la vivienda.

Tras ponderar estos criterios, se concluyó que la alternativa más factible es la propuesta de diseño 1, esta cumple con los requisitos necesarios en términos de resistencia, economía, facilidad de instalación, estética y un tiempo de construcción razonable.

2.5 Diseño estructural

A través de un enfoque riguroso, se consideran las cargas y sollicitaciones aplicadas, se aplican los criterios y estándares de diseño pertinentes, y se optimiza la geometría y configuración estructural para garantizar la capacidad de carga, la estabilidad y la resistencia estructural requerida. Además, se tienen en cuenta los aspectos de durabilidad, resistencia a la fatiga, y se implementan soluciones técnicas adecuadas para lograr un rendimiento óptimo. De esta manera, se asegura la seguridad de los ocupantes y se maximiza la eficiencia y confiabilidad del ascensor a lo largo de su vida útil.

2.5.1 Materiales

Se selecciono el acero ASTM A36 por sus propiedades mecánicas excepcionales, con una resistencia a la tracción y una ductilidad notable. Estas propiedades aseguran que el elevador pueda soportar las cargas estáticas y dinámicas. Además, para el recubrimiento de la cabina, se utilizará acero AISI 304, este ofrece una excelente resistencia a la corrosión y un acabado estético de alta calidad. Al combinar el acero ASTM A36 para el diseño estructural y el acero AISI 304 para el recubrimiento de la cabina, se logrará una solución integral que cumpla con los estándares de seguridad, durabilidad y apariencia visual deseada para el elevador. Las propiedades de cada material serán detalladas en la Tabla 5.

Tabla 5. Materiales utilizados en el diseño estructural y sus propiedades.

Material	Propiedad	Nomenclatura	Valor	Unidad
ASTM A36	Esfuerzo de fluencia	σ_y	250	[MPa]
	Esfuerzo máximo	$\sigma_{m\acute{a}x}$	400	[MPa]
	Módulo de elasticidad	E	200000	[MPa]
	Densidad específica	ρ	7850	[Kg/m ³]
AISIC 304	Esfuerzo de fluencia	σ_y	517.017	[MPa]
	Esfuerzo máximo	$\sigma_{m\acute{a}x}$	206.807	[MPa]
	Módulo de elasticidad	E	190000	[MPa]
	Densidad específica	ρ	8000	[Kg/m ³]

2.5.2 Diseño de la cabina

Se realizó siguiendo las pautas establecidas por la Norma ISO 8100-30 dedicada a elevadores para personas y mercancías, que cumple con las dimensiones establecidas por Norma Técnica Ecuatoriana [14] NTE INEN 3139 dedicada a la accesibilidad de las personas con movilidad reducida, que establece que el área útil de un ascensor debe ser $1.25 \text{ [m}^2\text{]}$.

2.5.2.1 Revestimiento de la cabina

Para el revestimiento de la cabina, se utilizarán láminas de acero AISI 304 tanto en el exterior como en el interior de la cabina y en las partes que tengan contacto con el usuario, debido a que es un material resistente a la corrosión. El proceso de soldadura seleccionado para unir las láminas será el TIG (Tungsten Inert Gas), conocido por proporcionar un acabado de alta calidad y una protección efectiva contra la contaminación. Además, la fijación de las láminas a la estructura de la cabina se realizará mediante remaches, garantizando así una sujeción segura y duradera.

2.5.2.2 Diseño de la viga central

Durante el proceso de diseño de la viga central, se ha considerado que esta se encuentra sujeta en sus extremos, con una carga distribuida como se aprecia en la Figura 25. Para determinar el peso que esta viga debe soportar sin comprometer su integridad estructural se debe calcular la Carga Admisible en el área tributaria.

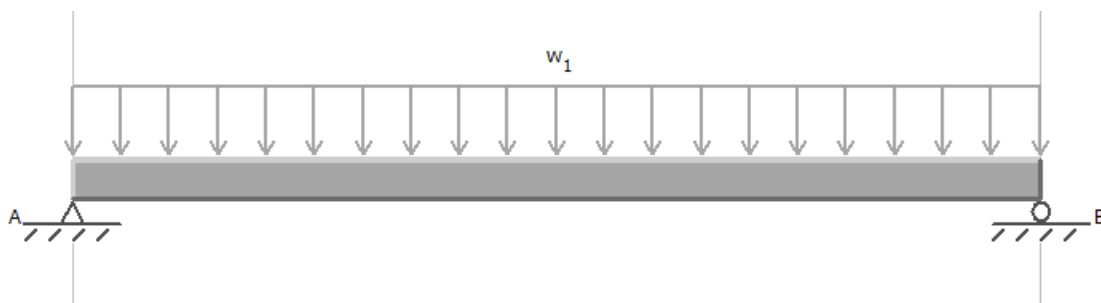


Figura 25. Diagrama de la viga central.

Además, es crucial tener en cuenta el material utilizado en su diseño, ya que juega un papel fundamental en su rendimiento y resistencia.

2.5.2.2.1. Cálculo de cargas

El cálculo de las cargas de la cabina es esencial para garantizar su resistencia y estabilidad. Se deben considerar tanto las cargas vivas como las cargas muertas. Este cálculo permite evaluar las fuerzas y momentos que actúan sobre la viga, dimensionarla adecuadamente y asegurar que pueda soportar las cargas esperadas sin exceder su capacidad de resistencia. En la Tabla 6 se clasifican las cargas según su tipo.

Tabla 6. Clasificación de cargas en la cabina según su tipo.

Tipo de carga	Propiedad	Nomenclatura	Valor	Unidad
Carga viva	Usuario	P_U	735.75	[N]
	Silla de ruedas	P_S	245.25	[N]
	Acompañante	P_A	735.75	[N]
Carga muerta	Plancha de acero antideslizante AISI 304 e=2mm (Piso)	P_P	241.72	[N]

2.5.2.2.1.1. Cálculo de carga viva en la cabina

Para el cálculo de la carga viva total se suma todas las cargas vivas presentes en el sistema con la Ecuación (3).

$$P_v = P_U + P_S + P_A \quad (3)$$

Donde:

P_V : Carga viva total; [N]

P_U : Carga del usuario; [N]

P_S : Carga de la silla de ruedas; [N]

P_A : Carga del acompañante; [N]

2.5.2.2.1.2. Cálculo de carga admisible en la cabina

La carga admisible es la carga más exigente a la que la estructura puede estar sometida, generando el mayor impacto en está. Se determina al combinar la carga viva total y la carga muerta total, esta combinación de cargas se realiza mediante la Ecuación (4) y permite evaluar cómo se comporta y resiste la estructura en condiciones extremas.

$$P_{at} = P_V + P_M \quad (4)$$

Donde:

P_{at} : Carga admisible total; [N]

P_V : Carga viva total; [N]

P_M : Carga muerta total; [N]

A su vez esta carga se puede representar como carga distribuida al utilizar la Ecuación (5).

$$W_{at} = P_{at}/A_t \quad (5)$$

Donde:

W_{at} : Carga admisible distribuida total; [N/m²]

P_{at} : Carga admisible total; [N]

A_t : Área total; [m²]

2.5.2.2.1.3. Cálculo de carga admisible en la viga

La carga soportada por la viga es equivalente al área tributaria que esta abarca. Para calcular la carga admisible en la viga se hace uso de la Ecuación (6).

$$P_a = W_{at} * A_{tributaria} \quad (6)$$

Donde:

P_a : Carga admisible en la viga; [N]

W_{at} : Carga admisible total distribuida; [N/m²]

$A_{tributaria}$: Área tributaria; [m²]

Para efectos prácticos del dimensionamiento de la viga es necesario contar con una carga distribuida por longitud, para esto se hace uso de la Ecuación (7).

$$W_a = P_a/l \quad (7)$$

Donde:

W_a : Carga distribuida admisible en la viga; [N/m]

P_a : Carga admisible en la viga; [N]

l : Longitud de la viga: [m]

2.5.2.2.2. Cálculo de momento máximo

El momento máximo o momento admisible se refiere al punto en el cual la viga está sometida a mayor flexión, lo que puede resultar en tensiones y deformaciones significativas. Al determinar el momento máximo, se puede diseñar la viga de manera adecuada, ya que con este se puede encontrar el módulo de sección recomendado para resistir las cargas aplicadas. Para el cálculo de esta variable se hace uso de la Ecuación (8) establecida por el método ASD para vigas con carga distribuida.

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{W_a * l^2}{8} \quad (8)$$

Donde:

$M_{m\acute{a}x}$: Momento máximo en la viga; [N/m]

W_a : Carga distribuida admisible en la viga; [N/m]

l : Longitud de la viga: [m]

2.5.2.2.3. Cálculo del módulo de sección

El módulo de sección indica la capacidad de la sección transversal para resistir la flexión, siendo una medida de la rigidez y resistencia del elemento estructural. Cuanto mayor sea el valor del módulo de sección, más rígida y resistente será la sección transversal y mejor podrá soportar las cargas y evitar deformaciones excesivas. Este factor es el que determina que perfil comercial se utilizara, para el cálculo de esta variable se hace uso de la Ecuación (9). establecida por el método ASD.

$$Z_X = \frac{M_{m\acute{a}x} * F_S}{\sigma_y} \quad (9)$$

Donde:

Z_X : M3dulo de secci3n; [cm³]

$M_{m\acute{a}x}$: Momento m3ximo en la viga; [N/m]

F_S : Factor de seguridad

σ_y : Esfuerzo de fluencia; [MPa]

Para garantizar la seguridad del usuario se utilizar3 un factor de seguridad igual a 3 para determinar el m3dulo de secci3n recomendado. Este valor es superior al establecido por el m3todo ASD ($F_S=1.67$).

2.5.2.2.4. Validaci3n por Flexi3n

Seg3n el c3digo AISC el perfil adecuado debe soportar por flexi3n la carga aplicada en condiciones normales, para esto se calcula el momento nominal resistente del perfil seleccionado con la Ecuaci3n (10).

$$\frac{M_n}{F_S} = \frac{\sigma_y * Z_X}{F_S} \quad (10)$$

Donde:

M_n : Momento nominal de la viga; [N/m]

σ_y : Esfuerzo de fluencia; [MPa]

Z_X : M3dulo de secci3n; [cm³]

F_S : Factor de seguridad

Se verifica si el perfil seleccionado para la viga cumple o no por flexión, ya que se puede comparar con el momento máximo teórico mediante la Ecuación (11).

$$\frac{M_n}{F_S} \geq M_{m\acute{a}x} \quad (11)$$

M_n : Momento nominal de la viga; [N/m]

F_S : Factor de seguridad

$M_{m\acute{a}x}$: Momento máximo en la viga; [N/m]

Mediante esta demostración se evalúa si el perfil seleccionado presenta o no fallas debido a la flexión. En caso de que no presente fallas por flexión, se procede a calcular el ratio utilizando la Ecuación (12). Dicho ratio representa el porcentaje correspondiente a la capacidad en la que el perfil está trabajando.

$$Ratio = \frac{M_{m\acute{a}x}}{M_n/F_S} \quad (12)$$

Donde:

$M_{m\acute{a}x}$: Momento máximo en la viga; [N/m]

M_n : Momento nominal de la viga; [N/m]

F_S : Factor de seguridad

2.5.2.2.5. Resultados cargas, momento máximo y módulo de sección

Las medidas en el interior de la cabina serán de 1.06 [m] de alto, 1.4 [m] de largo, y 1.1 [m] de ancho dando un área total de piso de 1.54 [m²], que cumple con el área mínima de 1.25 [m²] estipulado en la normativa ecuatoriana. En base a estos parámetros se optó por la configuración estructural presentada en la Figura 26 para el piso de la cabina, considerando que en el ingreso de la cabina no existe una pared la cota se toma desde el inicio de la viga.

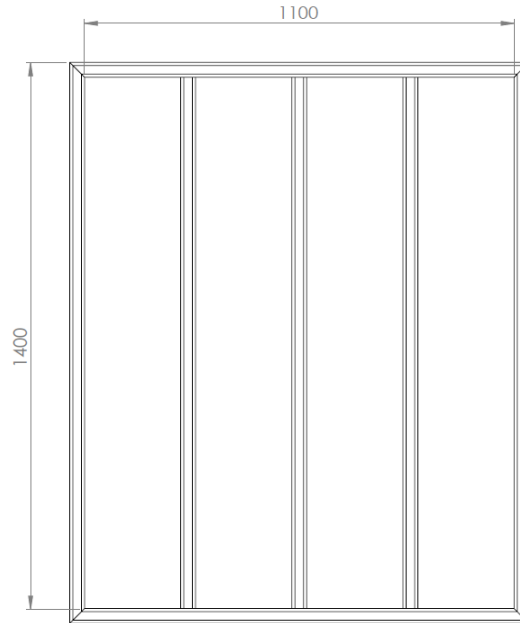


Figura 26. Configuración estructural del piso de la cabina.

Teniendo en cuenta las condiciones existentes en el sistema, se efectuaron los cálculos correspondientes para determinar los diferentes tipos de cargas, el momento máximo y el módulo de sección presentados en la Tabla 7. Este último parámetro desempeña un papel fundamental en la selección del perfil idóneo para el diseño en cuestión.

Tabla 7. Resultados de las ecuaciones utilizadas para el diseño de la viga central.

ECUACIÓN UTILIZADA	CÁLCULO	NOMENCLATURA	VALOR	UNIDAD
(3)	Carga viva en la cabina	P_V	1716.75	[N]
(4)	Carga admisible en la cabina	P_{at}	1958.47	[N]
(5)	Carga distribuida admisible en la cabina	W_{at}	1271.73	[N/m ²]
(6)	Carga admisible en la viga	P_a	507.42	[N]
(7)	Carga distribuida admisible en la viga	W_a	362.44	[N/m]
(8)	Momento máximo	$M_{máx}$	88.79	[Nm]
(9)	Módulo de sección	Z_X	1.065	[cm ³]

El valor del momento máximo obtenido es equivalente al máximo valor presentado en el diagrama de momento generado por el software MDSolids mostrado en la Figura 27.

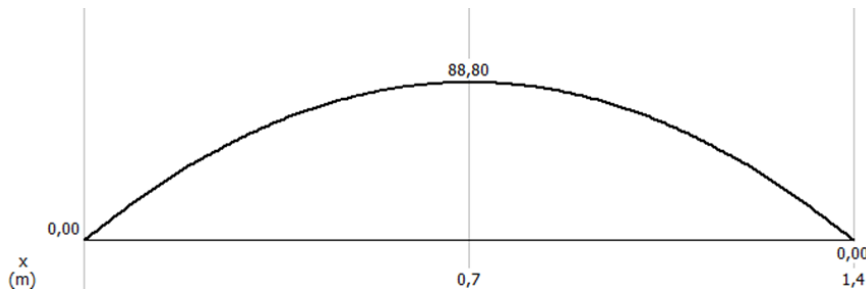


Figura 27. Diagrama de Momento máximo de la viga central.

2.5.2.2.6. Selección de perfil

En base al módulo de sección calculado y el catálogo proporcionado por IPAC se seleccionó un tubo cuadrado de 38x38x1.4 [mm] de acero ASTM A36.

$$Z_X = 2.32 [cm^3]$$

Con este módulo de sección se procede a verificar si el perfil seleccionado cumple o no por flexión, para esto se calcula el momento nominal resistente del perfil con la Ecuación (10) y se compara con el momento máximo teórico por medio de la Ecuación (11).

$$193.33[Nm] \geq 88.79 [Nm]$$

Al cumplir por flexión se calcula la capacidad con que el perfil está trabajando con la Ecuación (12).

$$Ratio = 46 \%$$

El perfil 38x38x1.4 cumple con las exigencias en la zona de la cabina donde se produce la máxima flexión. Su resistencia y dimensiones adecuadas lo convierten en la opción ideal para soportar las condiciones en esta área crítica.

2.5.3 Diseño de la estructura base

La estructura base desempeña un papel fundamental al soportar la carga combinada de la cabina del elevador y sus ocupantes, esta estructura debe ser analizada y dimensionada de manera precisa para prevenir escenarios peligrosos que pongan en riesgo la integridad del sistema y la seguridad de los usuarios.

2.5.3.1 Diseño de la viga soporte del motor

La viga soporte del motor se encuentra colocada entre las columnas guías del ascensor, es la encargada de mantener el peso de la cabina y de los usuarios a través de dos puntos de sujeción situados simétricamente en su parte inferior. De esta manera, el peso se divide equitativamente entre estos dos puntos como se muestra en la Figura 28.



Figura 28. Diagrama de la viga soporte.

2.5.3.1.1. Cálculo de cargas

El cálculo de las cargas en la viga soporte de motor es esencial para resguardar la seguridad del elevador. El objetivo principal es garantizar que la viga pueda soportar las cargas de manera segura y confiable, evitando fallas o colapsos que puedan poner en riesgo a los usuarios del elevador. En Tabla 8 se clasifican las cargas según su tipo considerando que la carga viva total es la misma que la calculada con la Ecuación (3).

Tabla 8. Clasificación de cargas en la viga soporte del motor según su tipo.

Tipo de carga	Propiedad	Nomenclatura	Valor	Unidad
Carga viva	Carga viva total	P_V	1716.75	[N]
	Estructura de la cabina	P_{EC}	381.21	[N]
	Plancha de acero AISI 304 e=2mm (Piso)	P_P	241.72	[N]
Carga muerta	Plancha de acero AISI 304 e=1mm (Laminado)	P_L	358.65	[N]
	Tecele eléctrico	P_T	166.77	[N]

2.5.3.1.1.1. Cálculo de carga muerta total

Para el cálculo de la carga muerta total se sumó todas las cargas muertas presentes en el sistema con la Ecuación (13).

$$P_M = P_{EC} + P_P + P_L + P_T \quad (13)$$

Donde:

P_M : Carga muerta total; [N]

P_{EC} : Carga de la estructura de la cabina; [N]

P_P : Carga del piso; [N]

P_L : Carga del laminado; [N]

P_T : Carga del tecele; [N]

2.5.3.1.1.2. Cálculo de carga admisible total

Se determina al combinar la carga viva total y la carga muerta total, esta combinación de cargas se realiza mediante la Ecuación (4) y permite evaluar cómo se comporta y resiste la estructura en condiciones extremas. Como se explicó anteriormente cada punto de sujeción soportara la mitad de la carga admisible total, entonces:

$$P_{a1} = P_{a2} = \frac{P_{at}}{2}$$

2.5.3.1.2. Cálculo de momento máximo

El momento máximo es el punto en el que la viga experimenta la máxima flexión. En el caso de una viga empotrada con dos puntos de anclaje simétricos y dos cargas de igual valor, el momento máximo se produce en los extremos de la viga y es igual para ambos lados. Para llevar a cabo el análisis, se considera específicamente la carga del lado derecho, y se utiliza la Ecuación (14).

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{P_{a1}}{L} * (Lx - aL + a^2) \quad (14)$$

Donde:

$M_{m\acute{a}x}$: Momento máximo en la viga; [N/m]

P_{a1} : Carga puntual del lado derecho de la viga; [N]

L : Longitud total de la viga; [m]

a : Distancia de la carga desde el punto de origen [m]

x : Posición del punto de estudio; [m]

2.5.3.1.3. Cculo del módulo de sección

La capacidad de resistir la flexión de un elemento estructural está determinada por el módulo de sección, el cual representa la rigidez y resistencia de su sección transversal. Este factor es el que determina que perfil comercial se utilizara, para el cculo de esta variable se hace uso de la Ecuación (9).

2.5.3.1.4. Validación por Flexión

Según el código AISC que el perfil es adecuado para soportar por flexión la carga aplicada en condiciones normales, para esto se calcula el momento nominal resistente del perfil seleccionado con la Ecuación (10).

Al conocer el momento nominal se verifica si el perfil seleccionado para la viga cumple o no por flexión con la Ecuación (11).

Con esta demostración se concluye que el perfil seleccionado cumple por flexión, por último, se calcula el ratio mediante la Ecuación (12) .

2.5.3.1.5. Resultados cargas, momento máximo y módulo de sección

Las medidas de la estructura base serán de 4.6 [m] de alto y 1.176 [m] de ancho, se tomó en cuenta las medidas de piso a techo, y medidas de losa, estipuladas en la normativa ecuatoriana. En base a estos parámetros se optó por la configuración estructural presentada en la Figura 29.

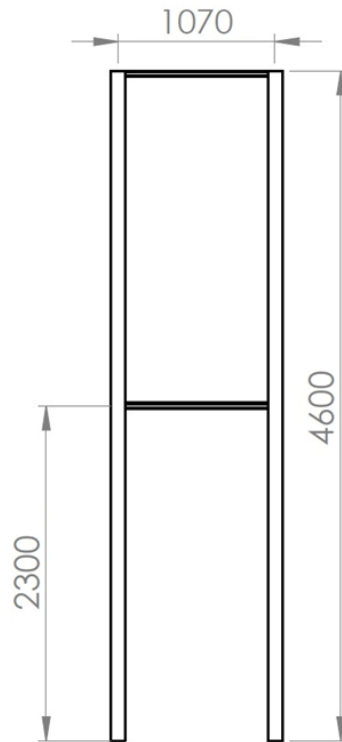


Figura 29. Configuración de la estructura base.

Teniendo en cuenta las condiciones existentes en el sistema, se efectuaron los cálculos correspondientes para determinar los diferentes tipos de cargas, el momento máximo y el módulo de sección presentado en la Tabla 10.

Tabla 9. Resultados de las ecuaciones utilizadas para el diseño de la viga soporte del motor.

ECUACIÓN UTILIZADA	CÁLCULO	NOMENCLATURA	VALOR	UNIDAD
(13)	Carga muerta total	P_M	1148.35	[N]
(4)	Carga admisible total	P_{at}	2865.10	[N]
(14)	Momento máximo	$M_{m\acute{a}x}$	275.22	[Nm]
(9)	Módulo de sección	Z_x	3.30	[cm ³]

El valor del momento máximo obtenido es equivalente al máximo valor presentado en el diagrama de momento generado por el software SkyCiv mostrado en la Figura 30.



Figura 30. Diagrama de Momento máximo de la viga soporte del motor.

2.5.3.1.6. Selección de perfil

En base al módulo de sección calculado y el catálogo proporcionado por IPAC se seleccionó un tubo cuadrado de 50x50x3 [mm] de acero ASTM A36.

$$Z_x = 4.68 [cm^3]$$

Con este módulo de sección se procede a verificar si el perfil seleccionado cumple o no por flexión, para esto se calcula el momento nominal resistente del perfil con la Ecuación (10) y se compara con el momento máximo teórico por medio de la Ecuación (11).

$$650 [Nm] \geq 275.22 [Nm]$$

Al cumplir por flexión se calcula la capacidad con que el perfil está trabajando con la Ecuación (12).

$$Ratio = 42 \%$$

El perfil 50x50x3 cumple con las exigencias en la zona de la cabina donde se produce la máxima flexión. Su resistencia y dimensiones adecuadas lo convierten en la opción ideal para soportar las condiciones en esta área crítica.

2.5.3.2 Diseño de las columnas guía

Las columnas guía tienen la responsabilidad de soportar la carga aplicada sobre ellas y preservar la estabilidad de la cabina durante su trayecto. Durante el proceso de diseño de las columnas guías, se ha considerado que estas se encuentran empotradas al piso, sujetas a la pared, y sujetas entre ellas con un soporte lateral como se aprecia en la

Figura 31.

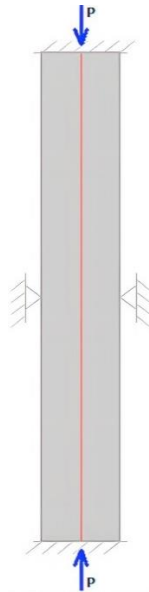


Figura 31. Diagrama de la columna guía.

2.5.3.2.1. Cálculo de cargas

Las columnas soportan el peso de todos los elementos estructurales y motrices del elevador, En Tabla 10 se clasifican las cargas según su tipo considerando que la carga viva total es la misma que la calculada con la Ecuación (3).

Tabla 10. Clasificación de cargas en la estructura según su tipo.

Tipo de carga	Propiedad	Nomenclatura	Valor	Unidad
Carga viva	Carga viva total	P_V	1716.75	[N]
	Cabina	P_C	981.57	[N]
Carga muerta	Tecla eléctrico	P_T	166.77	[N]
	Viga soporte	P_{VS}	43.75	[N]

2.5.3.2.1.1. Cálculo de carga muerta total

Para el cálculo de la carga muerta total se sumó todas las cargas muertas presentes en el sistema con la Ecuación (15).

$$P_M = P_C + P_T + P_{VS} \quad (15)$$

Donde:

P_M : Carga muerta total; [N]

P_C : Carga de la cabina; [N]

P_T : Carga del tecele; [N]

P_{VS} : Carga de la viga soporte del motor; [N]

2.5.3.2.1.2. Cálculo de carga admisible total

Se determina al combinar la carga viva total y la carga muerta total, esta combinación de cargas se realiza mediante la Ecuación (4) y permite evaluar cómo se comporta y resiste la estructura en condiciones extremas. Como se explicó anteriormente cada punto de sujeción soportara la mitad de la carga admisible total, entonces:

$$P_{a1} = P_{a2} = \frac{P_{at}}{2}$$

2.5.3.2.2. Cálculo de fuerza actuante en la columna

Para determinar la fuerza actuante en la columna, es necesario calcular las reacciones en los extremos de la viga soporte del motor teniendo en cuenta que esta se encuentra empotrada a las columnas. Estas reacciones se obtienen mediante sumatoria de fuerzas en el eje vertical utilizando la Ecuación (16). Estas fuerzas son las que se transmitirán a las columnas y, por lo tanto, son relevantes para comprender su comportamiento.

$$\sum F_Y = 0 \quad (16)$$

Donde:

$\sum F_Y$: Sumatoria de fuerzas en el eje vertical; [N]

Por geometría se determina que la carga actuante en cada columna es igual a la carga puntual de su lado respectivo.

2.5.3.2.3. Cálculo de relación de esbeltez

La relación de esbeltez es un factor que evalúa la capacidad de una columna para soportar cargas de compresión sin experimentar un colapso prematuro debido al pandeo o flexión excesivo. Una columna con una relación de esbeltez alta significa que es más propensa a sufrir deformaciones y fallas debido a la carga de compresión. Por otro lado, una relación de esbeltez baja indica que la columna es más robusta y capaz de resistir cargas de compresión sin colapsar prematuramente.

2.5.3.2.3.1. Cálculo de relación de esbeltez de la columna

Es la relación de esbeltez correspondiente a la columna analizada, se expresa como la relación entre la longitud efectiva de la columna y su radio de giro y se determina mediante la Ecuación (17).

$$\lambda = \frac{K * L}{r} \quad (17)$$

Donde:

λ : Relación de esbeltez

K : Factor de longitud efectiva

L : Longitud del tramo de la columna analizado; [m]

r : radio de giro; [m]

El factor de longitud efectiva corresponde a los tipos de combinaciones de condiciones de extremo presentes en cada tramo de la columna, sus valores se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores para el Factor de longitud efectiva.

CONDICIONES DE EXTREMO	VALOR K TEÓRICO	VALOR K RECOMENDADO PARA DISEÑO
Empotrado - Empotrado	0.5	0.65
Empotrado - Articulado	0.7	0.8
Articulado - Articulado	1	1
Empotrado - Libre	2	2.10

2.5.3.2.3.2. Cálculo de relación de esbeltez crítica

La relación de esbeltez crítica es el valor preciso en el cual una columna transita de un estado de pandeo elástico a pandeo inelástico, es decir, de una deformación elástica a una deformación plástica. Para determinar este valor, se utiliza la Ecuación (18).

$$\lambda_{cr} = 4.71 \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} \quad (18)$$

Donde:

λ_{cr} : Relación de esbeltez crítica

E : Módulo de elasticidad; [MPa]

σ_y : Esfuerzo de fluencia; [MPa]

2.5.3.2.4. Cálculo de esfuerzo de pandeo de Euler

Es el máximo esfuerzo teórico al que una columna ideal puede estar sometida sin llegar a sufrir fallo por pandeo. Para determinar este valor, se utiliza la Ecuación (19)

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 * E}{\lambda^2} \quad (19)$$

σ_e : Esfuerzo de pandeo de Euler; [MPa]

E : Módulo de elasticidad; [MPa]

λ : Relación de esbeltez

2.5.3.2.5. *Cálculo de esfuerzo de pandeo crítico*

Es el máximo esfuerzo nominal al que la columna puede ser sometida antes de sufrir fallo por pandeo, el método utilizado para su cálculo depende de la condición establecida en la Ecuación (20).

$$\lambda < \lambda_{cr} \quad (20)$$

Donde:

λ : Relación de esbeltez

λ_{cr} : Relación de esbeltez crítica

De cumplirse esta condición el esfuerzo de pandeo crítico se calcula con la Ecuación (21).

$$\sigma_{cr} = \left[0.658 \frac{\sigma_y}{\sigma_e} \right] * \sigma_y \quad (21)$$

Donde:

σ_{cr} : Esfuerzo de pandeo crítico; [MPa]

σ_y : Esfuerzo de fluencia; [MPa]

σ_e : Esfuerzo de pandeo de Euler; [MPa]

Por lo contrario, si la condición no se cumple el esfuerzo de pandeo crítico se calcula con la Ecuación (22).

$$\sigma_{cr} := 0.877 * \sigma_e \quad (22)$$

Donde:

σ_{cr} : Esfuerzo de pandeo critico; [MPa]

σ_e : Esfuerzo de pandeo de Euler; [MPa]

2.5.3.2.6. Validación por Flexión

De acuerdo con el código AISC, se requiere que el perfil utilizado como columna pueda resistir la carga aplicada mediante flexión bajo condiciones normales. Para determinar si el perfil seleccionado cumple con este requisito, se utiliza la Ecuación (23) para calcular la carga nominal correspondiente.

$$\frac{p_n}{F_S} = \frac{\sigma_{cr} * A_g}{F_S} \quad (23)$$

Donde:

P_n : Carga nominal de la columna; [N]

σ_{cr} : Esfuerzo de pandeo critico; [MPa]

A_g : Área del perfil seleccionado; [m²]

F_S : Factor de seguridad

Se verifica si el perfil seleccionado para la viga cumple o no por flexión, ya que se puede comparar con la carga real o admisible mediante la Ecuación (25).

$$\frac{P_n}{F_S} \geq P_{a1} \quad (24)$$

P_n : Carga nominal de la columna; [N]

F_S : Factor de seguridad

P_{a1} : Carga puntual en la columna; [N/m]

2.5.3.2.7. Resultados cargas, fuerza actuante, relación de esbeltez y esfuerzos

Teniendo en cuenta las condiciones existentes en el sistema, se efectuaron los cálculos correspondientes para determinar los diferentes tipos de cargas, el momento máximo y el módulo de sección presentado en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados de las ecuaciones utilizadas para el diseño de las columnas guías.

ECUACIÓN UTILIZADA	CÁLCULO	NOMENCLATURA	VALOR	UNIDAD
(3)	Carga viva en la cabina	P_V	1716.75	[N]
(15)	Carga muerta total	P_M	1192.10	[N]
(4)	Carga admisible total	P_{at}	2908.85	[N]
(17)	Relación de esbeltez	λ	59.09	N/A
(18)	Relación de esbeltez crítica	λ_{cr}	133.22	[cm ³]
(19)	Esfuerzo de pandeo de Euler	σ_e	565.31	[MPa]
(21)	Esfuerzo de pandeo crítico	σ_{cr}	207.76	[MPa]

2.5.3.2.8. Selección de perfil

En base al catálogo proporcionado por IPAC se seleccionó un perfil estructural HEB 100 de acero ASTM A36 con la siguiente área:

$$A_g = 26 [mm^2]$$

Se procedió a verificar si el perfil seleccionado cumple o no por flexión, para esto se calcula la carga nominal del perfil con la Ecuación (23) y se compara con la fuerza actuante en la columna por medio de la Ecuación (25).

$$18000.55 [N] \geq 1454.42.62 [N]$$

El perfil estructural HEB 100 cumple con las exigencias aplicadas en cada columna. Su resistencia y dimensiones adecuadas lo convierten en la opción ideal para soportar las condiciones en este elemento.

2.5.4 Selección del Grupo tractor

El dimensionamiento adecuado del grupo tractor en un elevador semicabinado es fundamental para garantizar la seguridad y el rendimiento óptimo del sistema. El grupo tractor, compuesto por el motor, el sistema de poleas y cable es responsable de proporcionar la potencia necesaria para elevar y descender la cabina del elevador

2.5.4.1 Dimensionamiento del tecele eléctrico

Al elegir un motor eléctrico para un elevador, se deben tener en cuenta diversos aspectos. Es fundamental que la capacidad de carga sea suficiente para soportar el peso máximo requerido, mientras que la velocidad del motor debe cumplir con los estándares establecidos para este tipo de elevador. Además, al seleccionar un motor, resulta crucial verificar los requisitos de instalación, incluyendo el voltaje de alimentación, que normalmente oscila entre 110V-120V en un entorno residencial.

2.5.4.1.1. Cálculo de carga admisible

En el proceso de selección del tecele eléctrico, se debe considerar el escenario más exigente para este componente. La carga admisible se determina al combinar la carga viva total y la carga muerta total, esta combinación de cargas se realiza mediante la Ecuación (4). Para esto se consideró una carga viva máxima de 1716.75 [N] y la una carga muerta total de 981.582 [N].

$$P_{at} = 2698.33 [N]$$

Cabe destacar que los tecles eléctricos son comercializados según su capacidad de carga en kilogramos, para esto se despeja la masa en la Ecuación (1)

$$m_{at} = 275 [Kg]$$

2.5.4.1.2. Cálculo de potencia requerida

La potencia es la medida de rapidez con la que se realiza un trabajo. En términos más generales, se refiere a la cantidad de energía que se transfiere o se transforma por unidad de tiempo y se expresa en vatios (W).

El cálculo de la potencia requerida para un tecele eléctrico en un elevador para personas con discapacidad garantiza la seguridad y el rendimiento del sistema. Además, este cálculo contribuye a optimizar la eficiencia energética y reducir los costos operativos.

Para el cálculo de la potencia se hace uso de la Ecuación (25).

$$P = F * v \quad (25)$$

Donde:

P : Potencia requerida; [W]

F : Peso; [N]

v : Velocidad; [m/s]

La velocidad estándar de los tecles eléctricos es de 10 [m/s] independientemente del número de líneas, por lo tanto:

$$P = 449.72 [W]$$

Este resultado no contempla la eficiencia del tecele sin embargo se deberá buscar uno que administre como mínimo este valor.

2.5.4.1.3. Selección del tecele eléctrico

En base a los productos comercializados por la marca ProWinch se seleccionó el tecele eléctrico PWA1100Ru con las siguientes características presentadas en la Tabla 13:

Tabla 13. Características del tecele eléctrico PWA1100Ru.

Ficha técnica	
Capacidad de Carga	250 [Kg] @ 1 línea 500 [Kg] @ 2 líneas
Velocidad /min	10 [m/min] @1 línea 5 [m/min] @2 líneas
Voltaje	110 [V] ~120 [V] 60 [Hz]
Amperaje	8.5 [A]
Potencia del máxima del motor	1000 [W]
Freno Motor	Si
Parada de Emergencia	Si
Cable Incluido	Ø 4.3 [mm]
Peso neto	17 [Kg]
Control	Control Inalámbrico F21

2.5.4.1.4. Selección de poleas

Se han seleccionado las poleas fijas de diámetro 2 [plg] con una capacidad de carga máxima de 218 [kg] de la marca National Industries, lo cual garantiza que cumplen con los requisitos de carga establecidos en el diseño.

2.6 Conclusiones del capítulo

En conclusión, el Capítulo 2 aborda los requerimientos generales, la lista de elementos necesarios, el diseño estructural y la selección de componentes para el proyecto en cuestión. Se han establecido los criterios de diseño basados en normativas y especificaciones del proyecto, asegurando el cumplimiento de los estándares requeridos. Además, se ha realizado una cuidadosa selección de materiales y se han llevado a cabo cálculos detallados para el diseño de la cabina, la estructura base y las columnas guía, garantizando su resistencia y estabilidad. Asimismo, se ha realizado la selección adecuada del Grupo tractor, considerando el dimensionamiento del tecele eléctrico y la elección de poleas. En conjunto, estos aspectos aseguran un funcionamiento seguro y eficiente del elevador.

CAPÍTULO 3.

VALIDACIÓN DEL DISEÑO MEDIANTE SIMULACIÓN CON SOFTWARE ESPECIALIZADO

Este capítulo se centra en la simulación del diseño presentado en el capítulo 2 utilizando el software SolidWorks. El objetivo principal es evaluar el rendimiento y comportamiento en diferentes escenarios para garantizar la seguridad de las personas con movilidad reducida. La simulación en SolidWorks permite visualizar de manera precisa el movimiento y la resistencia estructural.

3.1 Simulación Estática

La simulación estática evalúa la resistencia estructural del diseño y determinar su capacidad para soportar las cargas esperadas durante su funcionamiento. Mediante el análisis de tensiones, deformaciones y factores de seguridad, se podrá verificar la integridad del diseño y comprobar los ajustes necesarios para asegurar la seguridad y la confiabilidad del elevador. Esta simulación estática proporciona una valiosa herramienta de ingeniería ahorrando tiempo y recursos. Además, brinda la oportunidad de optimizar el diseño y maximizar la eficiencia del elevador, asegurando una experiencia segura y cómoda para los usuarios con movilidad reducida.

3.1.1 Simulación de la cabina

Para la simulación se necesita realizar un diseño asistido por computadora (CAD), el cual fue realizado en SolidWorks con los datos obtenidos del Capítulo 2. Para este diseño se tomó en cuenta el acero ASTM A36 para la estructura y el recubrimiento de acero inoxidable para evitar la corrosión en su interior. A continuación, se presenta el resultado visualizado en la Figura 32.

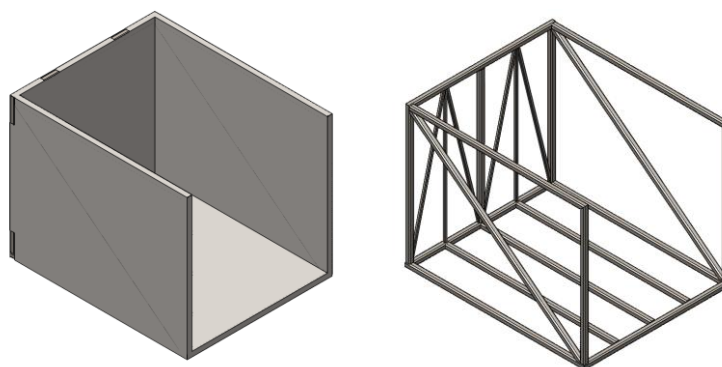


Figura 32. Diseño de la cabina.

3.1.1.1 Tensión de Von Mises en la cabina

Los resultados de la simulación estática revelan que las tensiones de Von Mises en el diseño del elevador para grupo objetivo se mantienen dentro de los límites aceptables. Esto indica que el diseño es estructuralmente sólido y capaz de soportar las cargas sin comprometer la seguridad. Estos resultados confirman las decisiones de diseño tomadas, asegurando un rendimiento óptimo en términos de resistencia y durabilidad del elevador. Esto brinda confianza a los usuarios, al garantizar la integridad del elevador y su capacidad para funcionar de manera segura y confiable.

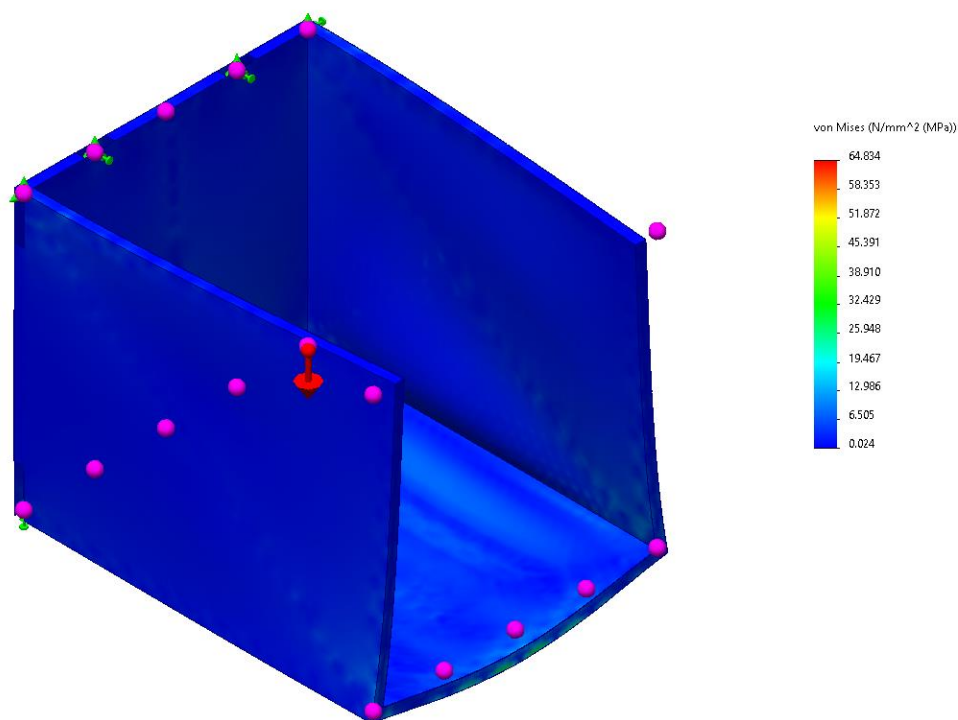


Figura 33. Tensión Von Mises de la cabina

3.1.1.2 Tensiones axiales y de flexión de las vigas

Las tensiones axiales se refieren a las fuerzas que actúan a lo largo del eje longitudinal de las vigas, lo que provoca deformación en forma de alargamiento o acortamiento. Por otro lado, las tensiones de flexión se producen cuando una fuerza ocasiona deformación en forma de curvatura en un material, generando tensiones de compresión y tracción en diferentes partes de la estructura. En el diseño presentado, estas consideraciones se aplicaron teniendo en cuenta las fuerzas establecidas en el capítulo 2. Se realizó una simulación con el peso que debe soportar

la estructura y otra con la fuerza que debe soportar la viga superior donde se sitúan las poleas. Como resultado, se pudo verificar que las vigas cumplen con los requisitos necesarios, como se ilustra en la Figura 34 y Figura 35.

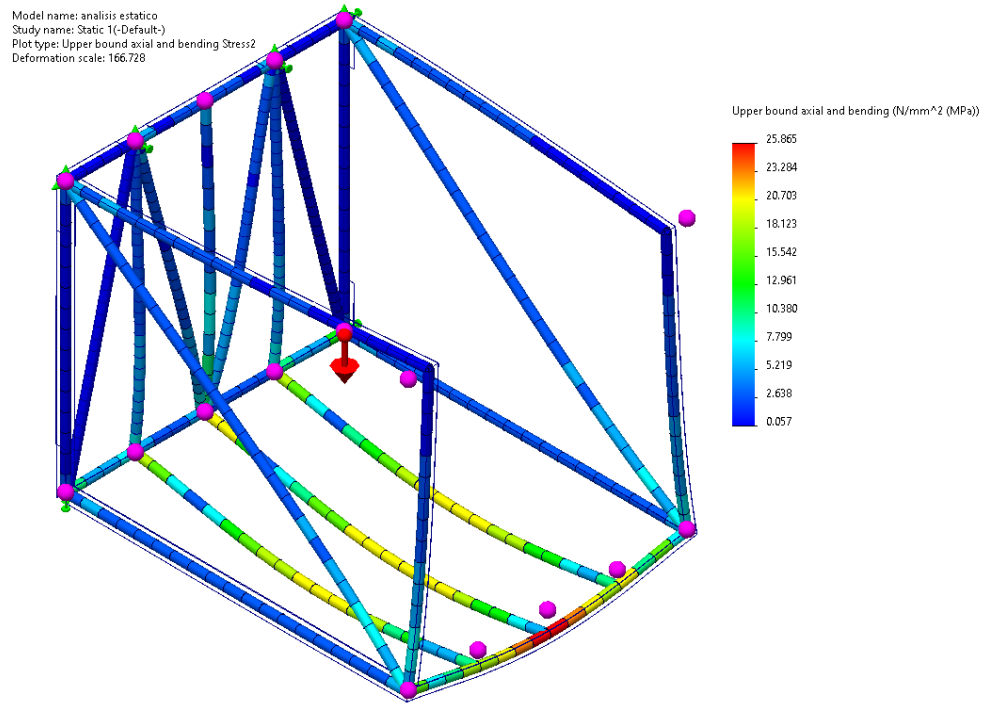


Figura 34. Tensiones axiales y de flexión con el peso propuesto.

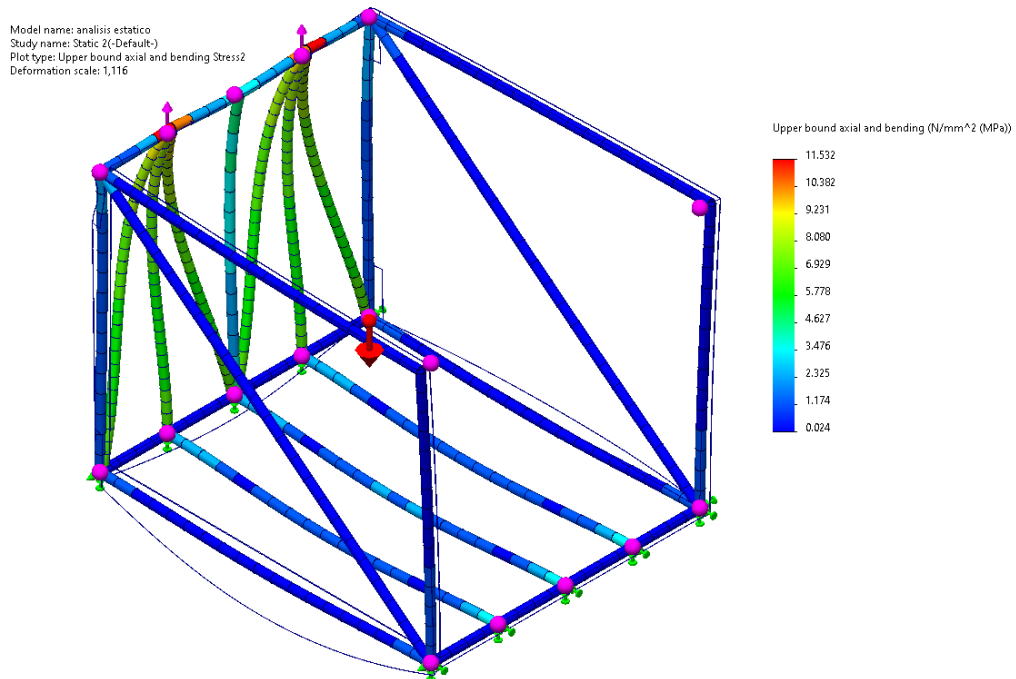


Figura 35. Tensiones axiales y de flexión con las fuerzas generadas por el motor.

3.1.1.3 Desplazamientos de la cabina

En la Figura 36 y la Figura 37 **Desplazamiento del suelo de la cabina.** se muestran los resultados de los desplazamientos obtenidos en diferentes puntos de la cabina. Estos desplazamientos son indicadores importantes para evaluar la estabilidad y la respuesta estructural del elevador. Esta información es esencial para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del elevador.

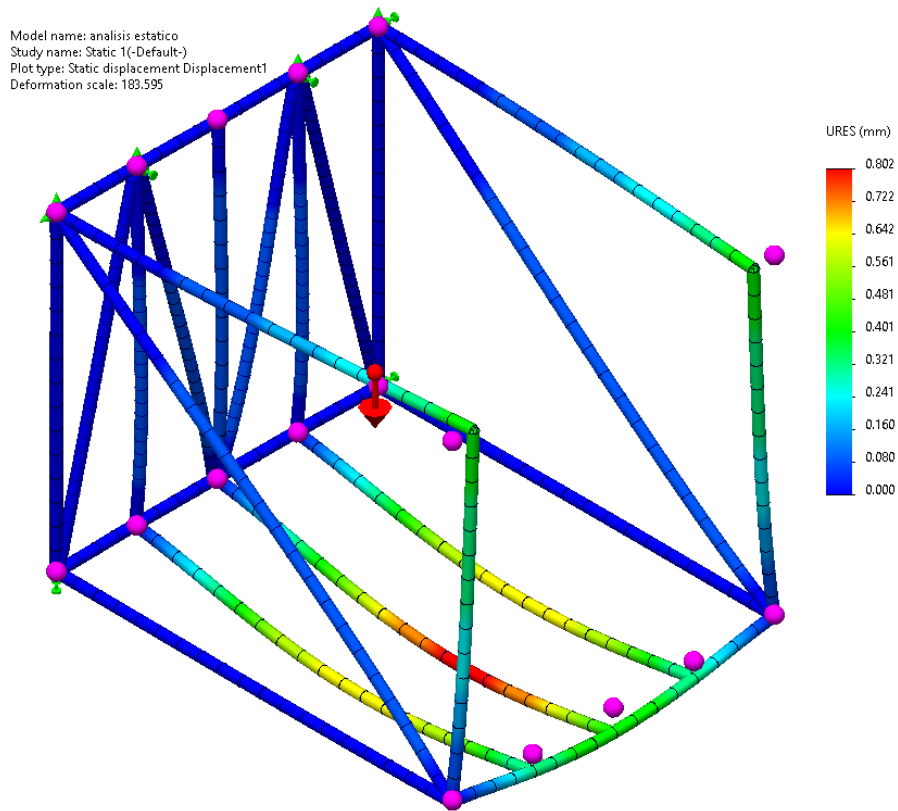


Figura 36. Desplazamientos de la cabina.

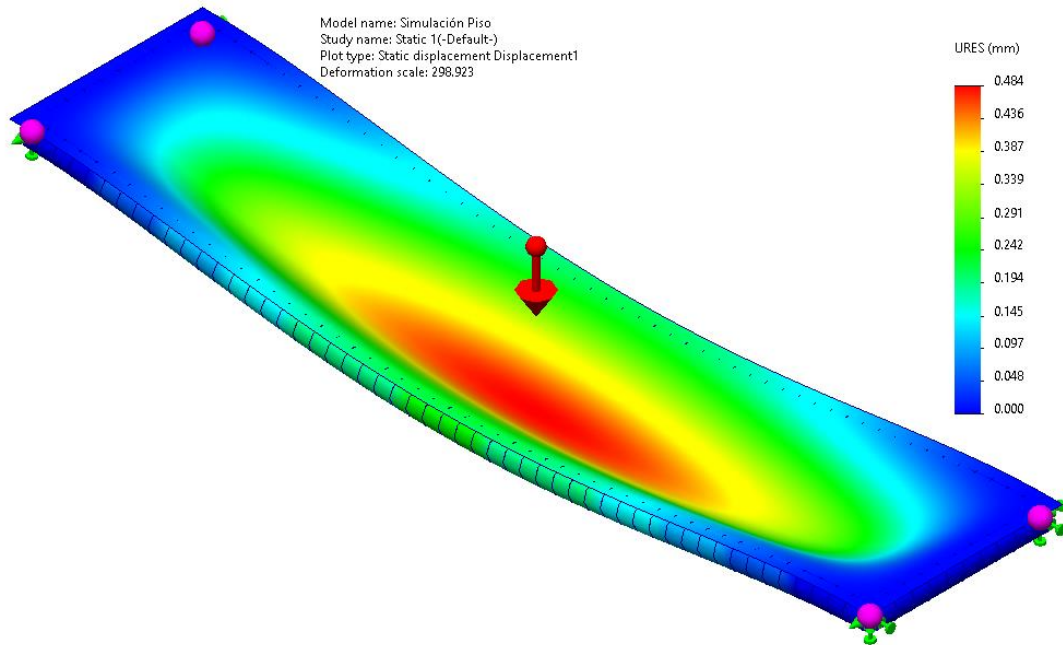


Figura 37. Desplazamiento del suelo de la cabina.

3.1.1.4 Factor de seguridad de la cabina

Se observa que el factor de seguridad en la Figura 38 supera el valor establecido de tres usado en el diseño del elevador, lo que indica que el diseño es resistente y puede soportar las cargas aplicadas con un margen de seguridad adecuado. Estos resultados respaldan la confiabilidad y la integridad estructural del elevador.

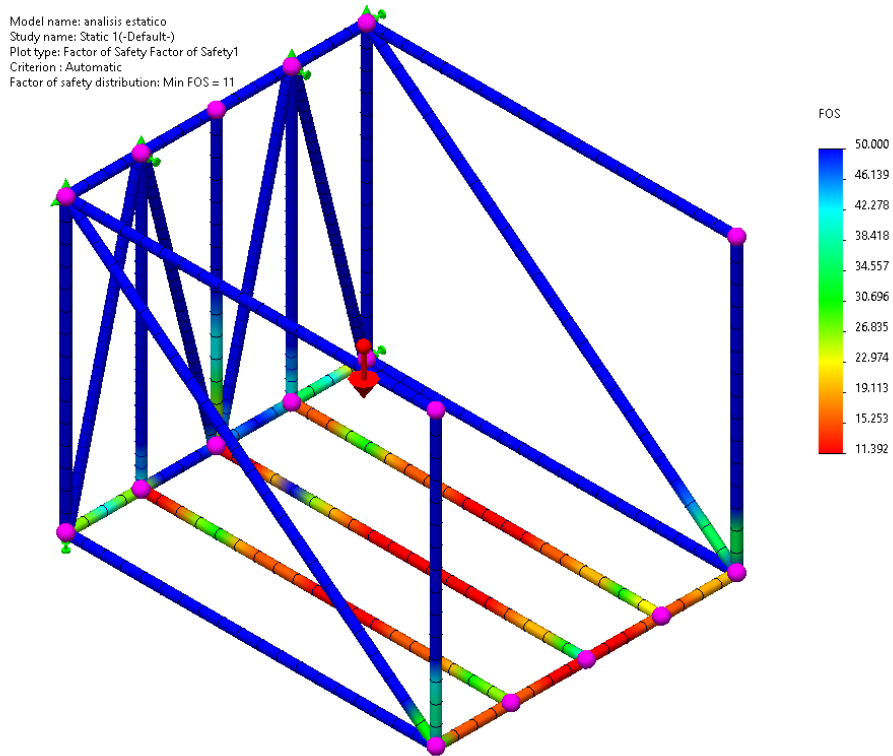


Figura 38. Factor de seguridad de la cabina

3.1.2 Simulación de la base

Para llevar a cabo la simulación de la base, se realizó un diseño CAD utilizando el software SolidWorks y los datos obtenidos del Capítulo 2. En este diseño se consideró la utilización de acero ASTM A36 para la estructura. A continuación, en la Figura 39 se presenta el resultado del diseño.



Figura 39. Diseño de la base.

3.1.2.1 Tensiones axiales y de flexión de la base

Las tensiones axiales se refieren a las fuerzas que actúan a lo largo del eje longitudinal de las vigas, lo que resulta en deformación en forma de alargamiento o acortamiento. Por otro lado, las tensiones de flexión se producen cuando una fuerza ocasiona deformación en forma de curvatura en un material, generando tensiones de compresión y tracción en diferentes partes de la estructura. En el diseño presentado, se tuvieron en cuenta estas consideraciones, considerando las fuerzas establecidas en el capítulo 2. Como resultado, se verificó que las vigas cumplen con los requisitos necesarios, como se puede evidencia en la Figura 40.

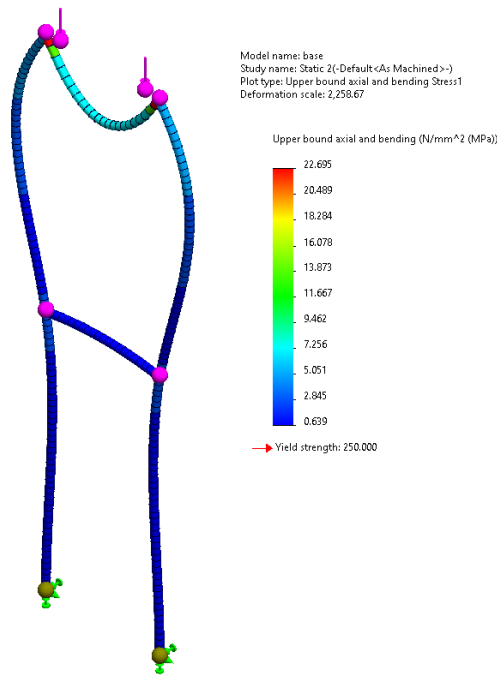


Figura 40. Tensiones axiales y de flexión de la base.

3.1.2.2 Desplazamientos en la base

La Figura 41 muestra los resultados de la simulación, revelando los desplazamientos en varios puntos de la base del elevador. Estos desplazamientos son elementos clave para evaluar la estabilidad y la respuesta estructural del elevador. La información obtenida es esencial para asegurar un funcionamiento seguro y eficiente del elevador, garantizando que cumpla con los estándares de seguridad requeridos.



Figura 41. Desplazamiento de la base.

3.1.2.3 Factor de seguridad de la base

En la simulación se evidencia que el factor de seguridad obtenido en Figura 42 supera el valor establecido de tres, el cual fue utilizado durante el proceso de diseño. Esto indica que el diseño de la base es resistente y capaz de soportar las cargas aplicadas con un margen de seguridad adecuado.

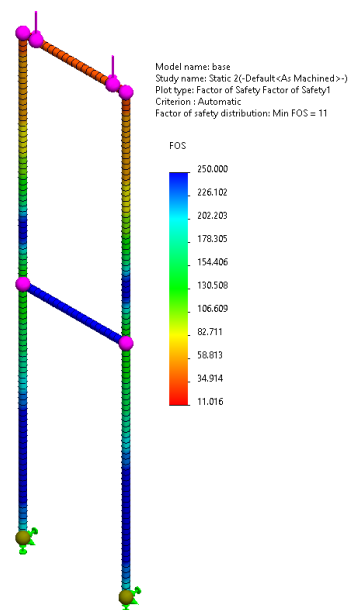


Figura 42. Factor de seguridad de la base.

3.2 Simulación dinámica

En la simulación dinámica del elevador, se llevó a cabo un ensamblaje como se muestra en la Figura 43 que incorporó todos los perfiles y el diseño propuesto con el objetivo de determinar los valores del torque, la velocidad y el desplazamiento. Se tomaron en cuenta el peso, gravedad y velocidad del motor para todas las simulaciones para evaluar el comportamiento del elevador en condiciones de movimiento realistas y obtener información crucial sobre su rendimiento dinámico.

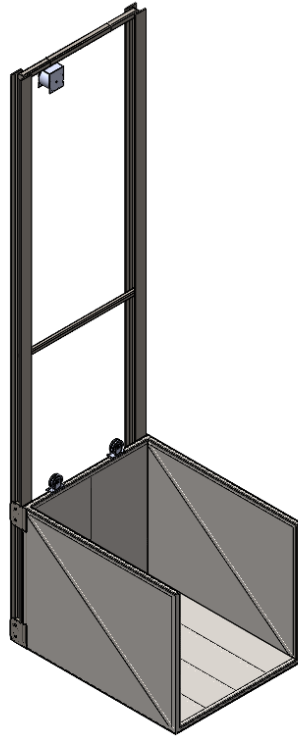


Figura 43. Ensamblaje del elevador.

3.2.1 Velocidades

Los resultados de las velocidades en la simulación dinámica que se muestran en la Figura 44 y la Figura 45, confirman que las velocidades obtenidas del motor y de la cabina durante el funcionamiento del elevador se mantienen dentro de los rangos especificados. Esto confirma el cumplimiento de los requisitos de velocidad establecidos, asegura un desplazamiento seguro y eficiente. Estos resultados respaldan la confiabilidad y el rendimiento óptimo del diseño del elevador, brindando una experiencia satisfactoria para los usuarios.

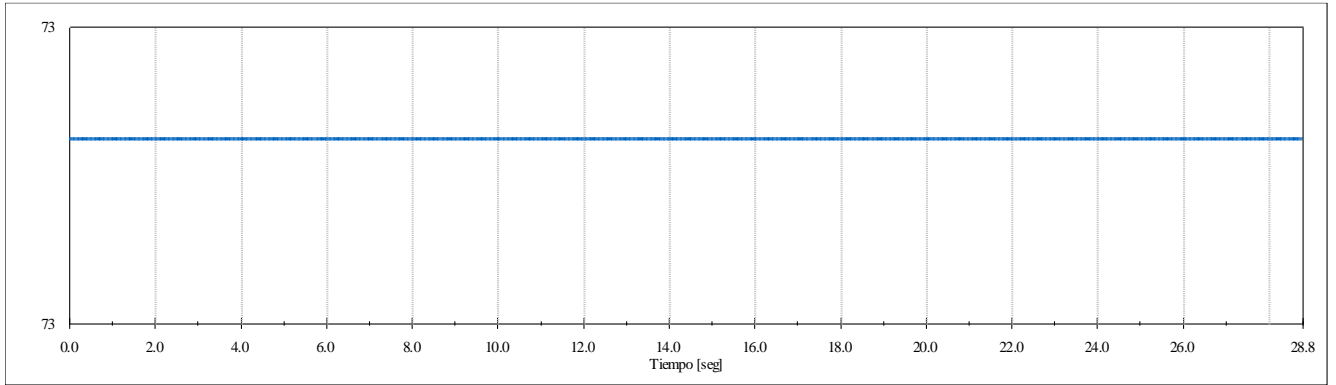


Figura 44. Velocidad angular del motor.

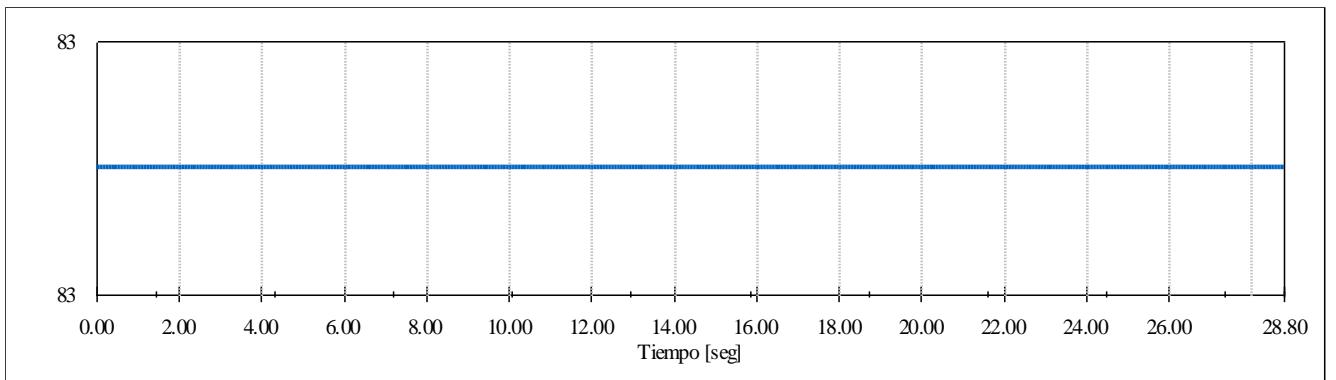


Figura 45. Velocidad lineal de la cabina.

3.2.2 Torque del motor

En la Figura 46 se representa el torque requerido del motor, el cual es de 201 [Nm], considerando un diámetro de tambor de 0.13 [m], para mover la cabina junto con los pasajeros. Sin embargo, es importante destacar que el polipasto eléctrico utilizado asegura un peso máximo de 500 [kg]. Este resultado debe ser tenido en el supuesto de que se desee modificar el sistema de tracción.

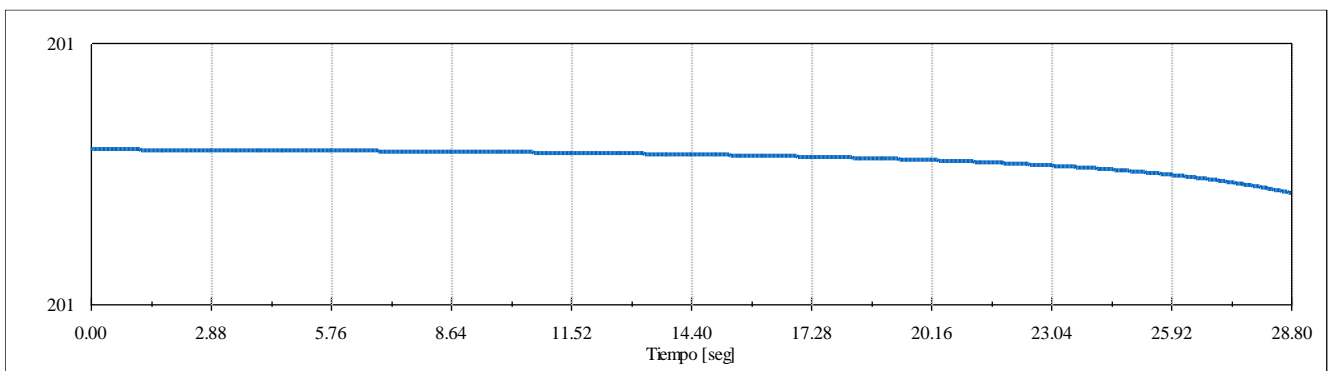


Figura 46. Torque del motor requerido.

3.2.3 Desplazamiento de la cabina

La Figura 47 que se muestra a continuación se detalla el recorrido de la cabina desde el primer piso hasta el suelo del segundo piso. Se observa que empieza desde 38 [mm] y termina en 2438 [mm] esto se debe a que se toma en cuenta la viga de la estructura, por ende, el recorrido fue de 2400 [mm] lo estipulado en el capítulo 2.

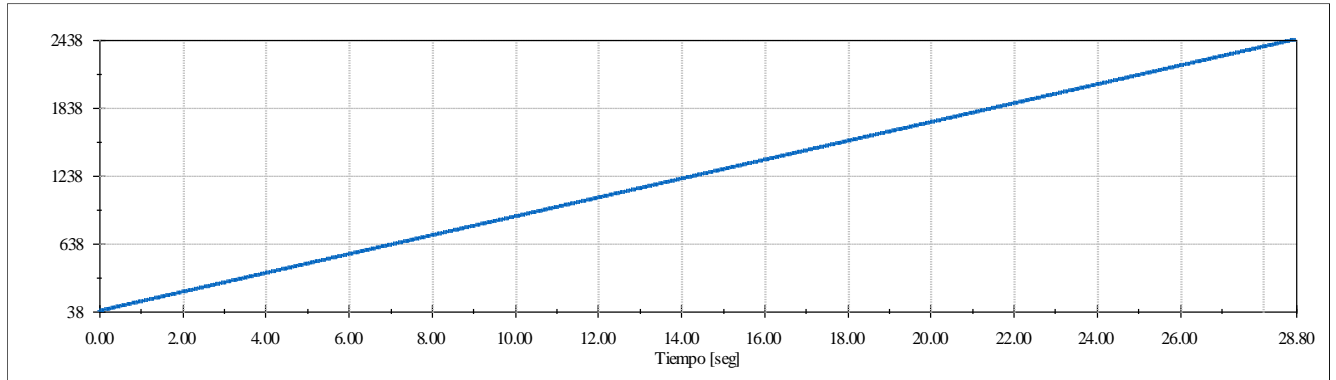


Figura 47. Desplazamiento de la cabina.

3.3 Conclusiones del capítulo

En conclusión, los resultados de la simulación estática nos brindan información sobre el comportamiento esperado de la estructura al aplicar las fuerzas establecidas en el capítulo anterior. Se calculó la tensión de Von Mises, así como las tensiones axiales y de flexión en las vigas de la cabina y la base. Los resultados indican que la estructura soporta la carga sin exceder el límite de fluencia, presentando desplazamientos mínimos que denotan una excelente estabilidad. Además, los factores de seguridad obtenidos durante la simulación respaldan la capacidad de la estructura del elevador para soportar las cargas aplicadas, contando con márgenes adecuados.

Por otro lado, los resultados de la simulación dinámica nos proporcionan información sobre las velocidades tanto de la cabina como del motor, y estos valores cumplen con las normas establecidas. Es importante destacar el valor del torque del motor, ya que resulta relevante si se considera un cambio en el sistema de tracción con el fin de cumplir con los requisitos exigidos. Cabe mencionar que, según la simulación, el desplazamiento de la cabina alcanza el segundo piso en un tiempo de 28.8 segundos al utilizar el teclé eléctrico.

CAPÍTULO 4.

EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

En este capítulo, se evaluará la factibilidad económica y el proceso de producción del elevador propuesto. Se analizarán los costos asociados con el diseño, desarrollo y fabricación del elevador.

4.1 Costos Directos

Son los gastos relacionados directamente con la fabricación del elevador. Esto engloba los honorarios profesionales, los costos por la utilización de maquinaria, así como los gastos de materiales y componentes necesarios.

4.1.1 Costos de material estructural

En la Tabla 14 se presenta el desglose de los precios de todo el material estructural utilizado en la fabricación del diseño propuesto. Esta tabla proporciona una lista detallada de los componentes utilizados.

Tabla 14. Costos de material estructural.

Material	Longitud [mm]	Cantidad	Peso [kg]	Precio por [kg/USD]	Precio unitario [USD]	Total [USD]
38x38x1.4	1438	2	2.12	1.14	2.41	4.83
38x38x1.4	1176	3	1.73	1.14	1.97	5.91
38x38x1.4	1362	3	2	1.14	2.28	6.83
38x38x1.4	1100	4	1.62	1.14	1.84	7.37
38x38x1.4	1062	1	1.56	1.14	1.78	1.78
38x38x1.4	1749	2	2.57	1.14	2.92	5.85
20x20x2	1088	4	1.14	1.13	1.29	5.15
20x20x2	1062	2	1.11	1.13	1.25	2.51

Material	Longitud [mm]	Cantidad	Peso [kg]	Precio por [kg/USD]	Precio unitario [USD]	Total [USD]
50X50X3	1070	2	4.46	1.12	5.01	10.02
HBE 100	4600	2	92.02	1.52	139.87	279.74
Láminas de acero Inox espesor 0.5 mm		1	36.77	2.00	73.65	73.65
Láminas de acero Inox espesor 2 mm		1	26.4	4.17	110.02	110.02
					Subtotal	513.66
					IVA 12%	61.64
					Total	575.30

4.1.2 Elementos del elevador

En la Tabla 15 se muestra los elementos utilizados para la construcción del elevador que no necesitan un proceso previo a su implementación.

Tabla 15. Costos de elementos del elevador.

Elementos	Cantidad	Precio unitario [USD]	Total [USD]
Tecle eléctrico PWA1100Ru	1	255.23	255.23
Rueda de poliuretano	8	3.93.00	31.44
Paracaídas instantáneo con bastidor	2	100.00	200.00
Polea fija 2"	2	29.95	59.90
Cinta antideslizante	1	7.46	7.46
Remache pop 3/16" x 1"	20	0.09	1.74

Elementos	Cantidad	Precio unitario [USD]	Total [USD]
Perno Allen 1/2" x 2" con tuerca y rodela	8	1.00	8.00
Perno Allen 3/8" x 1 3/4" con tuerca y rodela	6	0.60	3.60
Thinner Laca gal	1	5.00	5.00
Anticorrosivo Color blanco mate gal	2	7.00	14.00
Pintura esmalte 1/4 gal Color aluminio	1	9.00	9.00
		Total	595.37

4.1.3 Procesos de maquinado

Los costos del uso de las máquinas para la fabricación del diseño y las horas de uso se enseñan en la Tabla 16.

Tabla 16. Costos de procesos de maquinados.

Proceso de maquinado	Tiempo [hora]	Precio por hora [USD/hora]	Total [USD]
Soldadura	4	5.00	20.00
Taladrado	1	2.00	2.00
Remachado	1	0.50	0.50
Corte de perfiles	6	3.00	18.00
Corte y doblado de chapas con $e = 0.5$ [mm] – 0.75 [mm]	1	10.00	10.00
		Total	50.50

4.1.4 Mano de obra directa

La Tabla 17 muestra los gastos de la mano de obra directa utilizada en la fabricación del elevador propuesto. Proporciona una lista detallada de las diferentes tareas realizadas, las horas de trabajo estimadas y los costos unitarios asociados a cada una. Esta información permite evaluar de manera precisa los gastos laborales directos del proyecto.

Tabla 17. Costos de mano de obra directa.

Operador	Tiempo [hora]	Precio por hora [USD/hora]	Total [USD]
Soldador API	4	10.00	40.00
Corte de perfiles	6	3.00	18.00
Armado y remachado	16	3.00	48.00
		Total	106.00

4.1.5 Costo directo total

En la Tabla 18 esta expuesto el desglose del costos directos del diseño propuesto. Esta tabla muestra los diferentes elementos y subcategorías de gastos directos, como materiales, mano de obra y otros costos directamente asociados a la fabricación del elevador. Proporciona una visión global y detallada de los costos totales involucrados.

Tabla 18. Costo directo total.

Descripción	Precio [USD]
Material estructural	575.30
Elementos	595.37
Procesos de maquinado	50.50
Mano de obra	106.00
Total	1327.17

4.2 Costos Indirectos

Estos costos abarcan aquellos gastos que no están directamente relacionados con la fabricación del elevador. Estos costos incluyen elementos como los gastos de materiales que no forman parte del elevador, costo de investigación y desarrollo.

4.2.1 *Materiales indirectos*

Durante la fabricación del elevador, se emplean materiales que no se integren en el producto final, pero desempeñan un rol esencial al facilitar el proceso productivo. Estos materiales están detallados en la Tabla 19

Tabla 19. Costo de materiales indirectos

Materiales	Cantidad	Precio por unidad [USD]	Total [USD]
Disco de corte	4	1.19	4.76
Broca	2	0.93	1.86
1 [kg] Electrodo E6011	5	6.65	33.25
Material de aporte TIG	20	0.252	5.04
		Total	44.91

4.2.2 *Mano de obra indirecta*

Comprende al personal involucrado en el proyecto del elevador, pero cuyas tareas no están directamente relacionadas con la fabricación en sí. La Tabla 20 proporciona un desglose detallado de las horas y el costo unitario asociado al diseño y simulación del ascensor.

Tabla 20. Costos de mano de obra indirecta.

Descripción	Tiempo [horas]	Precio por hora [USD/hora]	Total [USD]
Dimensionamiento de perfiles y selección materiales	30	14	420
Diseño CAD y simulación	100	14	1400
		Total	1820

4.2.3 Costo indirecto total

La Tabla 21 se muestra la suma de los costos indirectos del elevador.

Tabla 21. Costos indirecto total

Descripción	Total [USD]
Materiales	44.91
Mano de obra	1820
Total	1864.91

4.3 Costo total

El costo total se detalla en la Tabla 22 engloba todos los gastos directos e indirectos asociados al proyecto. Esto incluye los costos directos e indirectos.

Tabla 22. Costo total

Costo	Total [USD]
Directo	1327.17
Indirecto	1864.91
Total	3192.08

4.4 Conclusiones del capítulo

En conclusión, se puede afirmar que el costo total del elevador propuesto se ajusta de manera favorable a las tendencias y estándares actuales del mercado. Esto lo posiciona como una alternativa sólida y atractiva en comparación con otros elevadores. Al considerar el costo total, que abarca tanto los costos directos como los indirectos, se puede apreciar que el elevador propuesto ofrece una propuesta económica competitiva y viable.

CONCLUSIONES

Se ha seleccionado a través de una exhaustiva comparación en la Tabla 1 entre diversas configuraciones de elevadores, con el objetivo de determinar la opción óptima. Tras este análisis, se propone el diseño de un elevador vertical semicabinado sin cuarto de máquinas con una configuración de poleas 2:1, debido a que ha obtenido la puntuación más alta de 87.5 y cumple de manera más adecuada con todos los requisitos establecidos.

Se diseñó el elevador semicabinado para facilitar la movilidad del grupo objetivo. Para la cabina, se propuso el diseño de la Figura 24 y se seleccionaron perfiles 38x38x1.4 [mm] basándose en los resultados de la Tabla 7. En cuanto a la viga del soporte del motor, se optó por un perfil 50x50x3 [mm] según los datos de la Tabla 9. Además, se utilizó un perfil HBE 100 para las columnas, respaldado por los resultados de la Tabla 12 y cálculos detallados para garantizar un factor de seguridad de 3, asegurando así su resistencia y estabilidad.

Los resultados de la simulación estática respaldan el diseño realizado. En la cabina, se observa que las tensiones máximas generadas por el peso alcanzan los 21.95 [MPa], como se ilustra en la Figura 34 . Asimismo, las tensiones máximas ocasionadas por el teclé eléctrico son de 9.22 [MPa], como se evidencia en la Figura 35 .Estas tensiones están por debajo del esfuerzo de fluencia de 250 [MPa], lo que se traduce en un factor de seguridad mínimo de 11, tal y como se ilustra en la Figura 38. Además, los desplazamientos resultantes son de 0.8 [mm] en la cabina y 0.484 [mm] en la placa del piso, como se muestra en la Figura 36 y la Figura 37. Se evidencia en la simulación la resistencia y estabilidad del diseño.

Los resultados de la simulación dinámica revelan datos significativos sobre el rendimiento del elevador. La velocidad de la cabina, registrada en 83 [mm/s] según se puede evidenciar en la Figura 45, cumple con los estándares establecidos por la normativa. Por otro lado, la velocidad del motor se estima en 12.17 [rpm], como se muestra en la Figura 44. Se determinó que el torque necesario para el movimiento de la cabina es de 201 [Nm], considerando un tambor de 0.13 [m], tal como se evidencia en la Figura 46. Asimismo, se ha calculado que el desplazamiento de la cabina es de 2.4 [m], como se ilustra en la Figura 47, lo cual se corresponde con la altura requerida. Estos valores permiten concluir que el diseño del elevador cumple con los criterios establecidos, logrando completar el recorrido en un tiempo de 28 [seg].

Los costos del elevador se desglosaron en costos directos e indirectos, y tras su evaluación, se determinó que la suma total asciende a 3192,08 dólares, como se presenta en la Tabla 22. Estos resultados posicionan al elevador como una opción atractiva y confiable en comparación con otros proyectos.

RECOMENDACIONES

Se sugiere llevar a cabo un estudio de viabilidad para evaluar la posibilidad de ampliar el recorrido del elevador hasta 4 pisos. Esto permitiría determinar la factibilidad y los posibles beneficios de dicha implementación.

Evaluar el desempeño de la configuración estructural de la cabina al utilizar perfiles estructurales de mayor tamaño y resistencia, en caso de necesitar una mayor capacidad de carga.

Se propone realizar modificaciones en la configuración del sistema de poleas con el objetivo de reducir los costos asociados a la selección del tecele eléctrico. Esto permitiría optimizar los gastos y encontrar una solución más económica sin comprometer la eficiencia del sistema.

Explorar la posibilidad de utilizar materiales alternativos en la configuración del recubrimiento de la cabina. La investigación de opciones más económicas y duraderas podría contribuir a reducir los costos sin comprometer la calidad y el rendimiento del sistema. Esto permitiría obtener un equilibrio entre eficiencia y ahorro económico

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Constitución de la Republica del Ecuador”, Montecristi, oct. 2021. Consultado: el 7 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- [2] “Ley Orgánica de Discapacidades”, sep. 2012. Consultado: el 7 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/ley_organica_discapacidades.pdf
- [3] CONADIS, “Tipo de Discapacidad”, *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*, enero de 2022. <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- [4] F. Cunuhuay y Pazmiño Darwin, “Diseño de un ascensor personal que permita la movilidad de personas de la tercera edad o con discapacidad física en viviendas nuevas de dos pisos y con una capacidad de carga de 100 kilogramos”, Quito, jun. 2015. Consultado: el 21 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10962?mode=full>
- [5] Medina Juan y Menéndez Pedro, “Diseño y construcción de un prototipo de ascensor automatizado para personas con capacidades físicas diferentes en sillas de ruedas a ser implementado en una vivienda estándar de dos plantas”, Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, 2015. Consultado: el 20 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/11448>
- [6] Guamán Luis y Vega Ángel, “Diseño y construcción de un elevador para la facultad de mecánica”, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2014. Consultado: el 22 de mayo de 2023. [En línea].

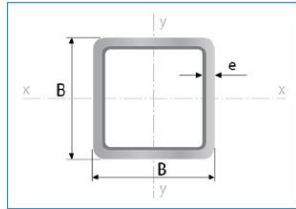
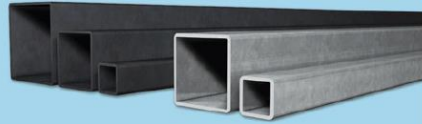
Disponible en:
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3521/1/15T00564.pdf>

- [7] Guerrero Johnny, “Diseño de un elevador para personas en condición de discapacidad para el laboratorio de investigación en biomecánica y robótica aplicada”, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2013. Consultado: el 22 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4930/GUERRERO_JOHNNY_DISE%c3%91O_ELEVADOR_PERSONAS_DISCAPACIDAD_LABORTAORIO_INVESTIGACION_BIOMECHANICA_ROBOTICA_APLICADA_PUCP.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [8] J. Gutiérrez, “Accesibilidad Personas con discapacidad y diseño arquitectónico”, Ciudad de México, jul. 2019. Consultado: el 24 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://libreacceso.org/wp-content/uploads/2021/09/9786074175929.pdf>
- [9] A. Miravete y E. Larrodé, *Elevadores : principios e innovaciones*, 1a ed. Barcelona: Reverté, 2007.
- [10] S. Perilla, “Diseño y simulación de un prototipo de silla salvaescaleras de bajo costo para viviendas de personas con movilidad reducida”, Universidad Antonio Nariño, Neiva, 2021. Consultado: el 9 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/6220>
- [11] MP ascensores, *Transporte vertical Manual técnico ascensores*, 1a ed. Zaragoza: MP ascensores. Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.arquitectosdecadiz.com/wp-content/uploads/2017/12/2.b.2.2.Manual_tecnico_ascensores.pdf
- [12] FELESA, “MOVING FORWARD & MOVING ON”, Zaragoza. Consultado: el 19 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.felesa.com/images/catalogos/Catalogo_Felesa.pdf

- [13] CIRA, “Normas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores y montacargas eléctricos”, Ginebra, 1972. Consultado: el 19 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_218427.pdf
- [14] Norma Técnica Ecuatoriana, “NTE INEN 3139”, Quito, 2018.
- [15] Pérez Montiel, *Física general*. Mexico D.f.: GRUPO EDITORIAL PATRIA, 2014.
- [16] Freire Wilma, Ramírez María, Belmont Philippe, y Mendieta María, “Encuesta Nacional de Salud y Nutrición”, Quito, 2014.
- [17] Norma Técnica Ecuatoriana, “NTE INEN 313”, Quito, 1978.
- [18] Embarda, “Catálogo Técnico”, Málaga, nov. 2019. Consultado: el 21 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://embarba.com/wp-content/uploads/2020/03/CAT%C3%81LOGO-T%C3%89CNICO-bETA-7.5.pdf>
- [19] Norma Española, “UNE-EN 81-20”, Madrid, mar. 2015. [En línea]. Disponible en: www.aenor.es
- [20] Valentín José, *Automatismos y cuadros eléctricos*, 1a ed. San Sebastián: Donostiarra, 1999. Consultado: el 25 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://instipp.edu.ec/Libreria/libro/automatismos-y-cuadros-electricos-pdf_compress.pdf

**ANEXOS:
Materiales**

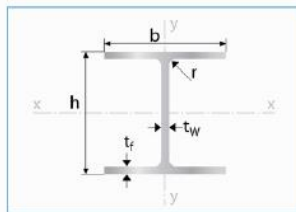
Tubería Estructural Cuadrada



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Calidad de Acero:
JIS G 3132, ASTM A 36 y ASTM A572 Gr 50
Norma de Fabricación:
ASTM A 500/ NTE INEN 2415
Espesores:
Desde 1,40 a 6,00 mm
Observaciones:
Otras dimensiones y largos,
previa consulta

Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			Eje x-x = y-y			
			Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	
B	e	A	P	I	W	i
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,40	0,99	0,78	0,56	0,56	0,75
	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,75
	1,80	1,23	0,96	0,66	0,66	0,73
	2,00	1,34	1,05	0,70	0,70	0,72
25	1,40	1,27	1,00	1,16	0,93	0,95
	1,50	1,35	1,06	1,22	0,97	0,95
	1,80	1,59	1,25	1,39	1,11	0,94
	2,00	1,74	1,36	1,49	1,19	0,93
30	1,40	1,55	1,22	2,08	1,39	1,16
	1,50	1,65	1,30	2,20	1,47	1,15
	1,80	1,95	1,53	2,53	1,68	1,14
	2,00	2,14	1,66	2,73	1,82	1,13
38	1,40	2,00	1,57	4,41	2,32	1,48
	1,50	2,13	1,67	4,67	2,48	1,48
	1,80	2,52	1,98	5,42	2,85	1,47
	2,00	2,78	2,18	5,89	3,10	1,46
40	1,40	2,11	1,66	5,18	2,59	1,57
	1,50	2,25	1,77	5,49	2,75	1,56
	1,80	2,67	2,09	6,39	3,19	1,55
	2,00	2,94	2,31	6,95	3,47	1,54
	2,50	3,59	2,82	8,23	4,12	1,51
	3,00	4,21	3,30	9,36	4,68	1,49
	4,00	5,35	4,20	11,18	5,59	1,45
50	1,40	2,67	2,10	10,42	4,17	1,97
	1,50	2,85	2,24	11,07	4,43	1,97
	1,80	3,39	2,66	12,95	5,18	1,96
	2,00	3,74	2,93	14,15	5,66	1,95
	2,50	4,59	3,60	16,96	6,78	1,92
	3,00	5,41	4,25	19,50	7,80	1,90
	4,00	6,95	5,45	23,84	9,54	1,85
60	1,50	3,45	2,71	19,52	6,51	2,38
	1,80	4,11	3,22	22,95	7,55	2,36
	2,00	4,54	3,56	25,15	8,38	2,35
	2,50	5,59	4,39	30,36	10,12	2,33
	3,00	6,61	5,19	35,17	11,72	2,31
	4,00	8,55	6,71	43,65	14,55	2,26
70	1,50	4,05	3,18	31,46	8,99	2,79
	1,80	4,83	3,79	37,09	10,60	2,77
	2,00	5,34	4,19	40,73	11,64	2,76
	2,50	6,59	5,17	49,43	14,12	2,74

Productos Laminados Vigas HEB/HEA




Largo normal:
6 metros / 12 metros
Recubrimiento:
Negro
Calidad de Acero:
ASTM A 36 / ASTM A 572 Gr 50
Norma de Fabricación:
HEB: INEN 2233 / EN 10034 / INEN 2215
HEA: INEN 2232 / EN 10034 / INEN 2215
Observaciones:
Otras dimensiones y largos previa consulta.

Designación	Peso	Dimensiones				Radio	Área
		Altura	Ala	Espesores			
	P	h	b	t _w	t _f	r	A
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²
HEB 100	20,40	100	100	6,00	10,00	12	26,00
HEB 120	26,70	120	120	6,50	11,00	12	34,00
HEB 140	33,70	140	140	7,00	12,00	12	43,00
HEB 160	42,60	160	160	8,00	13,00	15	54,30
HEB 180	51,20	180	180	8,50	14,00	15	65,30
HEB 200	61,30	200	200	9,00	15,00	18	78,10
HEB 220	71,50	220	220	9,50	16,00	18	91,00
HEB 240	83,20	240	240	10,00	17,00	21	106,00
HEB 300	117,00	300	300	11,00	19,00	27	149,10
HEB 360	142,00	360	300	12,50	22,50	27	180,60
HEB 400	155,00	400	300	13,50	24,00	27	197,80
HEB 450	171,00	450	300	14,00	26,00	27	218,00
HEB 500	187,00	500	300	14,50	28,00	27	238,60

Aplicaciones

ITEM	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	CANTIDAD (UND)	PESO UNITARIO (KG/UND)	PESO TOTAL (KG)	PRECIO UNITARIO (USD/UND)	PRECIO TOTAL (USD)	
1	T.E.C.N. 38x38x1.40x6000 mm	LC.	1.00	9.42	9.42	10.72	10.72	
2	T.E.C.N. 38x38x1.50x6000 mm	LC.	1.00	10.04	10.04	11.28	11.28	
3	T.E.C.N. 50x50x3.00x6000 mm	LC.	1.00	25.47	25.47	28.54	28.54	
4	PL.INOX.MATE 304 2B 1220X2440X1.00MM	IX	1.00	23.37	23.37	93.62	93.62	
5	PL.INOX.MATE 304 2B 1220X2440X2.0MM	IX	1.00	46.74	46.74	194.79	194.79	
6	PL.INOX.BRILL. 430 BA 1220X2440X1.00	IX.	1.00	23.37	23.37	66.32	66.32	
7	HEB 100x6000 mm Gr C	LC	1.00	122.40	122.40	186.05	186.05	
					TOTAL (KGS):	260.81	SUB-TOTAL:	591.32
						IVA 12%:	70.96	
						TOTAL:	662.28	



Polipasto de cable eléctrico de 1/2 tonelada 1100 lbs. 38 pies Inalámbrico 110V

SKU: PWA1100RH UPC: 687700861867


\$255.23 USD & Envío gratis

5 en stock - envíos en 1-2 días hábiles
50 esperado antes del lun. 31 de julio

añadir a la cesta

Características clave

- Características: Capacidad de elevación de 500 kg (1100 lb) en velocidad de línea doble de 16 pies/min y de 250 kg (550 lb) en velocidad de línea simple de 33 pies/min. Gancho giratorio 360°. Control remoto inalámbrico de grado profesional Alcance de 100 pies. Diseño compacto y liviano, fácil de transportar, instalar y operar. Ideal para intermitente
- Seguridad: el freno automático se activará en caso de pérdida de energía, interruptor de límite superior para evitar colisiones de carga, pestillo de seguridad en el gancho. Mandos a Distancia con Parada de Emergencia, Llave de Seguridad On/Off. El control inalámbrico le permite mantenerse alejado de la carga durante la operación.



STOCK # N233-254

Wall/Ceiling Mount Single Pulley

2", Zinc Plated, Bulk

[+ More Packaging Options](#)

★★★★★

[Be the first to review this product](#)


[9 questions](#) and [8 answers](#) for this product

Write a review
Ask a question


SIZE

2" ▼

* Some options may be unavailable depending on finish and size.

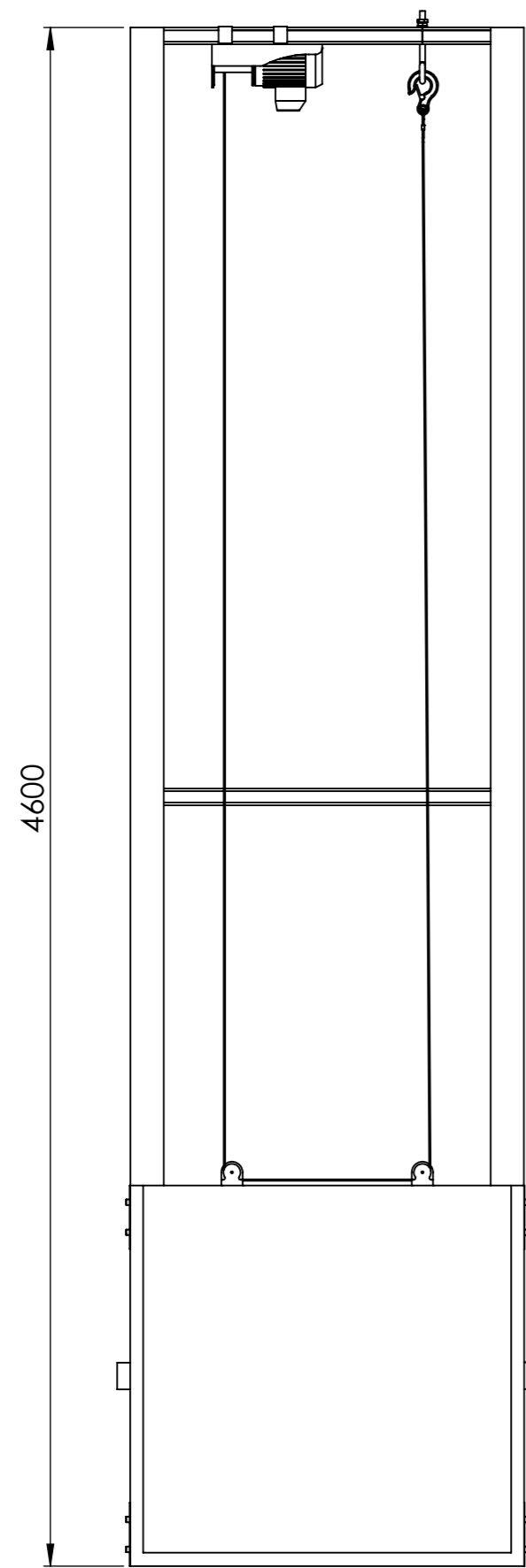


INDOOR USE

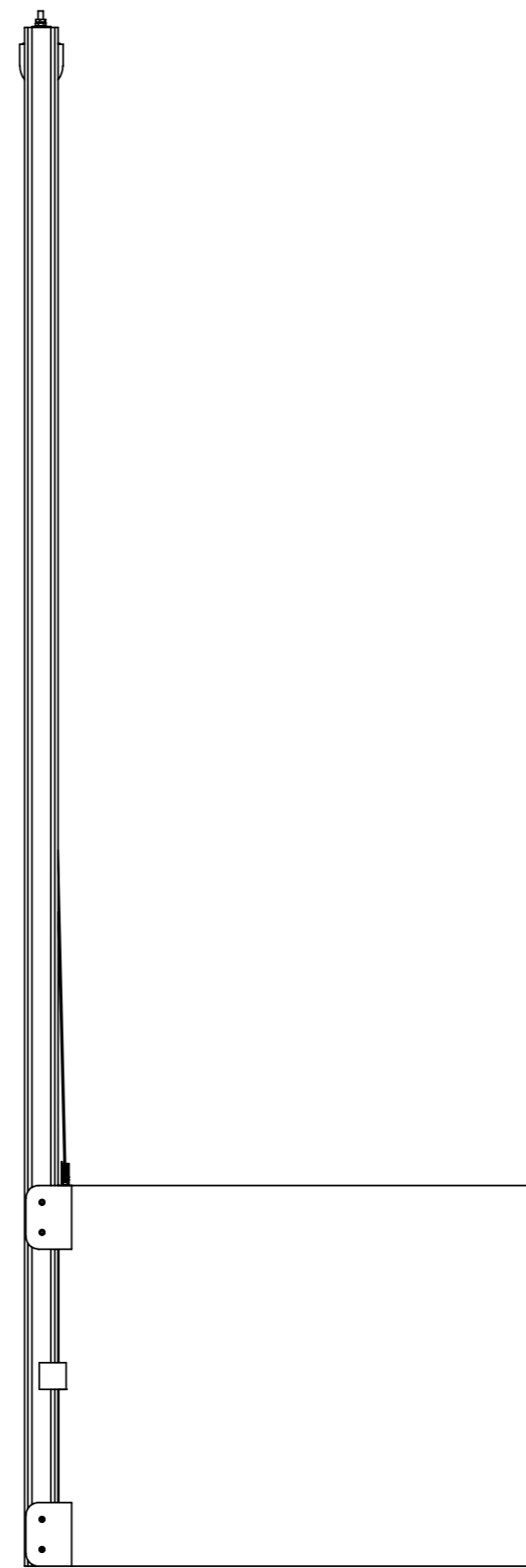


LIFETIME WARRANTY

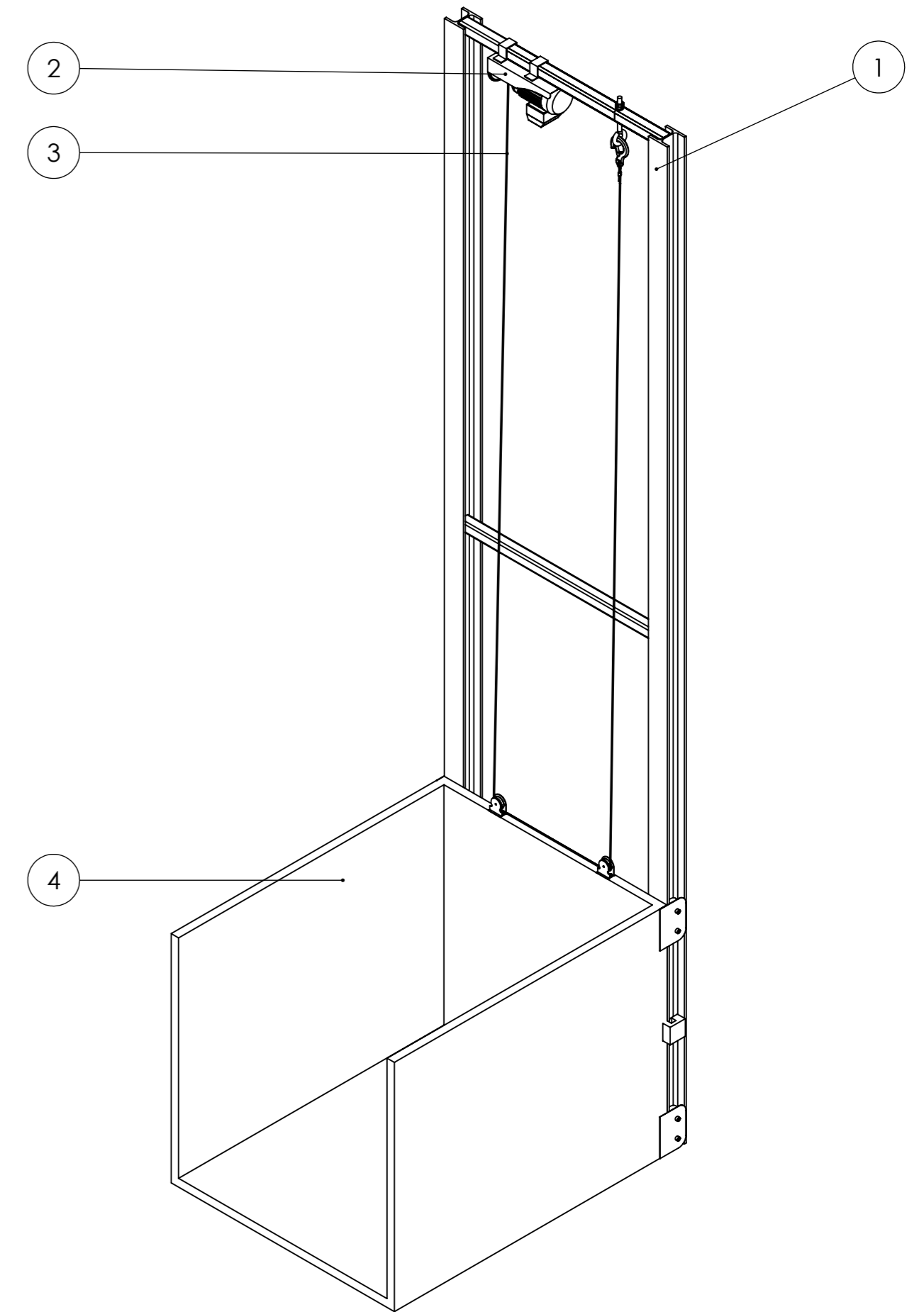
Planos



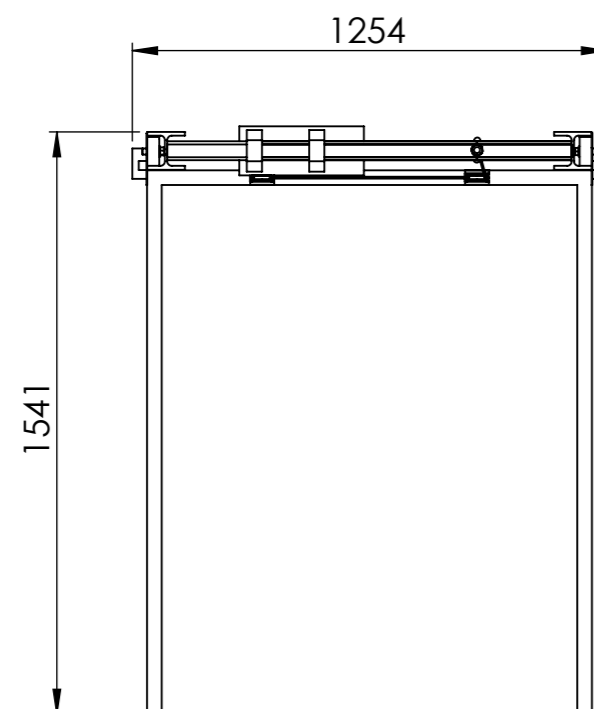
Vista Frontal



Vista Lateral Izquierda



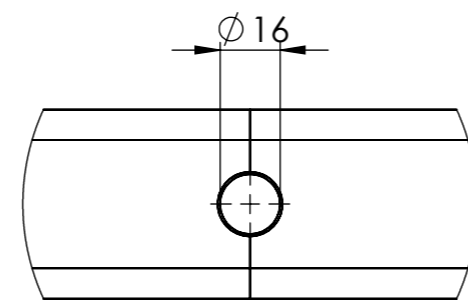
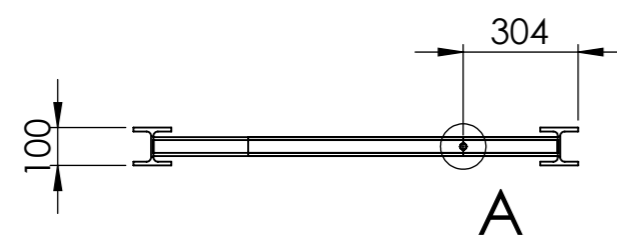
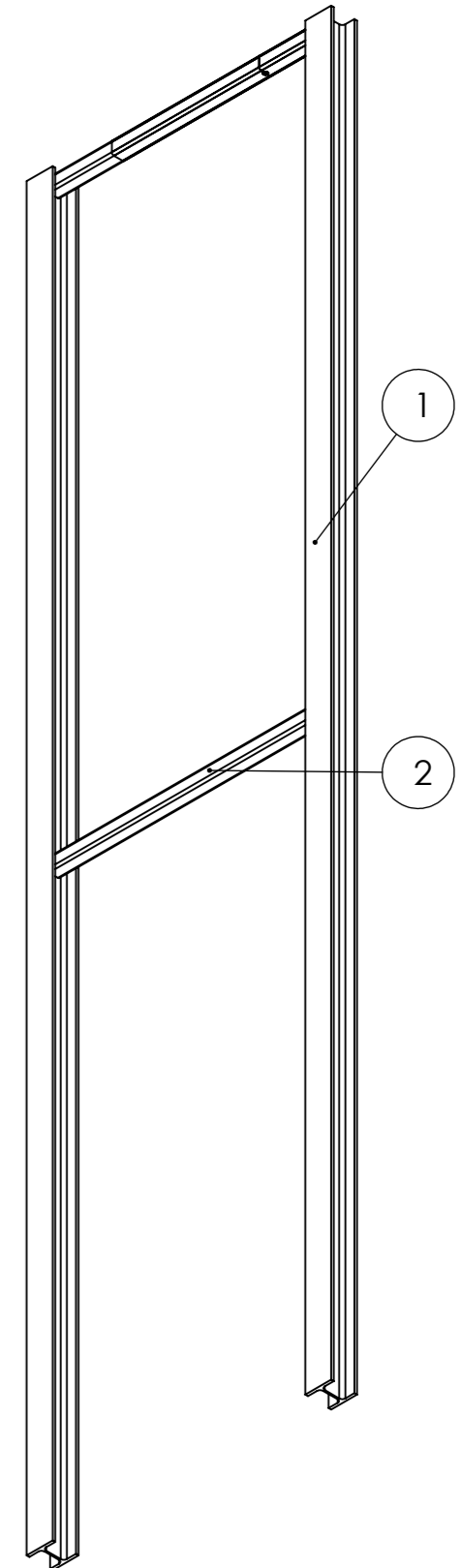
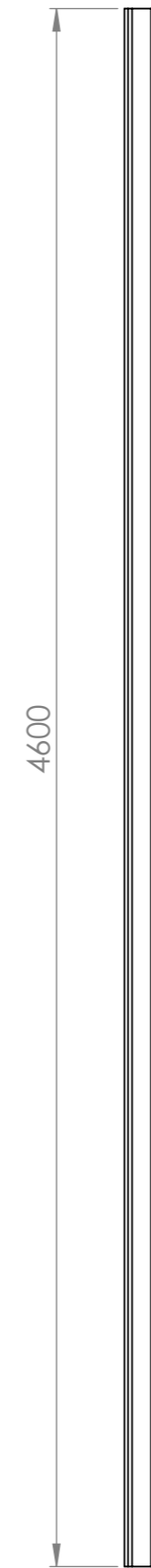
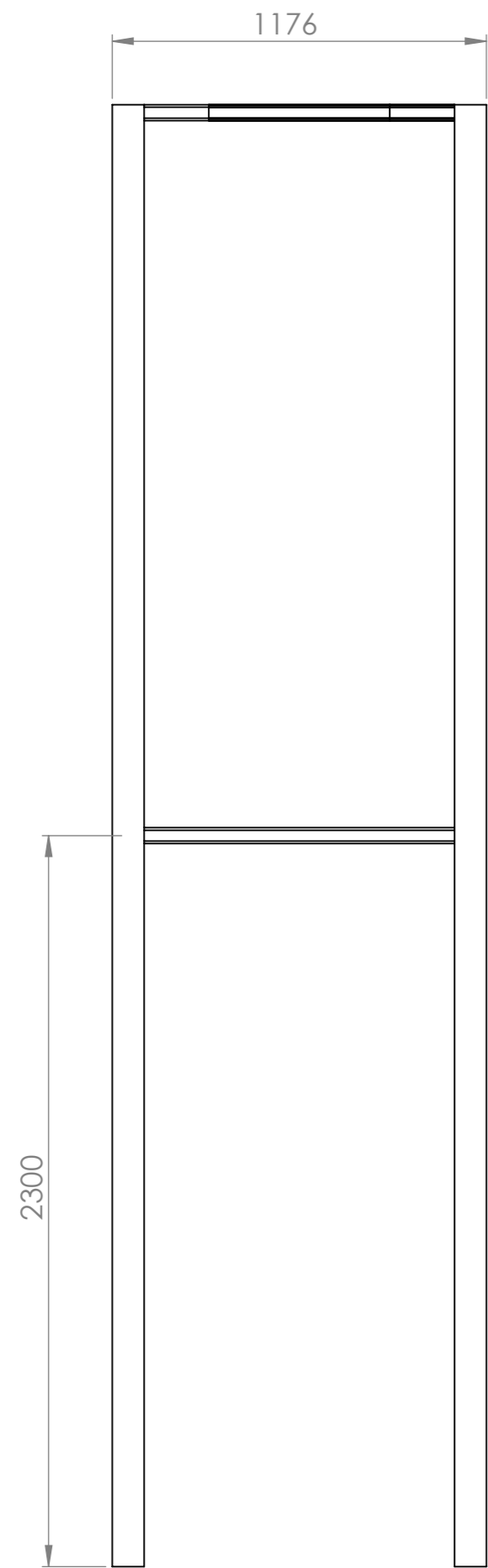
Vista Isométrica



Vista Superior

Peso total del elevador
330 Kg

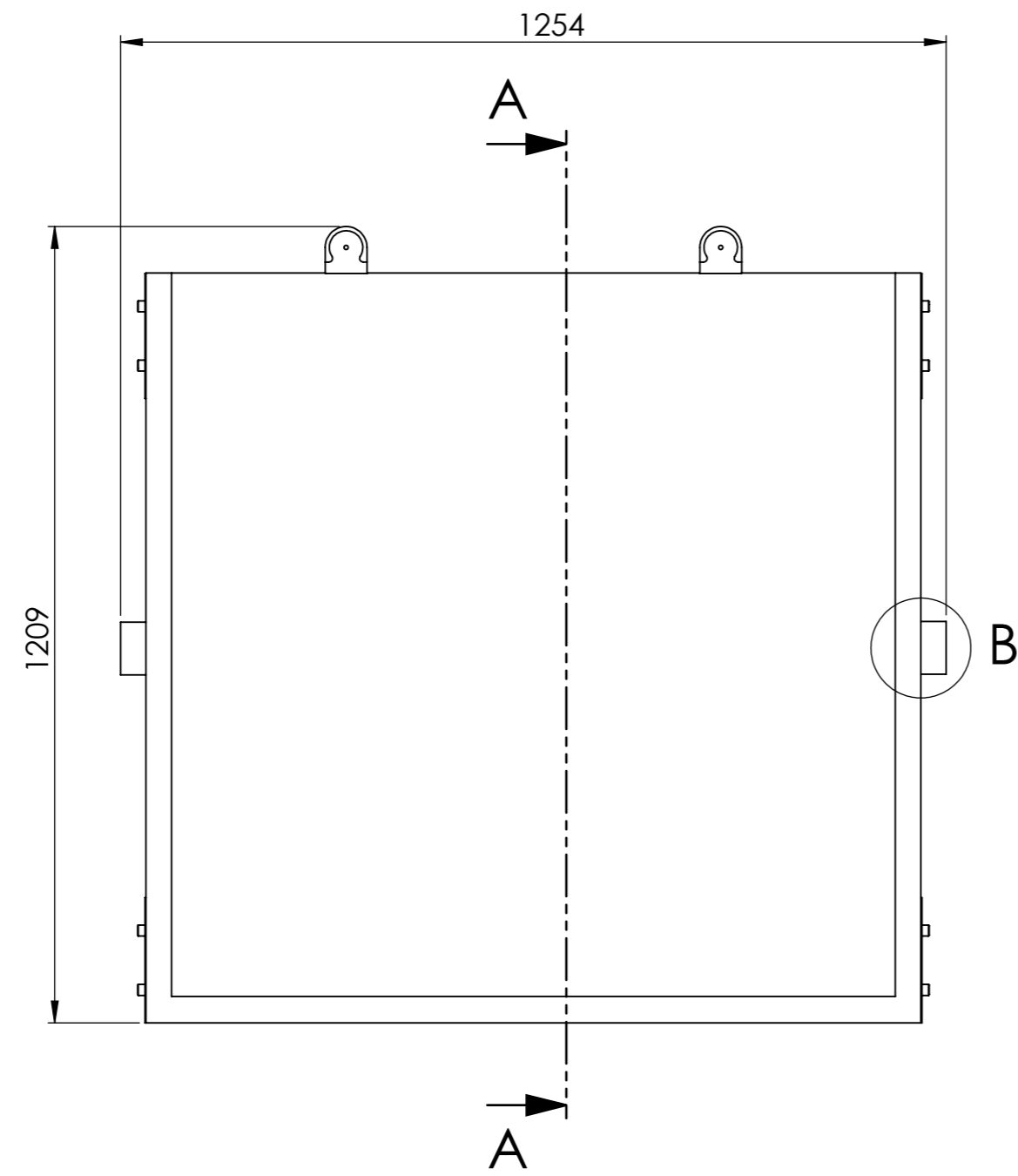
4	Cabina	1	E-CT-IME-030.2	N/A	ASTM A36/AISI 304	1536,7x1254x1209,22	
3	Cable de acero	1	Prowinch	N/A	N/A	ø4.3x10058.4	PWA100RU
2	Tecele eléctrico	1	Prowinch	N/A	N/A	275x330x130	PWA100RU
1	Base estructural	1	E-CT-IME-030.1	N/A	ASTM A36	4600x1176x100	
Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				Diseño	R. Altamirano; O. Guano	27-06-2023	
				Dibujó	R. Altamirano; O. Guano	27-06-2023	
				Revisó	Ing. Xavier Vaca	27-06-2023	
ENSAMBLE ELEVADOR		Escala: 1:20		Código	E-CT-IME-030	Tol. Gral:	±1



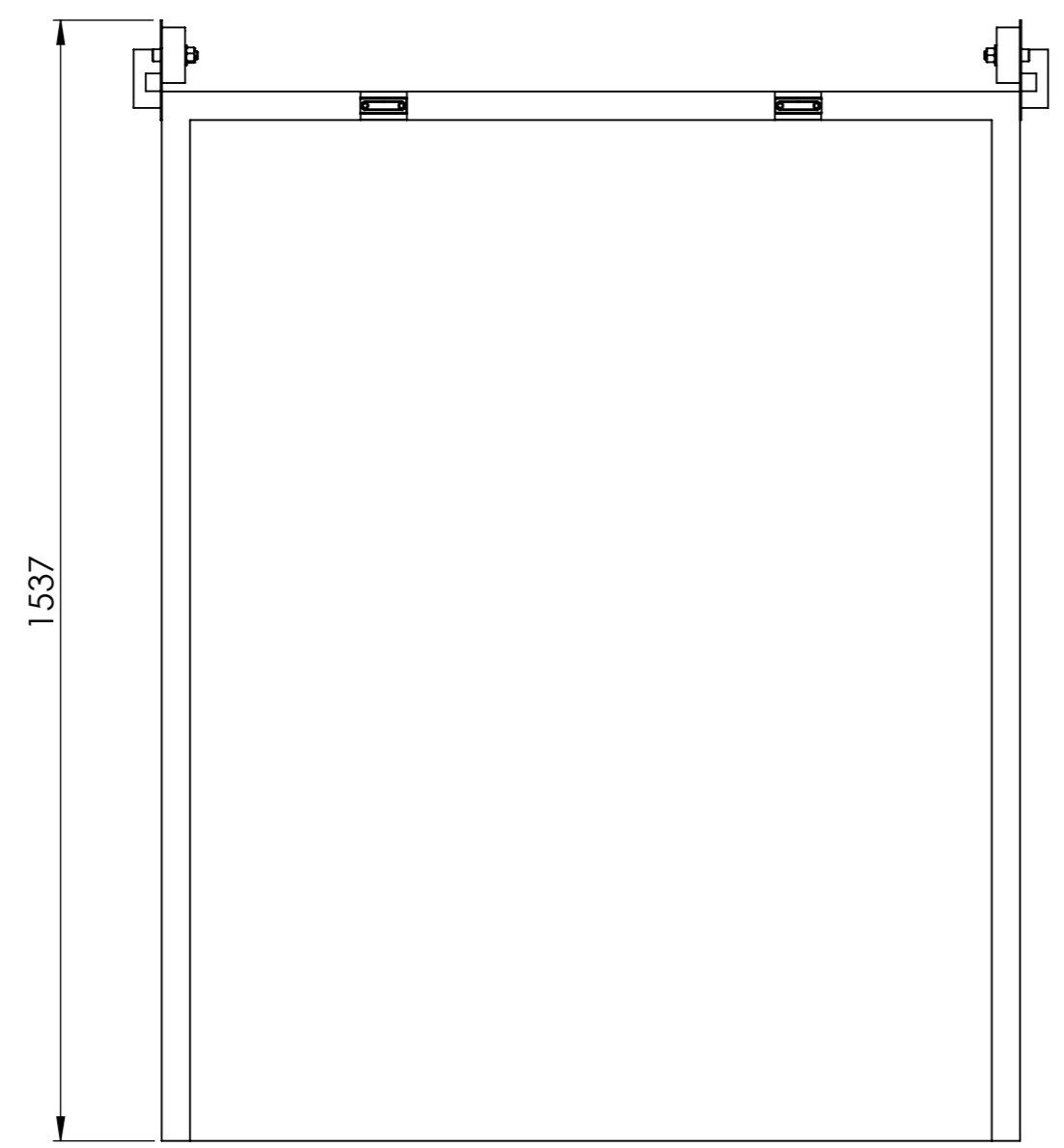
Detalle A
Escala 1:2

Peso Total
200 Kg

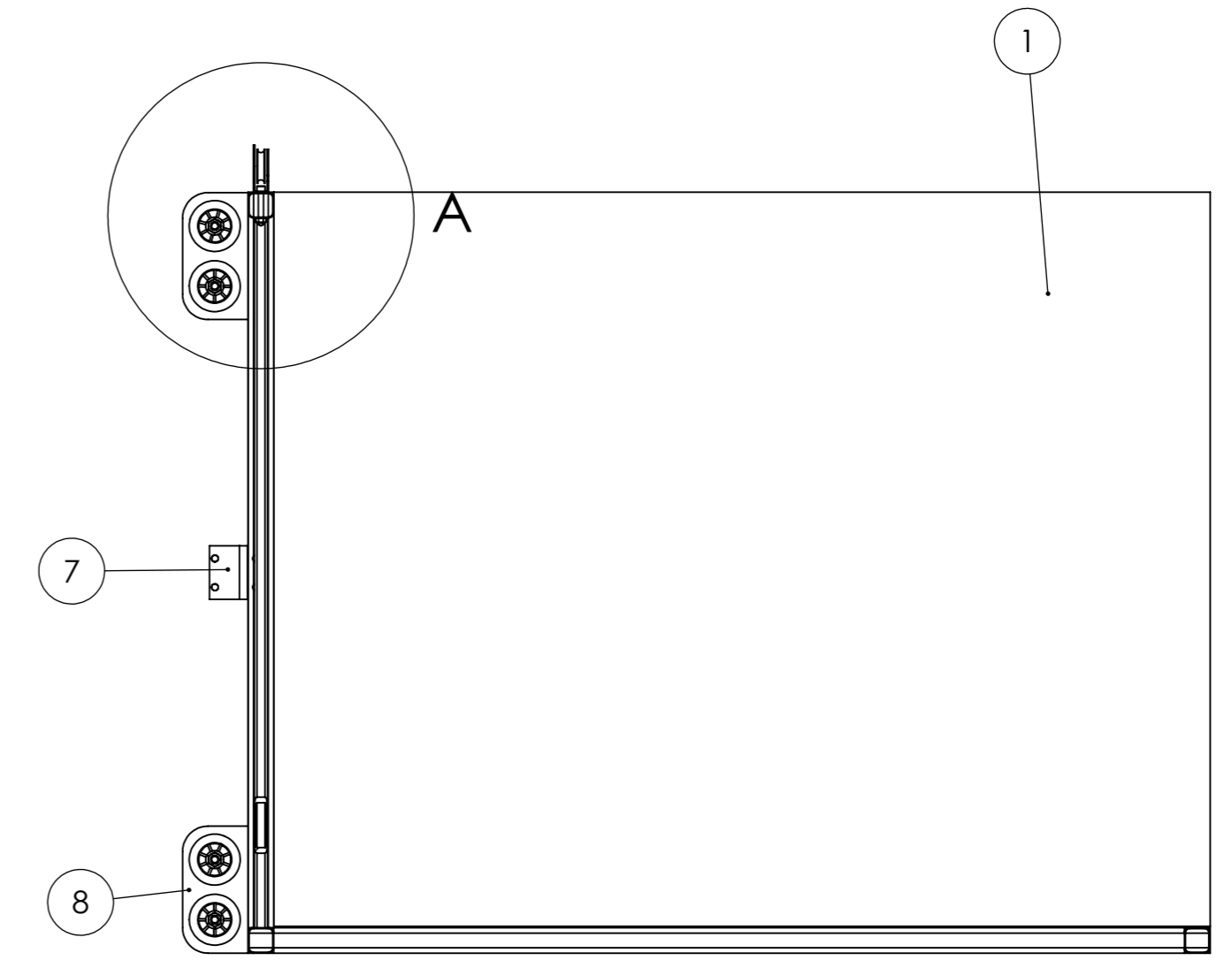
2	Tubo Cuadrado 50x50x3	1	E-CT-IME-030.1.2	N/A	ASTM A36	50x50x1070	
1	HBE 100	1	E-CT-IME-030.1.1	N/A	ASTM A36	100x100x4600	
Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				UPS	Diseño	R. Altamirano; O. Guano	26/06/2023
					Dibujó	R. Altamirano; O. Guano	26/06/2023
					Revisó	Ing. Xavier Vaca	26/06/2023
Base Estructural			Escala:	1:20	Código	E-CT-IME-030.1	Tol. Gral: ±1



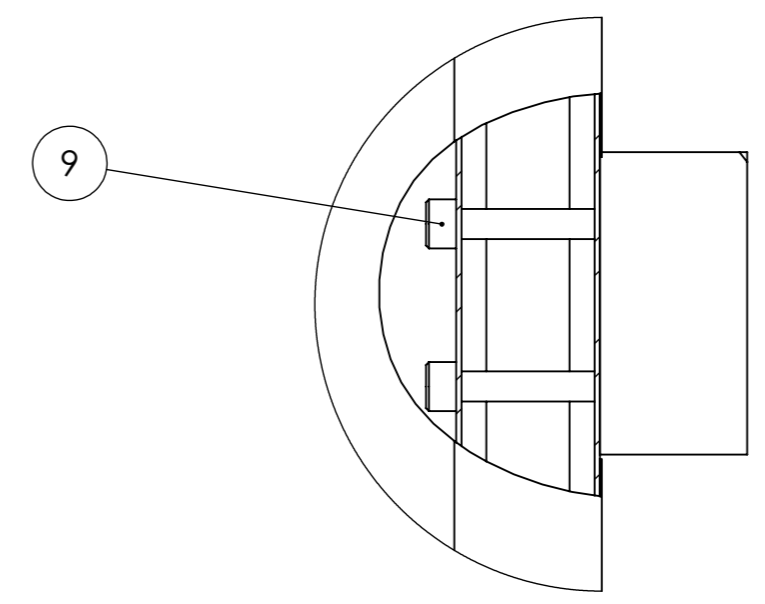
Vista Frontal



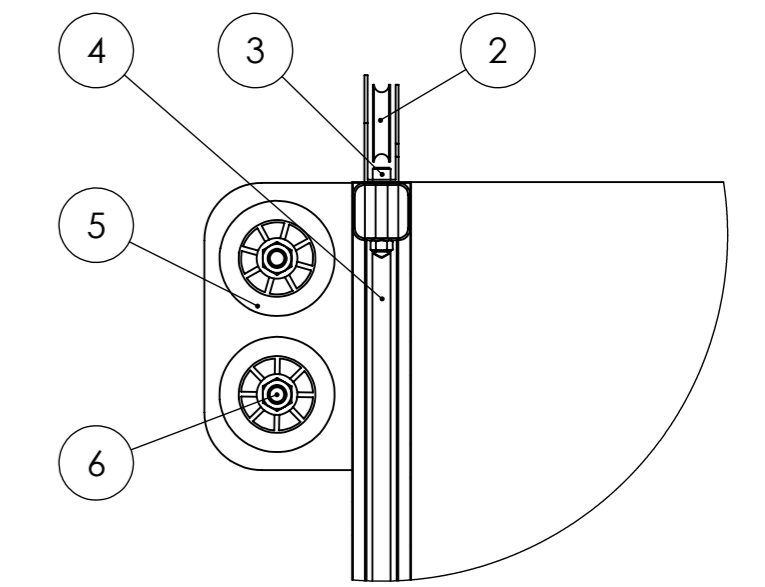
Vista Superior



Sección A-A



Detalle B
Escala 1:2

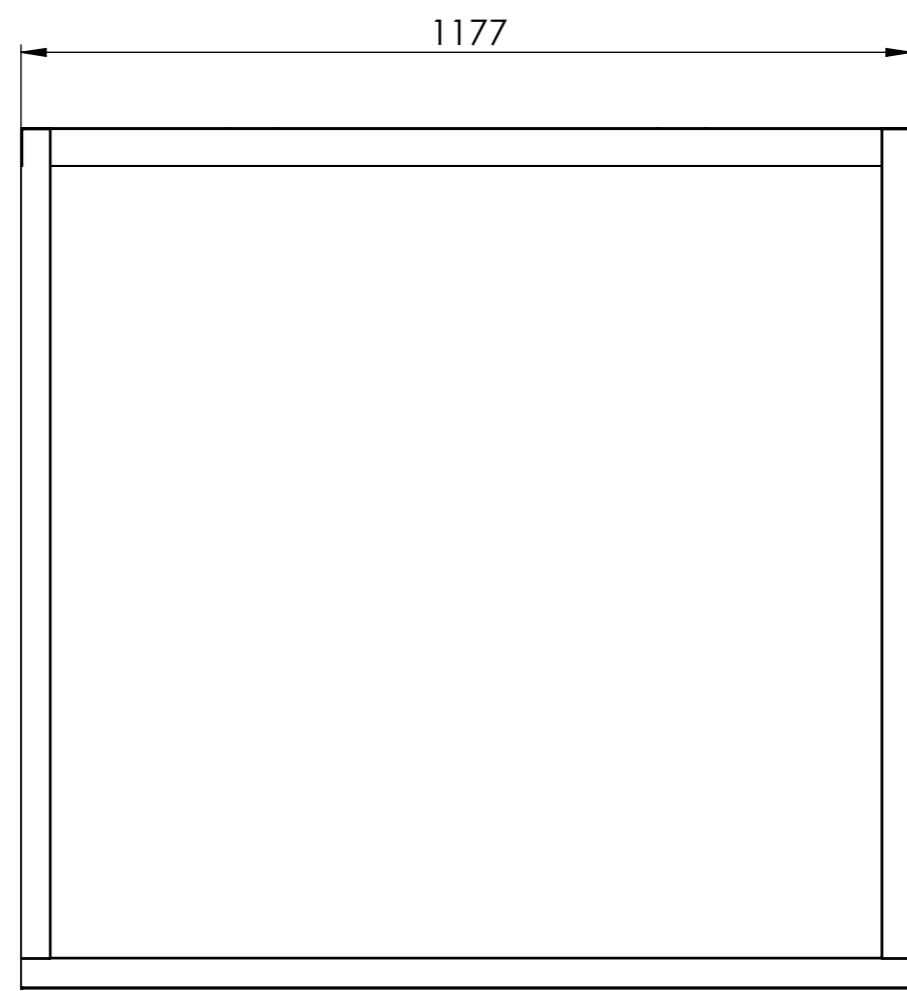


Detalle A
Escala 1:5

Peso Total
130 Kg

Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones
9	Perno Allen M10	4	ANSI	N/A	Acero aleado	M10x60	Incluye rodela
8	Placa soporte	4	E-CT-IME-030.2.3	N/A	AISI 304	190x153x2	
7	Paracaídas	2	Gervall	N/A	N/A	80x42x80	
6	Perno Allen 1/2"	8	ANSI	N/A	Acero aleado	ø1/2"x 2"	Incluye tuerca y rodela
5	Rueda industrial	8	Tellure Rota	N/A	Poliuretano/Poliuretano	ø3"x5/16"	
4	Estructura Metálica de la cabina	1	E-CT-IME-030.2.2	N/A	ASTM A36/AISI 304	1176x1438x1138	
3	Perno Allen 3/8"	6	ANSI	N/A	Acero aleado	ø3/8"x 1 3/4"	Incluye tuerca y rodela
2	Polea	2	National hardware	N/A	Zinc fundido/Acero galvanizado	63x71x23	
1	Recubrimiento inoxidable	1	E-CT-IME-030.2.1	N/A	AISI 304	1177x1439x1139	

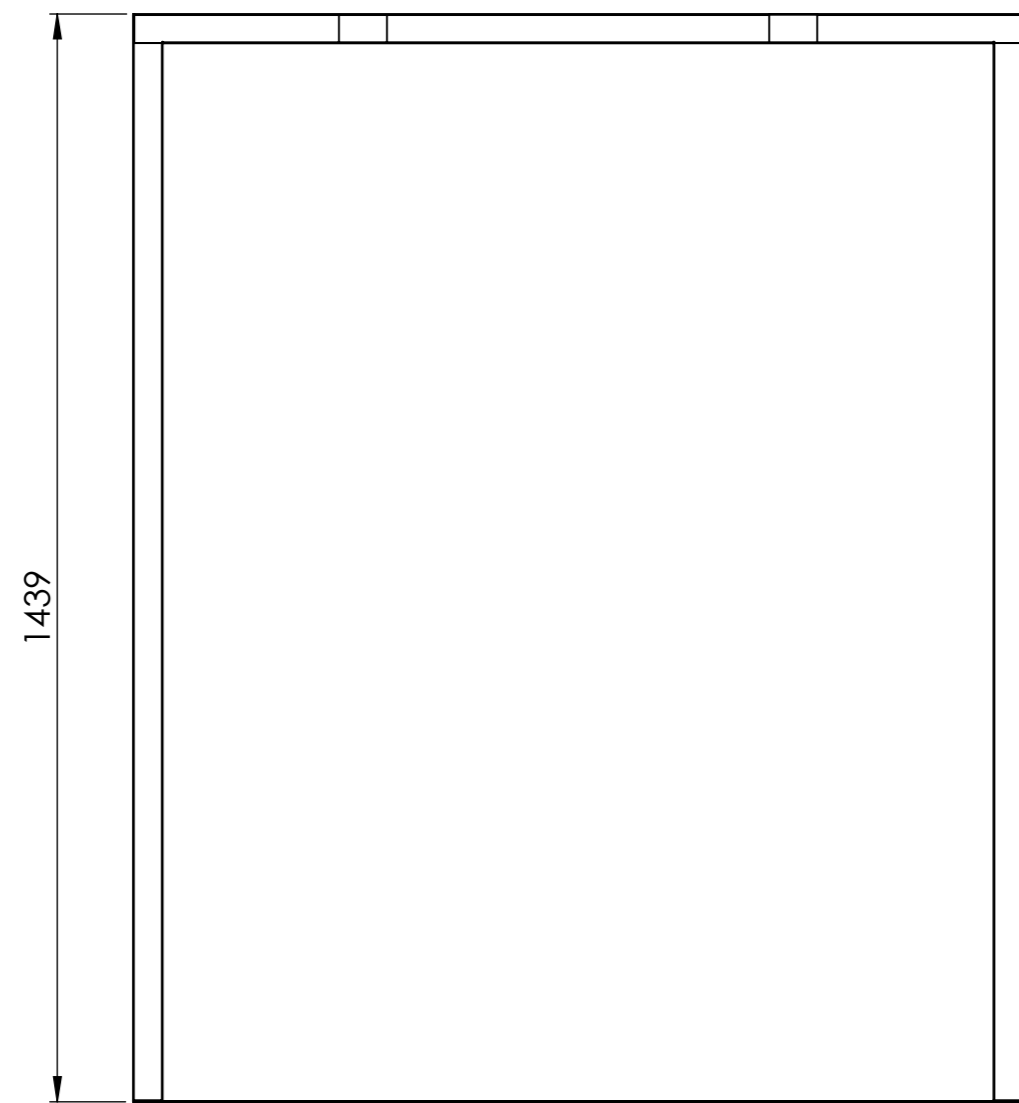
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		Diseño		R. Altamirano; O. Guano	26-06-2023		
		Dibujó		R. Altamirano; O. Guano	26-06-2023		
		Revisó		Ing. Xavier Vaca	26-06-2023		
ENSAMBLE CABINA		Escala:	1:10	Código	E-CT-IME-030.2	Tol. Gral:	±1



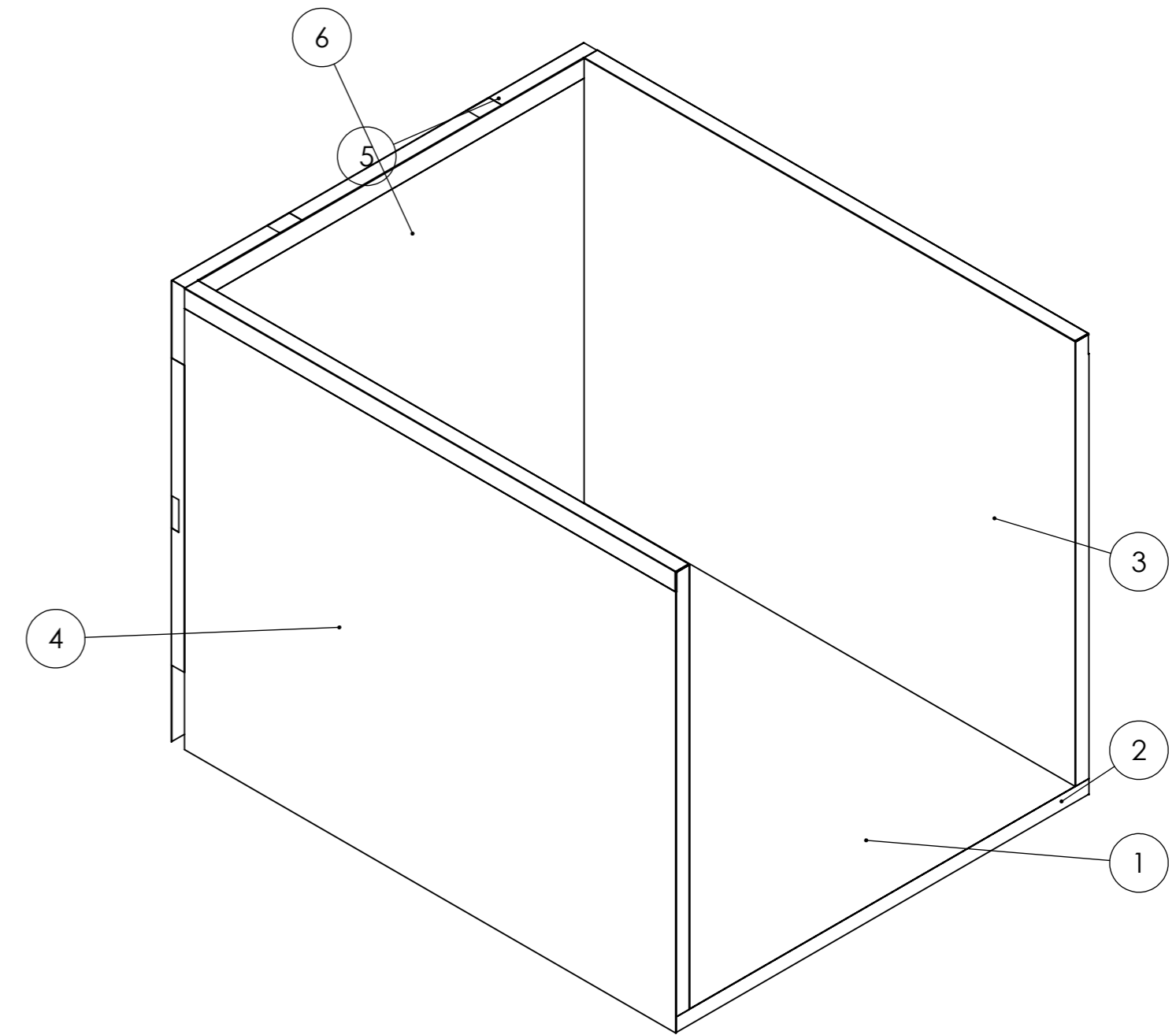
Vista Frontal



Vista Lateral Izquierda



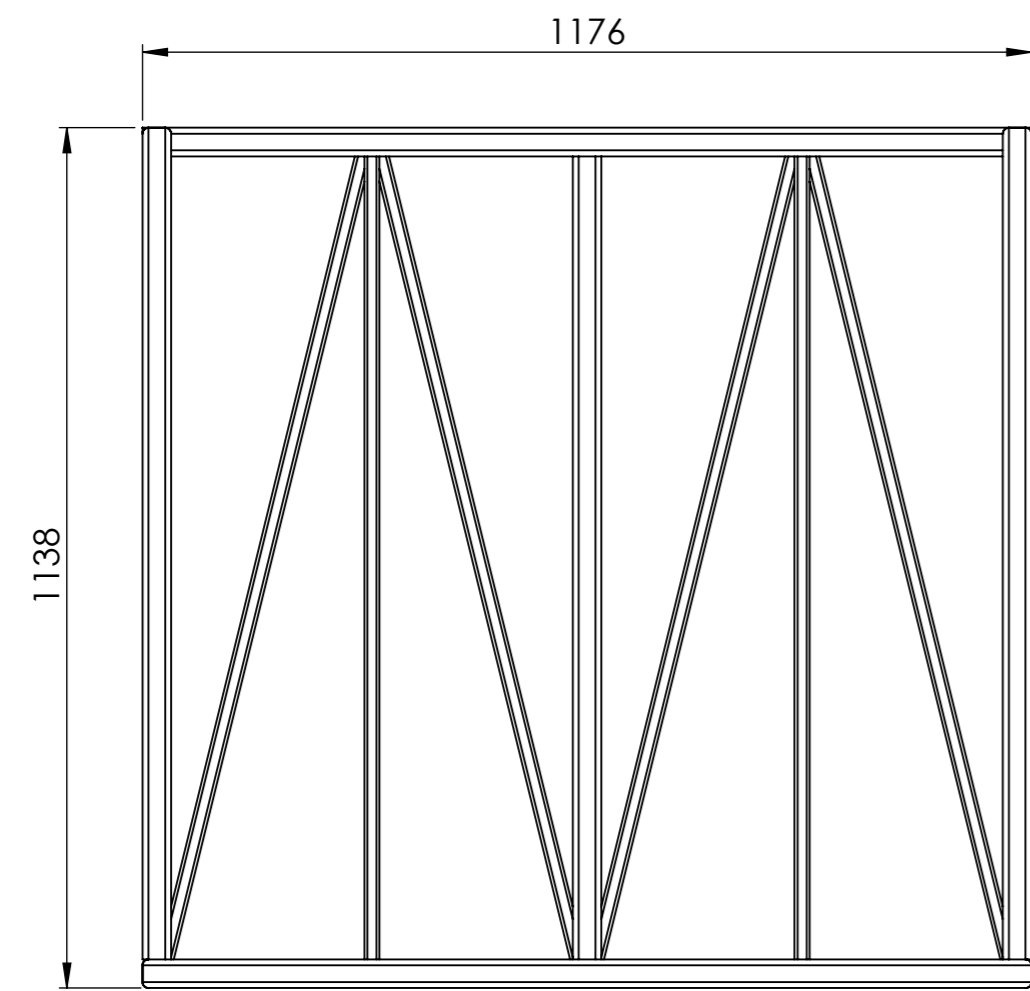
Vista Superior



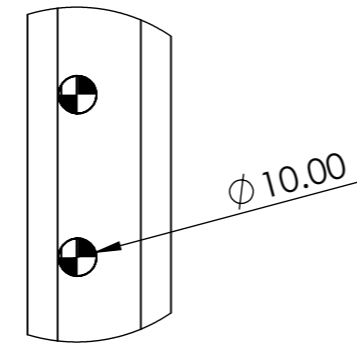
Vista isométrica

Peso Total
61 Kg

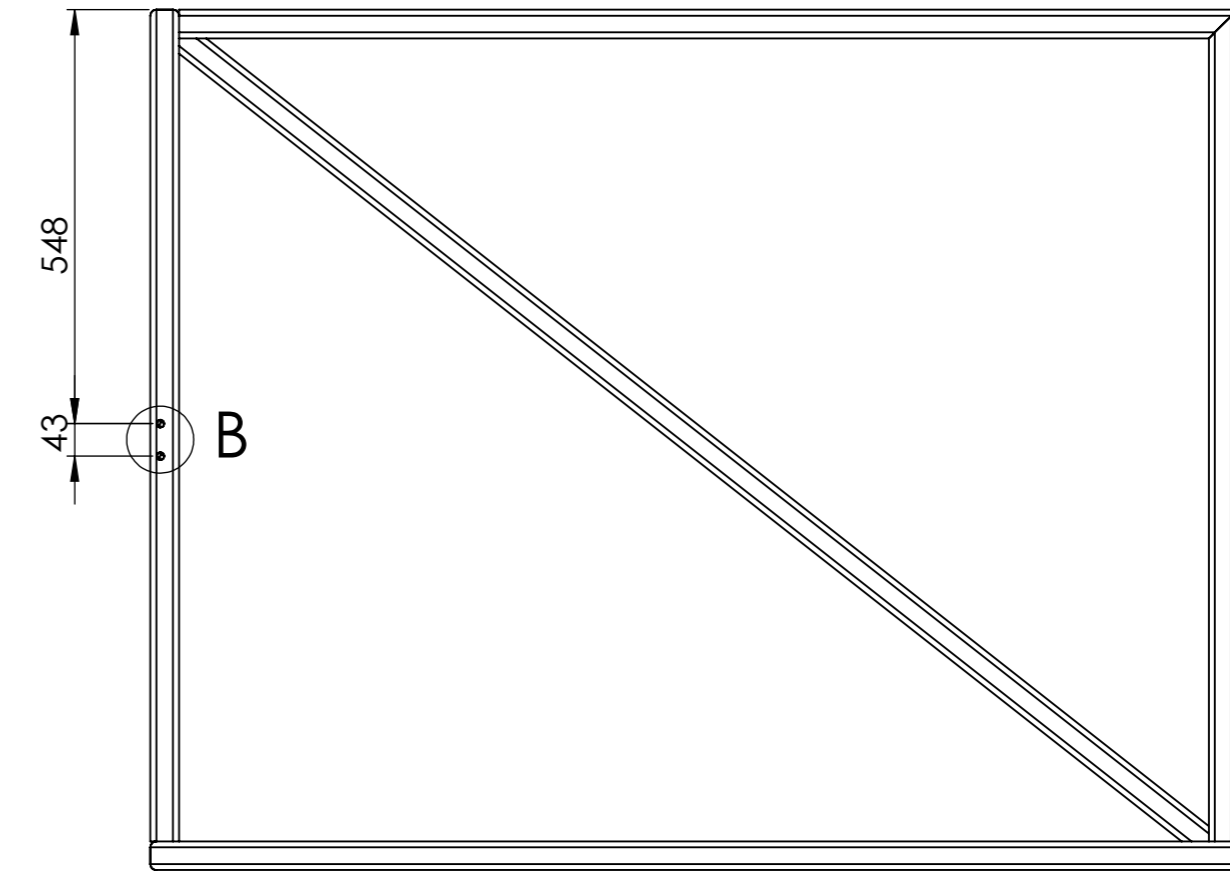
6	Lamina acero inoxidable 0.5 mm	1	E-CT-IME-030.2.1.6	N/A	AISI 304	1099x1048x0.5	
5	Lamina acero inoxidable 0.5 mm	1	E-CT-IME-030.2.1.5	N/A	AISI 304	1225x1176x0.5	
4	Lamina acero inoxidable 0.5 mm	2	E-CT-IME-030.2.1.4	N/A	AISI 304	1400x1089x0.5	
3	Lamina acero inoxidable 0.5 mm	2	E-CT-IME-030.2.1.3	N/A	AISI 304	1439x1186x0.5	
2	Lamina acero inoxidable 0.5 mm	1	E-CT-IME-030.2.1.2	N/A	AISI 304	1177x38x0.5	
1	Lamina acero inoxidable 2 mm	1	E-CT-IME-030.2.1.1	N/A	AISI 304	1400x1100x2	
Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				Diseño		R. Altamirano; O. Guano	26-06-2023
				Dibujó		R. Altamirano; O. Guano	26-06-2023
				Revisó		Ing. Xavier Vaca	26-06-2023
Recubrimiento inoxidable		Escala: 1:10		Código	E-CT-IME-030.2.1	Tol. Gral: ±1	



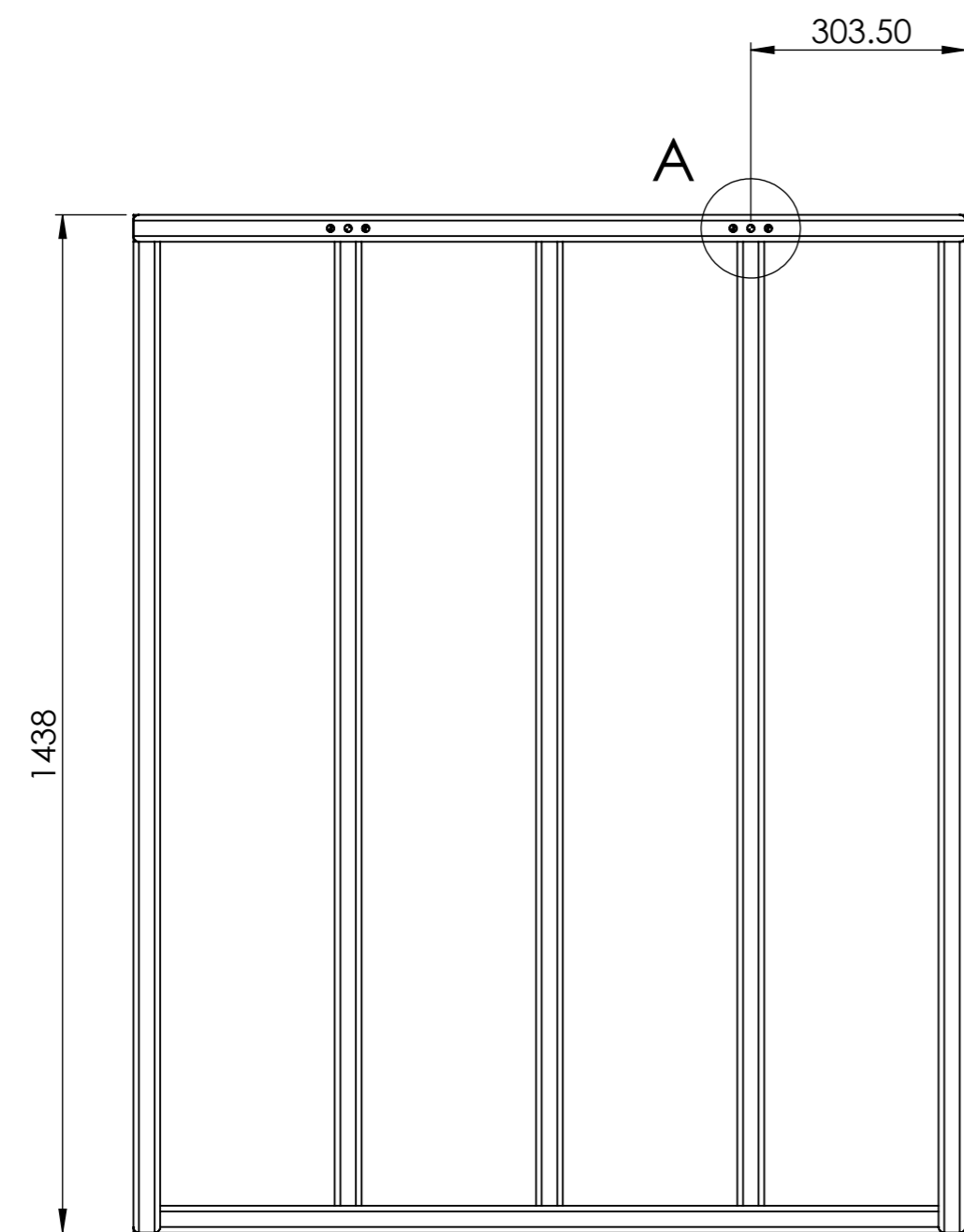
Vista Frontal



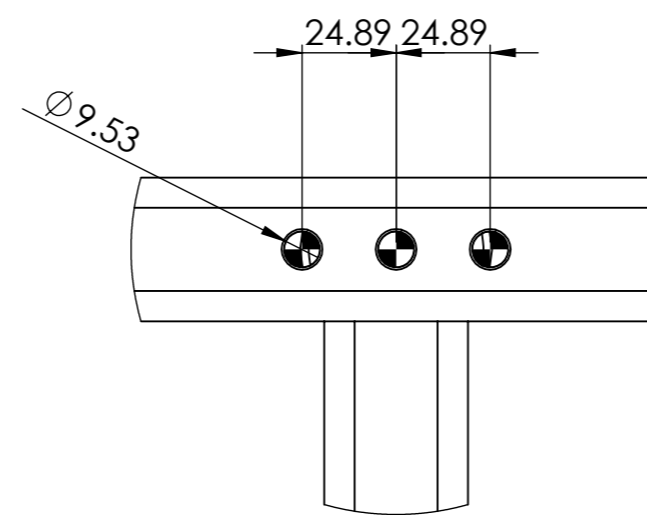
Detalle B
Escala 1:2



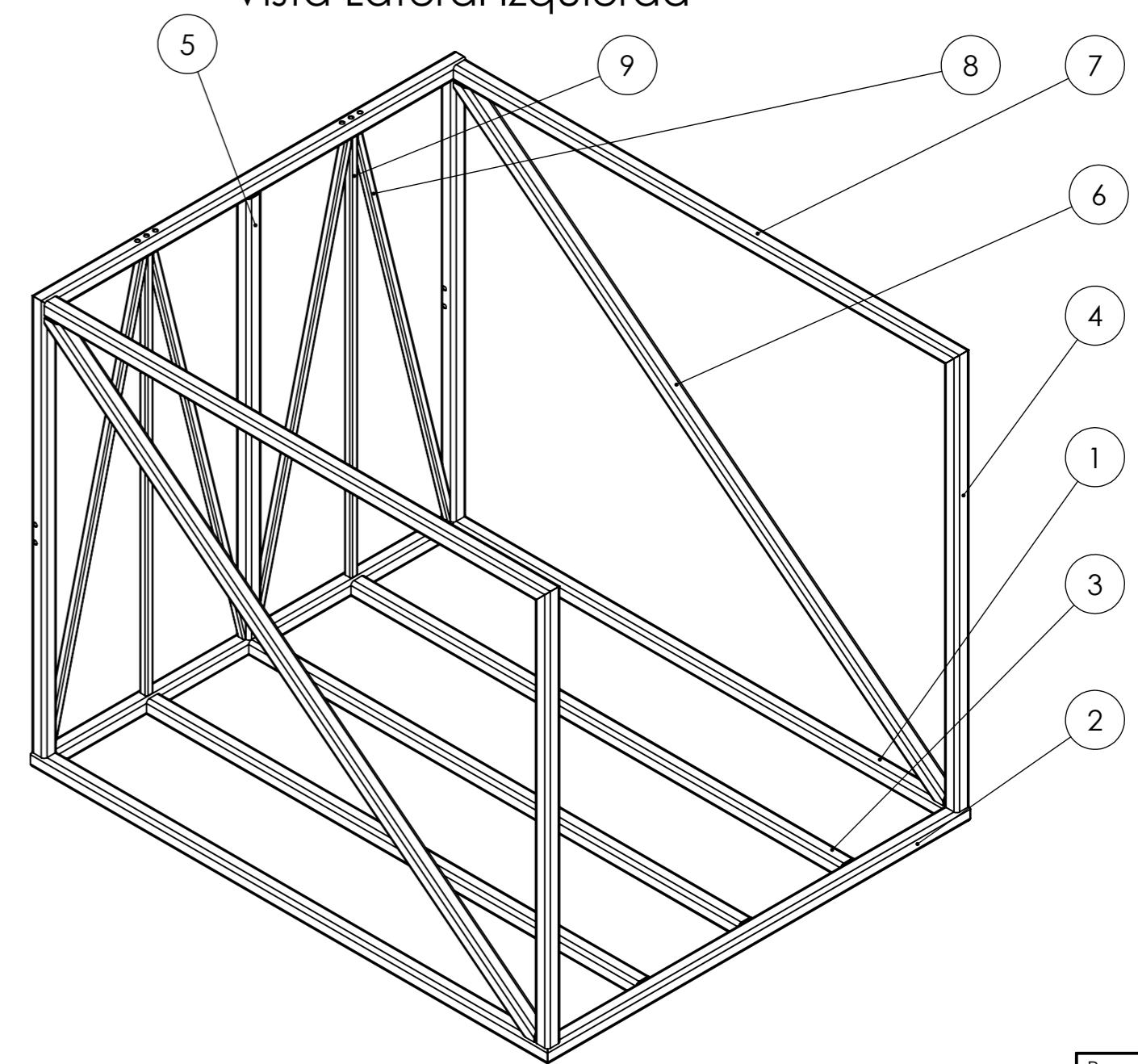
Vista Lateral Izquierda



Vista Superior



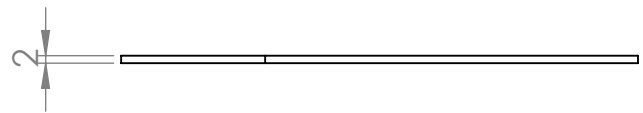
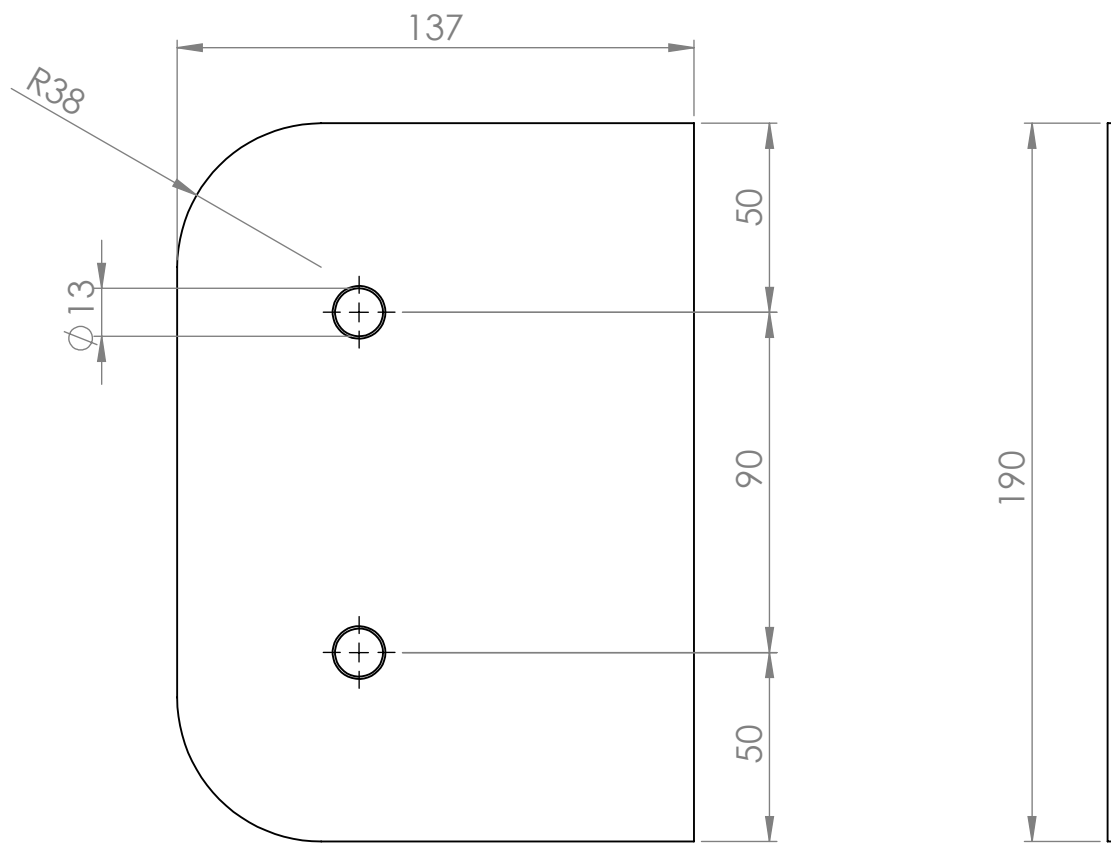
Detalle A
Escala 1:2



Vista Isométrica

Peso total
39 Kg

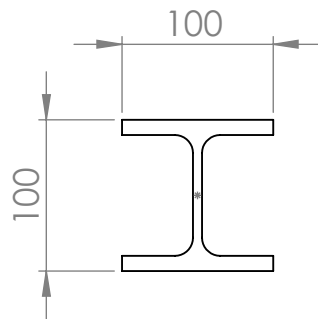
9	Tubo Cuadrado 20x20x2	2	E-CT-IME-030.2.2.9	N/A	ASTM A36	20x20x1062	
8	Tubo Cuadrado 20x20x2	4	E-CT-IME-030.2.2.8	N/A	ASTM A36	20x20x1088	
7	Tubo Cuadrado 38x38x1.4	2	E-CT-IME-030.2.2.7	N/A	ASTM A36	38x38x1400	
6	Tubo Cuadrado 38x38x1.4	2	E-CT-IME-030.2.2.6	N/A	ASTM A36	38x38x1727	
5	Tubo Cuadrado 38x38x1.4	1	E-CT-IME-030.2.2.5	N/A	ASTM A36	38x38x1062	
4	Tubo Cuadrado 38x38x1.4	4	E-CT-IME-030.2.2.4	N/A	ASTM A36	38x38x1100	
3	Tubo Cuadrado 38x38x1.4	3	E-CT-IME-030.2.2.3	N/A	ASTM A36	38x38x1362	
2	Tubo Cuadrado 38x38x1.4	3	E-CT-IME-030.2.2.2	N/A	ASTM A36	38x38x1176	
1	Tubo Cuadrado 38x38x1.4	2	E-CT-IME-030.2.2.1	N/A	ASTM A36	38x38x1438	
Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				UPS		Diseño R. Altamirano; O. Guano 26-06-2023	
						Dibujó R. Altamirano; O. Guano 26-06-2023	
						Revisó Ing. Xavier Vaca 26-06-2023	
ESTRUCTURA METÁLICA DE LA CABINA			Escala:	1:10	Código	E-CT-IME-030.2.2	Tol. Gral: ±0,1



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	AISI 304	Dim. Brutas:	137x190x2
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Placa Soporte	Escala: 1:2	Código:	E-CT-IME-030.2.3	Tol. Gral.:	±0.1

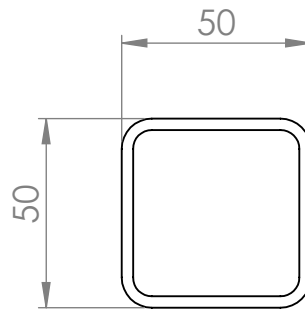
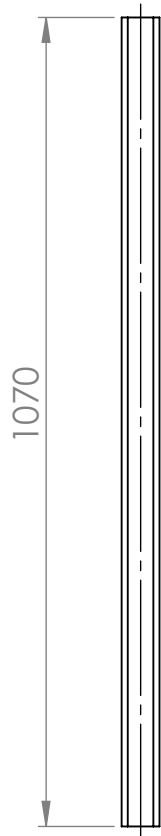


A



Detalle A
Escala 1:5

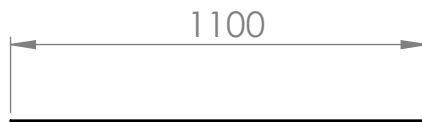
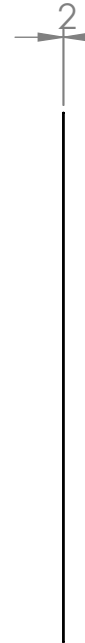
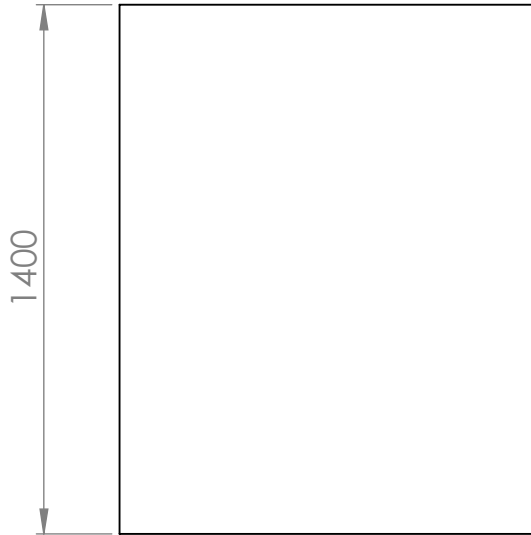
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	ASTM A36	Dim. Brutas:	100x100x4600
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
HBE 100	Escala: 1:50	Código:	E-CT-IME-030.1.1	Tol. Gral.:	±0.1



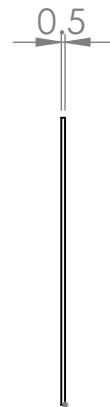
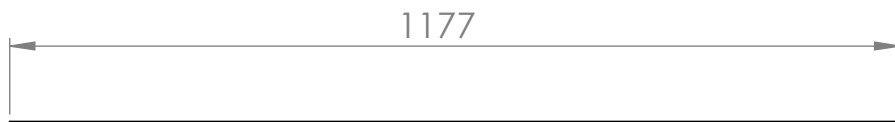
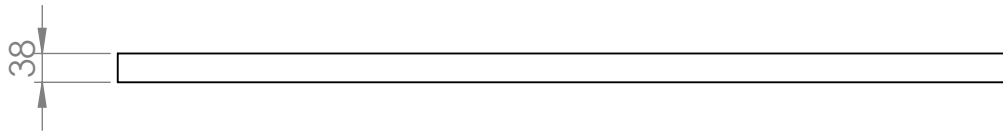
Detalle A
Escala 1:2



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Dim. Brutas:
Recubrimiento:	Pintura	ASTM A36	50x50x1070
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano 26-06-2023
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano 26-06-2023
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca 26-06-2023
Tubo Cuadrado 50x50x3	Escala: 1:10	Código:	E-CT-IME-030.1.2 Tol. Gral.: ±0.1

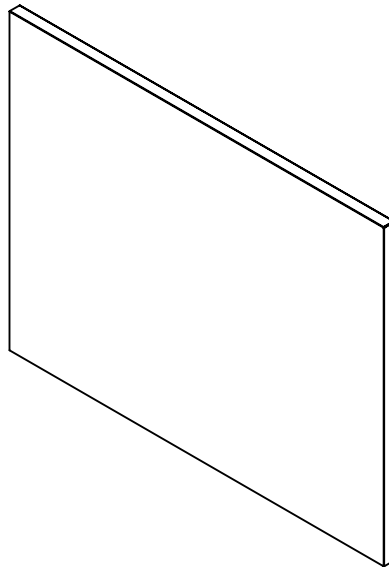
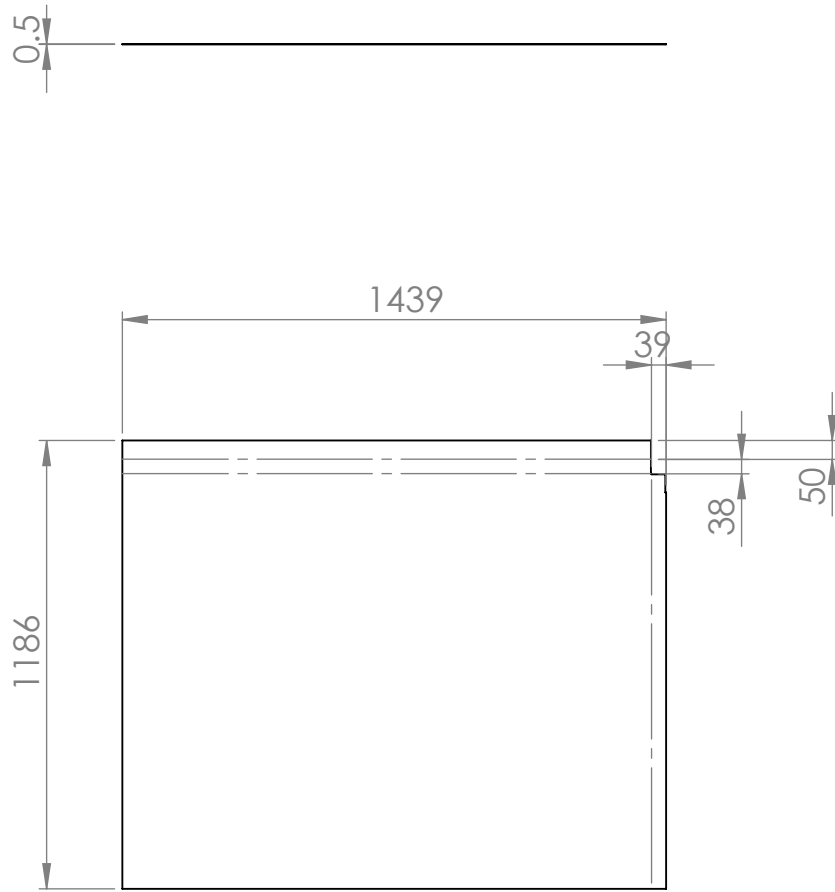


Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Dim. Brutas:
Recubrimiento:	N/A	AISI 304	1400x1100x2
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano 26-06-2023
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano 26-06-2023
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca 26-06-2023
Lamina inoxidable 2mm	Escala: 1:20	Código:	E-CT-IME-030.2.1.1 Tol. Gral.: ±0.1

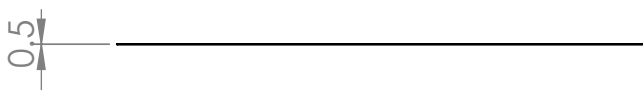
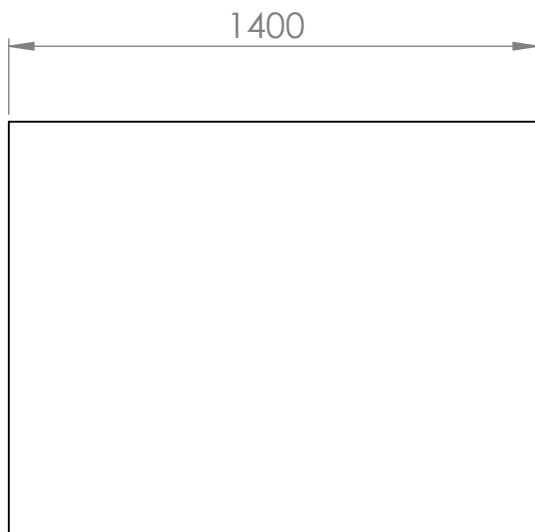


Detalle A
Escala 1:1

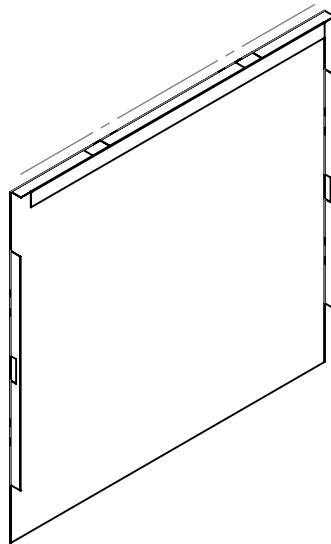
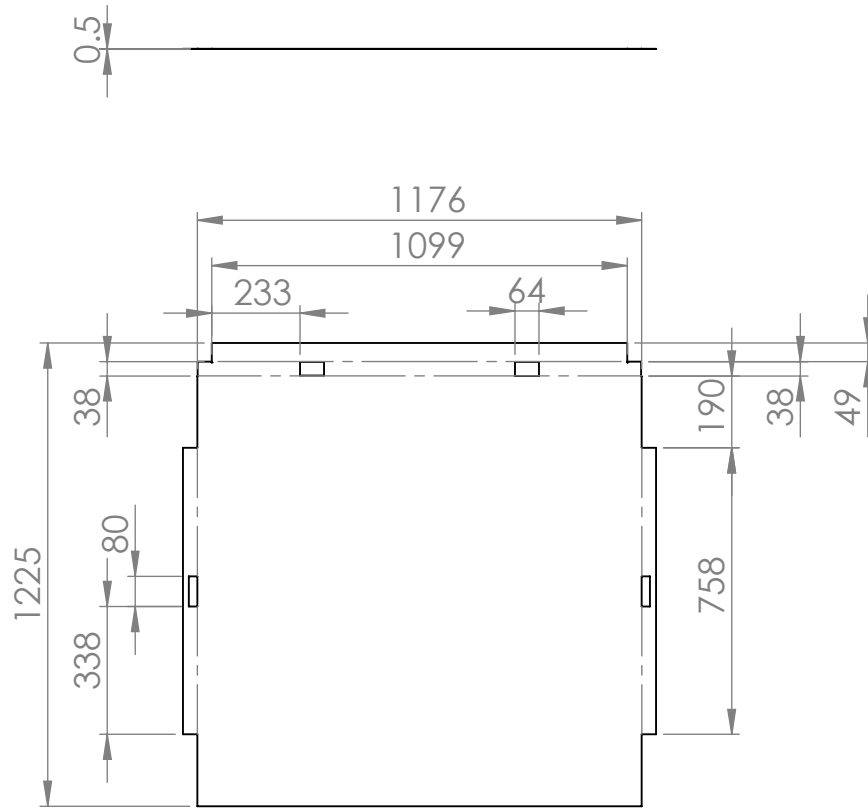
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	AISI 304	Dim. Brutas:	1177x30x0.5
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Lamina inoxidable 0.5 mm	Escala: 1:10	Código:	E-CT-IME-030.2.1.2	Tol. Gral.:	±0.1



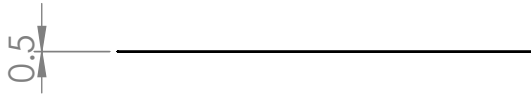
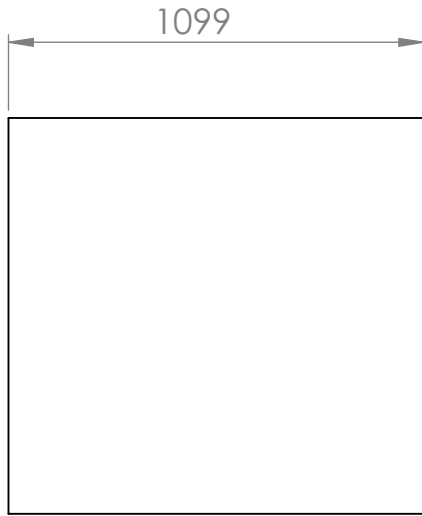
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	AISI 304	Dim. Brutas:	1439x1186x0.5
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Lamina inoxidable 0.5 mm	Escala: 1:20	Código:	E-CT-IME-030.2.1.3	Tol. Gral.:	±0.1



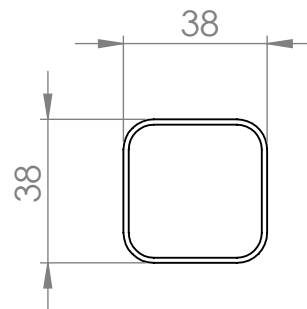
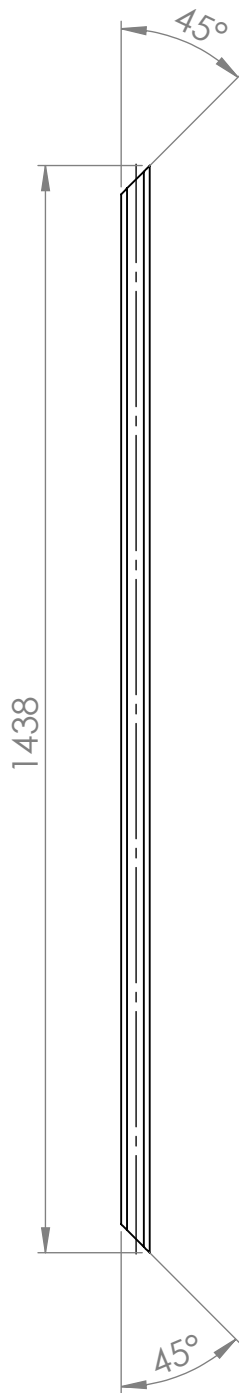
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Dim. Brutas:
Recubrimiento:	N/A	AISI 304	1400x1089x0.5
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano 26-06-2023
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano 26-06-2023
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca 26-06-2023
Lamina inoxidable 0.5mm	Escala: 1:20	Código:	E-CT-IME-030.2.1.4 Tol. Gral.: ±0.1



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	AISI 304	Dim. Brutas:	1225x1089x0.5
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Lamina inoxidable 0.5 mm	Escala: 1:20	Código:	E-CT-IME-030.2.1.5	Tol. Gral.:	±0.1



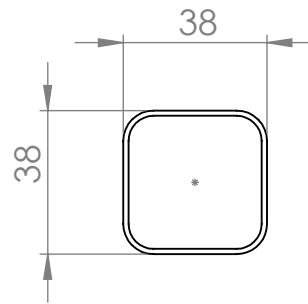
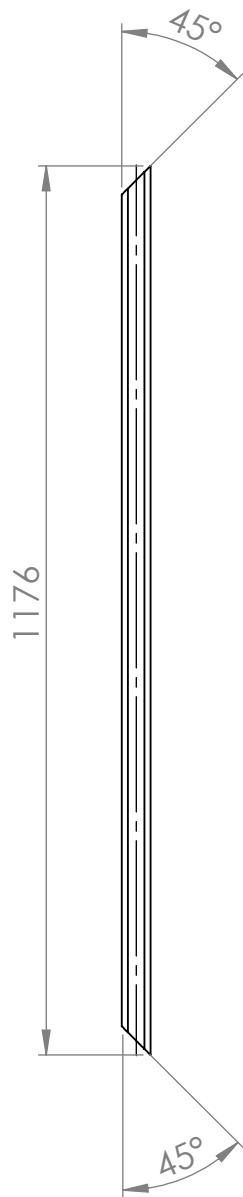
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	AISI 304		Dim. Brutas:	1099x1048x0.5
Recubrimiento:	N/A					
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023		
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023		
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023		
Lamina inoxidable 0.5 mm	Escala: 1:20	Código:	E-CT-IME-030.2.1.2	Tol. Gral.:	±0.1	



Detalle A
Escala 1:2

○ A

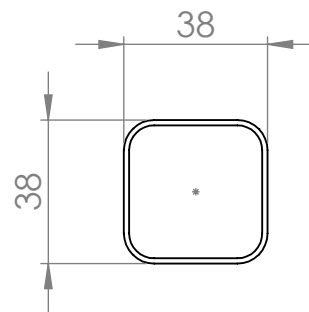
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	ASTM A36	Dim. Brutas:	38x38x1438
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Tubo cuadrado 38x38x1.4	Escala: 1:10	Código:	E-CT-IME-030.2.2.1	Tol. Gral.:	±0.1



Detalle A
Escala 1:2

A
□

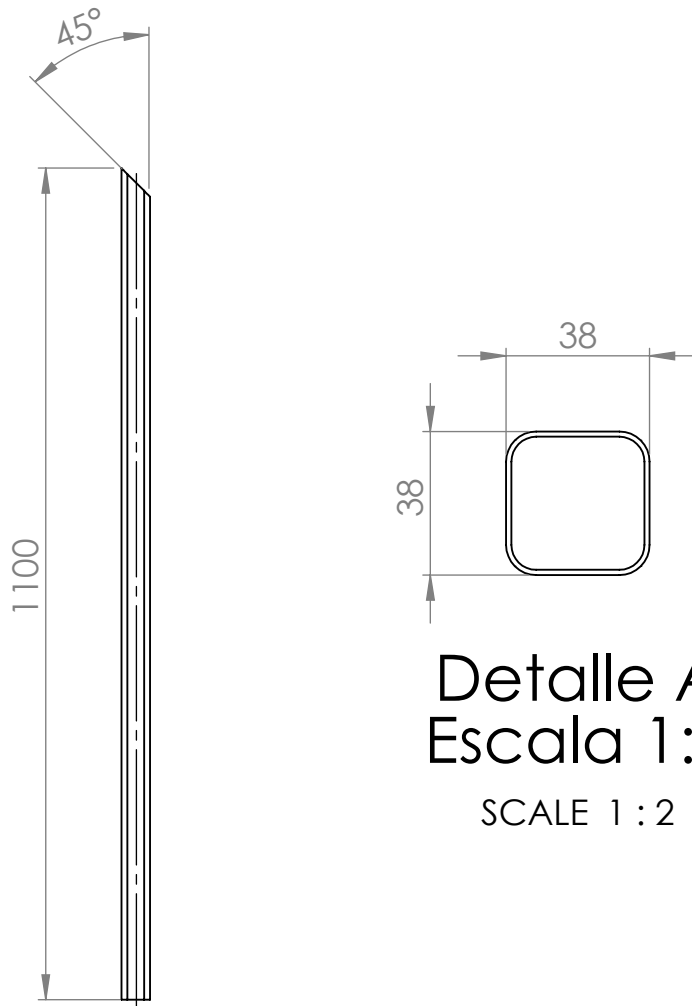
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	ASTM A36	Dim. Brutas:	38x38x1176
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Tubo cuadrado 38x38x1.4	Escala: 1:10	Código:	E-CT-IME-030.2.2.2	Tol. Gral.:	±0.1



Detalle A
Escala 1:2

○ A

Tratamiento térmico:	N/A	Material:	ASTM A36	Dim. Brutas:	38x38x1362
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Tubo cuadrado 38x38x1.4	Escala: 1:10	Código:	E-CT-IME-030.2.2.3	Tol. Gral.:	±0.1

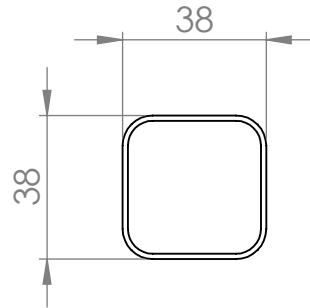


Detalle A
Escala 1:2

SCALE 1 : 2

○ A

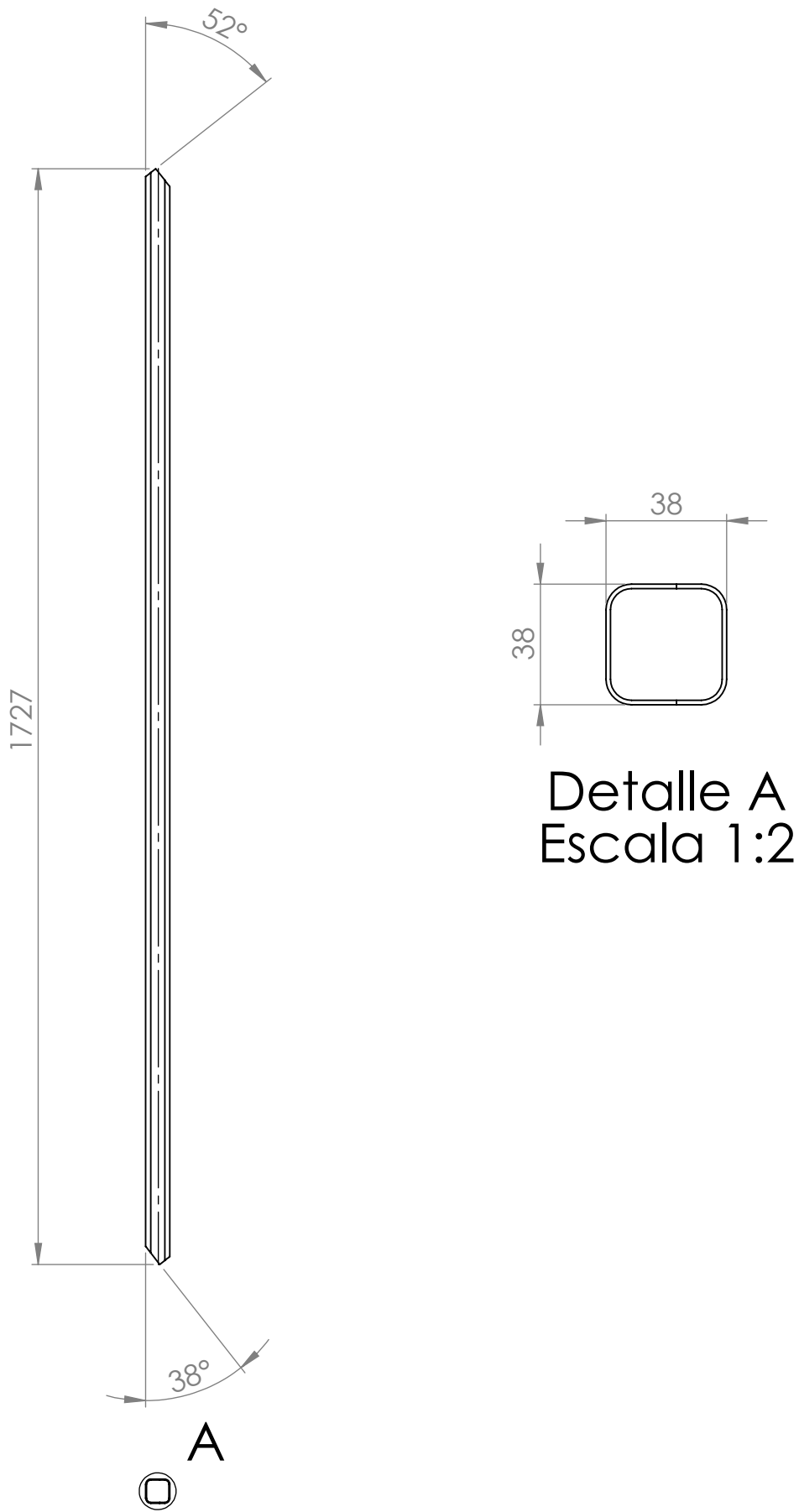
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	ASTM A36	Dim. Brutas:	38x38x1100
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Tubo cuadrado 38x38x1.4	Escala: 1:10	Código:	E-CT-IME-030.2.2.4	Tol. Gral.:	±0.1



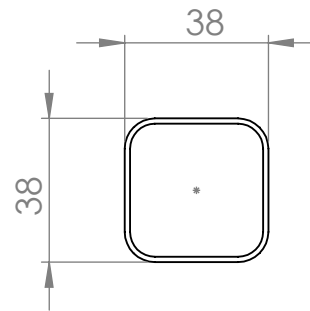
Detalle A
Escala 1:2
SCALE 1 : 2

A
O

Tratamiento térmico:	N/A	Material:	ASTM A36	Dim. Brutas:	38x38x1062
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Tubo cuadrado 38x38x1.4	Escala: 1:10	Código:	E-CT-IME-030.2.2.5	Tol. Gral.:	±0.1



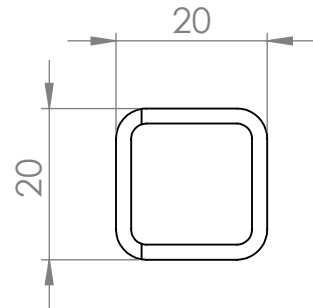
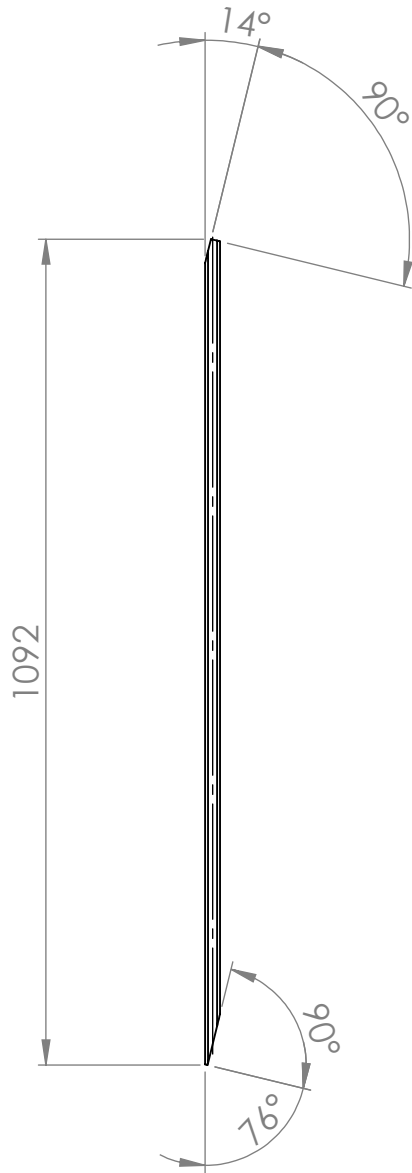
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	ASTM A36	Dim. Brutas:	38x38x1727
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Tubo cuadrado 38x38x1.4	Escala: 1:10	Código:	E-CT-IME-030.2.2.6	Tol. Gral.:	±0.1



Detalle A
Escala 1:2

A

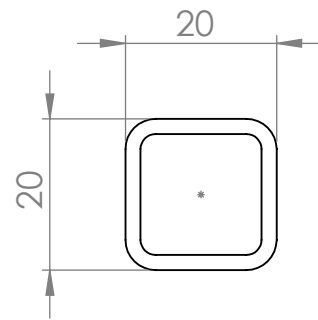
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	ASTM A36	Dim. Brutas:	38x38x1400
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Tubo cuadrado 38x38x1.4	Escala: 1:10	Código:	E-CT-IME-030.2.2.7	Tol. Gral.:	±0.1



Detalle A
Escala 1:1

A

Tratamiento térmico:	N/A	Material:	ASTM A36	Dim. Brutas:	20x20x1092
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Tubo cuadrado 20x20x2	Escala: 1:10	Código:	E-CT-IME-030.2.2.8	Tol. Gral.:	±0.1



Detalle A
Escala 1:1

o A

Tratamiento térmico:	N/A	Material:	ASTM A36	Dim. Brutas:	20x20x1062
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Dibujó:	R. Altamirano ; O. Guano	26-06-2023	
		Revisó:	Ing. Xavier Vaca	26-06-2023	
Tubo cuadrado 20x20x2	Escala: 1:10	Código:	E-CT-IME-030.2.2.9	Tol. Gral.:	±0.1