



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE PLATAFORMA DE ELEVACIÓN PARA PERSONAS CON
MOVILIDAD REDUCIDA EN SILLA DE RUEDAS A UN VEHÍCULO TIPO VAN**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTOR: ERICK EFRAÍN TACO MÁRMOL

TUTOR: RENÉ PATRICIO QUITIAQUEZ SARSOZA

Quito-Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, **Erick Efraín Taco Mármol** con documento de identificación N° 1726543349 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y autorizo 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 abril del año 2022

Atentamente,



Erick Efraín Taco Mármol

1726543349

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

Yo, **Erick Efraín Taco Mármol** con documento de identificación No. 1726543349, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor de la Propuesta tecnológica: “Diseño Y Simulación De Plataforma De Elevación Para Personas Con Movilidad Reducida En Silla De Ruedas A Un Vehículo Tipo Van”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 11 de abril del año 2022

Atentamente,



Erick Efraín Taco Mármol

1726543349

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **René Patricio Quitiaquez Sarsoza** con documento de identificación N° 1710597269, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE PLATAFORMA DE ELEVACIÓN PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA EN SILLA DE RUEDAS A UN VEHÍCULO TIPO VAN, realizado por **Erick Efraín Taco Mármol** con documento de identificación N° 1726543349, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Propuesta tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 11 de abril del año 2022

Atentamente,



Ing. René Patricio Quitiaquez Sarsoza, MSc.

1710597269

DEDICATORIA

Primero a Dios, por bendecirme todos estos años con salud tanto a mi como a mis familiares, además de permitirme cumplir este gran objetivo. A mis Padres Juan Fernando y Mirian Margoth por enseñarme buenos valores y ser constantes y perseverantes en mi educación y la de mis hermanos. También por ser el pilar fundamental del hogar, y siempre haberme demostrado apoyo incondicional en las decisiones que he tomado. A mis hermanos Irwin y Roger, que siempre me han visto como un ejemplo y espero que lo siga siendo y nos sigamos apoyando en todo como siempre.

A la prestigiosa Universidad Politécnica Salesiana por haberme acogido en sus instalaciones para formar parte de un proceso de enseñanza profesional y humana.

A mi tutor de proyecto de titulación, Ing. René Patricio Quitiaquez Sarsoza MSc, por compartir sus conocimientos y haber sido una valiosa guía para culminar con éxito el presente trabajo.

A mis docentes, porque gracias a ellos y a sus enseñanzas ha sido posible llegar a cumplir una meta más en mi vida.

A mis compañeros, por haber compartido conmigo estos últimos años y ser parte de esta grandiosa etapa llamada Universidad.

Índice

Planteamiento Del Problema	18
Problema De Estudio	II
Justificación	III
Grupo Objetivo	IV
Objetivos	IV
Objetivo General	IV
Objetivos Específicos	IV
CAPÍTULO 1	1
1.1 Marco teórico	1
1.1.1 Discapacidad.....	1
1.1.2 Personas Con Movilidad Reducida.....	1
1.1.3 Ley Orgánica De Discapacidades.....	1
1.1.4 Silla De Ruedas Y Dimensiones De Tránsito.....	2
1.1.5 NTE 2239 Accesibilidad De Las Personas Al Medio Físico. Señalización.	2
1.1.6 NTE INEN 2292 Accesibilidad De Las Personas Con Discapacidad Y Movilidad Reducida Al Medio Físico. Transporte.....	2
1.1.7 RTE INEN 038 Bus Urbano	2
1.1.8 NTE INEN 2205 Vehículos Automotores. Bus Urbano. Requisitos	2
1.1.9 Normativa Aplicada A Elevadores Para Personas Con Movilidad Reducida ISO 9386	3
1.5.9 Normativa De Transporte Accesible En El Sector Turístico Usado En El Gobierno Mexicano.....	5

1.5.10 Vehículo Tipo Van	6
1.6 Equipos Similares	6
1.6.1 Elevador Reliant	6
1.6.2 Elevador KlearVue.....	7
1.7 Selección De Alternativas	8
1.7.1 Selección De Mecanismo	8
1.7.2 Selección De Sistema De Fuerza	8
1.7.2.1 Sistema eléctrico.....	8
1.7.2.2 Sistema electrohidráulico	9
1.7.2.3 Cuadro comparativo.....	9
1.10 Análisis De Materiales	10
1.10.3 Acero ASTM A36.....	10
1.8 Formulación	11
1.8.1 Fuerza	11
1.8.2 Esfuerzos	12
1.8.3 Esfuerzos en flexión	12
1.8.4 Deflexión en vigas con carga puntual en el centro.....	13
1.8.5 Factor de seguridad.....	14
1.8.6 Momentos de inercia	14
1.8.7 Soldadura	15
1.8.7.1 Símbolos de soldadura	15
1.8.7.2 Ancho de la garganta de soldadura.....	16

1.8.7.3 Esfuerzos en uniones soldadas	17
1.8.7.4 Factor de seguridad en uniones soldadas para esfuerzo cortante.....	19
1.8.8 Sistemas de anclaje	19
1.8.8.1 Parámetros roscas métricas.....	20
1.8.8.2 Formulación para determinación de cargas	21
1.9 Sistema eléctrico	24
1.9.1 Actuadores lineales eléctricos	24
1.9.2 Arduino.....	25
1.9.2 Medio Puente H BTS7960	26
1.9.2 Pulsador de emergencia.....	28
1.9.3 Pulsadores de accionamiento.....	29
1.9.4 Alarma acústica	30
1.10 Conexión con Labview	30
1.10.1 Labview	30
1.10.2 NI SoftMotion.....	30
CAPÍTULO 2	31
2.1 Diseño de la Plataforma.....	31
2.1.1 Carga sobre la plataforma	31
2.1.2 Reacciones en soportes de plataforma.....	32
2.1.3 Momentos en la plataforma	32
2.1.4 Momento de inercia de una viga.....	33
2.1.5 Esfuerzo flexionante en la plataforma.....	33

2.1.6 Factor de seguridad de la plataforma	34
2.1.7 Deformación en la plataforma.....	34
2.1.8 Cálculo de soldadura en vigas de plataforma	35
2.2 Diseño de eslabones de mecanismo	37
2.2.1 Diseño eslabón 3.....	37
2.2.2 Diseño eslabón 1 y 2	41
2.2.3 Diseño de soportes verticales de conexión J1 y J2.....	43
2.2.4 Diseño de soldadura de soportes verticales y base de sujeción	46
2.3 Diseño de pasadores entre eslabones	48
2.4 Selección de pernos que sujetan la base.....	49
2.4.1 Rigidez efectiva estimada (K_b)	50
2.4.2 Rigidez del elemento (K_m)	50
2.4.2 Fracción de carga externa soportada por el perno (C).....	51
2.4.3 Carga de prueba (F_p)	51
2.4.3 Precarga (F_i)	51
2.4.4 Factor de seguridad del perno.....	51
2.4.5 Tuercas para la sujeción.....	52
2.5 Diseño de elemento de sujeción para la persona ocupante del equipo	52
2.6 Sistema de tensión para plataforma.....	56
2.7 Sistema de seguridad delantera	58
2.8 Selección de actuadores.....	59
2.9 Diseño eléctrico y electrónico	63

2.7.1 Conexiones de sensores y módulos actuadores.....	65
2.7.2 Conexiones con BTS 7960	68
2.7.8 Caja de control del equipo	69
2.10 Diseño interfaz para conexión entre Labview y Solidworks	70
2.10.1 Diagrama de flujo del proceso de funcionamiento	70
2.10.2 Interfaz en Labview	72
CAPÍTULO 3	77
3.1 Simulación estática plataforma para levantamiento	77
3.2 Simulación estática Eslabón 3	79
3.3 Simulación estática Soportes verticales	81
3.4 Parámetros de simulación de movimiento.....	85
3.5 Pasos para conexión con Labview.....	87
3.6 Validación de protocolos de diseño mecatrónico con norma VDI 2206	94
3.7 Listado de materiales para una posible implementación	95
3.8 Análisis económico: TIR y VAN	99
3.8.1 Valor actual neto (VAN)	99
3.8.2 Tasa interna de retorno (TIR)	99
3.9 Conclusiones y Recomendaciones	100
3.9.1 Conclusiones.....	100
3.9.2 Recomendaciones.....	101
ANEXO 1: Conexión de sensores	1
Conexiones con sensores ultrasónicos	1

Conexiones con GPS	1
Conexiones con módulo Relé para lámpara acústica	2
ANEXO 2: Información del equipo	3
ANEXO 3: Batería de respaldo.....	4

Índice de Figuras

Figura 1. Elevador para silla de ruedas Reliant [15].	7
Figura 2. Elevador para silla de ruedas KlearVue [16].	8
Figura 3. Actuador eléctrico Timotion JP4 Series [19].	9
Figura 4. Actuador electrohidráulico lineal fabricado por la empresa Hydraser [20].	9
Figura 5. Fórmula de cálculo de fuerza [22].	11
Figura 6. Fórmula de esfuerzos [22].	12
Figura 7. Fórmula de esfuerzos en flexión [22].	12
Figura 8. Fórmula de esfuerzos en flexión [22].	13
Figura 9. Fórmula de deflexión con carga puntual en el centro y apoyos simples [22].	13
Figura 10. Fórmula de factor de seguridad [22].	14
Figura 11. Ejemplo de momentos de inercia [22].	14
Figura 12. Teorema ejes paralelos [22].	14
Figura 13. Representación simbólica de soldadura estándar AWS [22].	16
Figura 14. Simbología de soldadura por arco y autógena [22].	16
Figura 15. Simbología de soldadura de filete [22].	16
Figura 16. Inercia en relación al momento unitario [22].	17
Figura 17. Propiedades torsionales de soldaduras de filete [22].	17
Figura 18. Simbología de soldadura de filete [22].	18
Figura 19. Esfuerzo cortante secundario [22].	18
Figura 20. Factor de seguridad soldadura [22].	19

Figura 21. Terminología de roscas de tornillo [22].	20
Figura 22. Terminología de roscas de tornillo [22].	20
Figura 23. Parámetros de diseño [22].	21
Figura 24. Parámetros de diseño [22].	21
Figura 25. Fórmula para fracción de carga externa [22].	22
Figura 26. Fórmula para carga de prueba del perno [22].	22
Figura 27. Fórmula para carga de prueba del perno [22].	23
Figura 28. Factor de seguridad uniones no permanentes [22].	23
Figura 29. Actuador eléctrico Timotion JP4 Series [19].	25
Figura 30. Diagrama de conexión IC Basic [23].	25
Figura 31. Arduino Uno [25].	26
Figura 32. Integrado BTS 7960 [26].	27
Figura 33. Módulo BTS 7960 [27].	28
Figura 34. Circuito de control interno [27].	28
Figura 35. Pulsador de emergencia [28].	29
Figura 36. Pulsador [29].	29
Figura 37. Alarma acústica [30].	30
Figura 38. Interpretación de plataforma como viga empotrada.	32
Figura 39. Interpretación de plataforma como viga empotrada.	33
Figura 40. Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete [22].	35
Figura 41. Vista lateral del equipo.	37
Figura 42. Vista lateral reacciones en plataforma y eslabón 3.	38

Figura 43. Sección de perfil eslabón 3.....	39
Figura 44. Vista lateral reacciones en eslabón 1 y 2.....	41
Figura 45. Vista lateral soporte vertical para eslabón 1 y 2.....	43
Figura 46. Vista de sección soportes verticales.....	44
Figura 47. Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete [22].....	46
Figura 48. Tuercas de bloqueo [36].....	52
Figura 49. Vista isométrica del equipo.....	53
Figura 50. Vista lateral tubo de sujeción.....	54
Figura 51. Vista lateral sistema de sujeción del pasajero.	55
Figura 52. Vista lateral sistema de sujeción del pasajero.	56
Figura 53. Vista del equipo.....	57
Figura 54. Corriente vs longitud de eje [40].	58
Figura 55. Vista lateral sistema de sujeción del pasajero.	59
Figura 56. Asistente de diseño de actuadores lineales para obtención de modelo CAD	61
Figura 57. Gráfica Carga vs Corriente [44].	62
Figura 58. Gráfica Carga vs Corriente [44].	62
Figura 59. Alimentación de sistemas de control y potencia.	64
Figura 59. Alimentación de sistemas de control y potencia.	65
Figura 60. PCB de equipo.	67
Figura 61. Diagrama eléctrico de PCB.	68
Figura 62. Conexión con módulo BTS 7960.	69
Figura 63. Caja de control.	69

Figura 64. Caja de control vista interior.	70
Figura 65. Diagrama de flujo de funcionamiento Parte 1.	71
Figura 66. Diagrama de flujo Parte 2.	72
Figura 67. Interfaz de control.....	73
Figura 68. Diagrama de bloques Parte 1.	73
Figura 69. Diagrama de bloques Parte 2.	74
Figura 70. Gráfica de modelo de control [45].	74
Figura 71. PID Autotuning.	75
Figura 72. Valores ingresados al programa.	75
Figura 73. Valores obtenidos de simulación con Solidworks.	76
Figura 74. Tensión en la plataforma.	77
Figura 75. Deformación unitaria en la plataforma.	78
Figura 76. Factor de seguridad en la plataforma.	78
Figura 77. Tensión en el eslabón 3.....	79
Figura 78. Deformación en el eslabón 3.	80
Figura 79. Factor de seguridad del eslabón 3.....	81
Figura 80. Resultados conexión de soldadura simulada.....	82
Figura 81. Resultados conexión de pasadores.....	82
Figura 82. Tensiones en soportes verticales.	83
Figura 83. Deformaciones en soportes verticales.	84
Figura 84. Factor de seguridad en soportes verticales.	85
Figura 85. Movimiento incluidos en la animación de video.	85

Figura 86. Posición inicial de despliegue.....	86
Figura 87. Posición final con el equipo desplegado.....	87
Figura 88. Complementos en Solidworks necesarios.....	88
Figura 89. Pestaña análisis de movimiento.....	88
Figura 90. Como agregar el ensamblaje.....	89
Figura 91. Ruta del documento.....	89
Figura 92. Agregar ejes de movimiento.....	90
Figura 93. Configuración en máquina virtual.....	90
Figura 94. Configuración en ejes de movimiento.....	91
Figura 95. Configuración de ensamblaje importado.....	91
Figura 96. Sincronización de ensamblaje.....	92
Figura 97. Activación de ejes.....	93
Figura 98. Inicio de simulación.....	93
Figura 99. Diagrama en V.....	94
Figura. 100 Conexión con sensores ultrasónicos.....	1
Figura 101. Conexión con módulo BTS 7960.....	2
Figura 102. Conexión con módulo Relé.....	2
Figura 103. Placa de información colocada a un costado del equipo.....	3
Figura 104. Posición inicial del circuito.....	4
Figura 105. Posición 2 de circuito.....	4

Índice de Tablas

Tabla I_Cuadro comparativo entre sistema hidráulico y eléctrico	10
Tabla II_Propiedades químicas Acero estructural ASTM A-36 [21].	11
Tabla III_Propiedades mecánicas Acero estructural ASTM A-36 [21].	11
Tabla IV_Características técnicas Módulo BTS7960 [27].	27
Tabla V_Características técnicas Canal Tipo U [34].	42
Tabla VI_Características técnicas pernos de sujeción serie de paso grueso [22].	49
Tabla VII_Características técnicas pernos de sujeción [36].	49
Tabla VIII_Características técnicas actuador lineal LA25 [39].	57
Tabla IX_Características técnicas actuador lineal LA33 [42].	60
Tabla X_Características técnicas para la selección de cables [22].	63
Tabla XI_Sensores encontrados en el equipo [22].	65
Tabla XII_Actuadores o módulos encontrados en el equipo [22].	66
Tabla XIII_Materiales comerciales ferreteros.	95
Tabla XIV_Materiales comerciales plásticos.	96
Tabla XV_Materiales normalizados.	96
Tabla XVI_Sistema eléctrico.	97
Tabla XVII_Costos de mecanizado de piezas.	98
Tabla XVIII_Costos totales.	98
Tabla XIX_Flujo de caja.	99

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica titulada “Diseño y simulación de plataforma de elevación para personas con movilidad reducida en silla de ruedas a un vehículo tipo Van”, está destinado al campo tecnológico y social. Buscando una alternativa que pueda ser implementada a futuro en distintos lugares del Distrito Metropolitano de Quito como un medio inclusivo de transporte para este grupo vulnerable.

Para su diseño se analizó distintos equipos que son posibles importar fácilmente desde el mercado extranjero, puesto que en el país no se ha podido evidenciar como tal, además de eso, tomando distintos requisitos para su diseño desde la normativa internacional aplicada a este tipo de elevadores ISO 9386 y usando de guía también requerimientos planteados por normas ecuatorianas INEN.

Las distintas piezas y elementos que son parte del equipo fueron diseñadas de tal manera que su construcción sea simple en talleres mecánicos, con cortes y dobleces de planchas metálicas, soldaduras y perforaciones. De igual manera, el control eléctrico fue diseñado a partir de módulos de fácil conexión y adquisición en el mercado ecuatoriano.

Las simulaciones estáticas realizadas en el software Solidworks son presentadas en forma gráfica para su mejor entendimiento de los resultados de diseño. Para la simulación del movimiento se ha implementado la librería para Labview llamada SoftMotion que permite la interconexión entre ambos softwares simulando el control del equipo mediante una interfaz gráfica de fácil control.

Palabras Clave:

Simulación, Solidworks, Labview, Diseño

ABSTRACT

The present technological proposal entitled “Design of a lifting platform for people with reduced mobility in a wheelchair to a Van Vehicle”, is intended for the technological and social field. Looking for an alternative that can be implemented in the future in different places of the Metropolitan District of Quito as an inclusive transportation for this vulnerable group.

For its design, different equipment was analyzed that can be easily imported from the foreign market, since in the country it has not been possible to show as such, in addition, taking different requirements for its design were taken from the international standards applied to this type of elevators ISO 9386, and also, using as a guide requirements set by Ecuadorian standards INEN.

The different parts and elements that are part of the equipment were designed in a way that their construction is simple in mechanical workshops, with cuts and bends of metal plates, welds and drilling. Likewise, the electrical control was designed from modules that are easy to connect and acquire in the Ecuadorian Market.

Statics simulations performed in Solidworks Software are presented graphically for a better understanding of design results. For the simulation of the movement, a library for Labview called SoftMotion has been implemented, which allows the interconnection between both softwares, simulating the control of the equipment by means of a graphic interface of easy control.

Keywords:

Simulation, Solidworks, Labview, Design

Planteamiento Del Problema

Problema De Estudio

Actualmente, la cantidad de personas registradas en el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades [1] superan las 400 mil, entre las cuales, se encuentran más de 200 mil con una discapacidad física en distintos grados. Solamente en la Provincia de Pichincha, en el cantón Quito se registra un total de 28.386 individuos con este tipo de discapacidad que muchas veces al no contar con un recurso económico para adquirir un vehículo propio optan por transportes privados para su desplazamiento, tomando en cuenta que el uso del transporte público es un foco de infección de enfermedades de transmisión aérea como el Covid-19 y con la finalidad de salvaguardar la integridad de este grupo vulnerable, se plantea el siguiente proyecto para mejorar la movilidad de las personas con dicha discapacidad, con la importancia de poder transportarse de manera segura dentro de un automóvil evitando este tipo de contactos. Implementando una plataforma de elevación que obedezca con las especificaciones requeridas por la norma técnica internacional ISO 9386-2: Plataformas elevadoras eléctricas para personas con movilidad reducida.

La manera en la que se intenta acoplar los conocimientos obtenidos en las distintas ramas de la Ingeniería Mecatrónica, ayudará a diseñar de manera óptima y sustentable este elevador, obedeciendo la normativa internacional vigente impuesta por la International Organization of Standardization (ISO).

Justificación

Considerando la cantidad de personas que se encuentran registradas en el Conadis actualmente en el Distrito Metropolitano de Quito y muchas veces con la dificultad de transportarse en buses no inclusivos que carecen del tipo de tecnología planteada, se busca disponer este tipo de accesorios de apoyo para el transporte inclusivo usados para este grupo vulnerable, es de vital importancia salvaguardar su integridad, teniendo en cuenta la actual pandemia que se está cursando por Covid-19 y la sugerencia de evitar contacto con las demás personas en espacios públicos.

Existió un proyecto similar planteado en la ciudad de Ibarra en el año 2018 por los autores Cevallos Miguel y Vizcaíno José, sin embargo, su diseño fue realizado y construido para uso en transporte público [2], con lo planteado por la OMS y siguiendo sus recomendaciones para evitar contagios en conglomeraciones del transporte público, se propone realizar en una van el diseño y simulación de la plataforma para poder transportar a la persona afectada y a uno o dos acompañantes del núcleo familiar. Este accesorio podría ser implementado en diferentes centros de atención hospitalaria a personas con capacidades especiales.

El proyecto busca ofrecer soluciones a medios de transporte inclusivos para personas con movilidad reducida, aplicando los conocimientos adquiridos para contribuir a la sociedad, en especial con este grupo vulnerable que muchas veces ha sido olvidado.

El diseño planteado busca elevar una persona sin la necesidad de tener que retirarse de su silla de ruedas y evitando aplicar fuerza humana para su elevación al vehículo. Previniendo así riesgos de caída o lesiones tanto del usuario como del supervisor del mismo.

Grupo Objetivo

Los beneficiarios del proyecto, serán las personas del Distrito Metropolitano de Quito que tengan discapacidad física, movilidad reducida y problemas para transportarse ya sea a sus citas médicas o algún trámite que necesiten realizar.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar y simular un prototipo de elevador autónomo para personas con discapacidad física que se encuentren en silla de ruedas para ingreso a vehículo tipo Van.

Objetivos Específicos

Simular los elementos mecánicos y el funcionamiento de la máquina mediante la interacción de los softwares SolidWorks y Labview.

Realizar un análisis dinámico y de esfuerzos en la plataforma elevadora diseñada con la ayuda del software SolidWorks

Aplicar el análisis comparativo con la norma ISO 9386 de los resultados de la simulación.

CAPÍTULO 1

1.1 Marco teórico

1.1.1 Discapacidad

La OPS [3] define la discapacidad para incluir a personas con impedimento físicos, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que interactúan con diversas barreras que pueden impedirles participar plena y efectivamente en igualdad a las demás. La cantidad de personas registradas dentro del Ecuador en el Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS) son las que precedieron al planteamiento del problema.

1.1.2 Personas Con Movilidad Reducida

Dentro del documento normativo ecuatoriano acerca de la accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico [4] define la movilidad reducida como una incapacidad de un individuo para moverse eficientemente en su entorno, determinada por agentes temporales del tiempo (enyesados, mujeres embarazadas, personas adultas mayores) o por factores externos (paquetes, carritos de compras, bebés, etc.).

1.1.3 Ley Orgánica De Discapacidades

Entre los lineamientos fundamentales dentro de la ley [5], en el capítulo segundo, artículo 4, se encuentra la accesibilidad para personas con capacidades especiales en donde se menciona que se debe garantizar que las personas con discapacidad en las zonas urbanas y rurales se beneficien del entorno físico, el transporte, los servicios de información y comunicación, y los equipamientos públicos o de uso público. Así como la eliminación de obstáculos que dificulten el goce pleno de sus derechos.

1.1.4 Silla De Ruedas Y Dimensiones De Tránsito

La medida básica de una silla de ruedas es de 0.65-0.70m de ancho y con 1.21m de largo [6]. Dentro del documento [7] se especifica el ancho mínimo de circulación libre de obstáculos, igual a 1200 mm. Y para sus giros es necesario una superficie de diámetro mínimo igual a 1500mm. Por lo que las dimensiones dentro del automóvil son las correctas para su traslado.

1.1.5 NTE 2239 Accesibilidad De Las Personas Al Medio Físico. Señalización.

La norma establece los requisitos y características que deben tener en cuenta todos los espacios públicos y privados para indicar la accesibilidad al entorno, para brindar asistencia, orientación e información sobre los espacios en el momento en que se encuentran [8].

1.1.6 NTE INEN 2292 Accesibilidad De Las Personas Con Discapacidad Y Movilidad Reducida Al Medio Físico. Transporte.

Dentro de la normativa ecuatoriana NTE INEN 2292 como parte de los requisitos para vehículos de transporte público terrestre informa que éstos deben cumplir con la RTE INEN 038 Bus Urbano [9].

1.1.7 RTE INEN 038 Bus Urbano

Bajo esta normativa, la accesibilidad para personas con movilidad reducida se basa en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2205, la cantidad de vehículos y el tipo de equipos será determinado por la autoridad competente sobre la base de un examen técnico con la participación del Consejo Nacional De Discapacidad (CONADIS).

1.1.8 NTE INEN 2205 Vehículos Automotores. Bus Urbano. Requisitos

Dentro del numeral 5.1.2.7 de la INEN 2205 [10] existe criterios o requisitos mecánicos que se deben seguir para el proceso de diseño. Estos criterios pueden ser obtenidos también en la norma internacional ISO 9386, que se indicará en el documento.

1.1.9 Normativa Aplicada A Elevadores Para Personas Con Movilidad Reducida ISO 9386

La norma internacional aplicada al diseño y construcción de este tipo de dispositivos es la ISO 9386-2 [11] la cual provee lineamientos y parámetros de seguridad, dimensiones y funcionalidad de la misma.

- Requisitos mecánicos

La plataforma tendrá un tamaño máximo de 900 mm por 1250 mm de largo sin incluir las rampas.

La velocidad nominal de elevación no debe ser superior a 0.15 m/s.

Debe diseñarse para una capacidad mínima de una persona, su carga con la que se realizará el diseño no debe ser inferior a 115 kg; o para una capacidad de una persona con su respectiva silla de ruedas con una carga nominal mínima de 150 kg.

El factor de seguridad de todas las partes del equipo no debe ser menor a 1.6. Sus guías, accesorios y uniones deben resistir diferentes cargas sin afectar su operación normal.

Las alturas de las rampas deben ser mínimo de 100mm por encima de la superficie de la plataforma.

Los bordes que no sean de acceso contarán con una altura mínima de 74mm encima de la plataforma.

Los pasamanos de seguridad deben estar colocados entre 800mm y 1000 mm encima de la plataforma.

Cualquier parte del elevador debe estar debidamente protegido para que no pueda lastimar al usuario o su silla de ruedas. Estas protecciones incluyen materiales libres de asbesto y

combustión. Además de incluir protecciones para minimizar riesgos de atrapamiento, enredo, caída, tropiezo, choque de impacto, descarga eléctrica e incendio.

Debe existir una alerta acústica durante el funcionamiento de la plataforma.

- Requisitos eléctricos

La fuente de alimentación, debe tener un interruptor principal, un fusible o un dispositivo de sobrecarga.

Es necesario una llave o herramienta especial para acceder al control del equipo, la cual debe tener una protección ip2x.

El retraso mínimo que debe existir entre la parada del equipo y su reinicio debe ser de por lo menos 1 segundo.

El área de sección transversal nominal de todos los conductores debe ser apropiado a la corriente. Y a su vez no ser inferiores a 0.5mm^2 .

El aislamiento de los cables debe ser adecuado al voltaje más alto manejado.

Los cables usados en la instalación deben estar firmemente sujetos en ambos extremos.

Los conductores de circuito de seguridad y energía no deben ser menores de 0.75 mm^2 .

Los conductores de continuidad a tierra deben ser constituidos de cobre.

Cualquier tuerca o tornillo para sujetar un conductor no puede ser utilizado para otras sujeciones.

Las piezas metálicas expuestas que no sean conductores deben estar conectadas a tierra.

Deben tener terminales Poka-Yoke para evitar la mala conexión.

Siempre respetar los límites impuestos por el fabricante en la hoja de datos, tales como voltaje de operación, corriente y tiempo de servicio.

Se debe diseñar de manera que todos los circuitos funcionen correctamente.

Las baterías no deben tener fugas, incluso cuando se encuentren en planos de inclinación. Tampoco deben emitir humos.

Se debe instalar un fusible a la alimentación de la batería. Y los terminales de la batería deben estar físicamente protegidos.

El chasis del carro debe estar conectado a tierra.

El cargador no dañará la batería incluso en periodos de carga altos.

La alarma de emergencia debe alimentarse de un suministro separado del suministro principal o contar con una batería de respaldo.

Debe contar con una placa que contenga información sobre la capacidad de carga y diferentes características del equipo. Además del número del proveedor.

1.5.9 Normativa De Transporte Accesible En El Sector Turístico Usado En El Gobierno Mexicano

El extracto de la normativa nacional NTE INEN-ISO 21542 [12] menciona que el documento legislativo nacional de la ISO-9386 no tiene norma nacional, o aún no se ha desarrollado por lo que se usará de referencia un documento Internacional que se adapte a la misma.

Existen varios documentos que han sido adaptados en distintos países sobre la norma ISO-9386-2 como por ejemplo la Norma UNE 26494: Vehículos para el transporte de personas con movilidad reducida con capacidad igual o menor a nueve plazas, incluido el conductor. Esta norma está dirigida tanto al transporte público como al particular, teniendo en cuenta que la persona que viaja en silla de ruedas será trasladada como pasajero y no como conductor.

Sin embargo, esta norma se usa mayormente en países europeos, por lo que en este proyecto se guiará de una adaptación mexicana, la misma que lleva por nombre “Guía de

Recomendaciones para el Transporte Accesible en el Sector Turístico” [13], en la sección de anexos de la guía antes mencionada se encuentra el Anexo N° 2, el cual habla de las características de la plataforma elevadora en vehículos de tipo M1 o M2, su ubicación, dimensiones, seguridades y operabilidad de la persona, siendo ésta una buena referencia para el diseño de la misma y base para futuros proyectos.

1.5.10 Vehículo Tipo Van

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656 [14], la categoría Minivan se encuentra dentro de la subcategoría M1, el cual es un vehículo diferente al sedán, hatchback, station wagon, limusina y SUV, desarrollado para cargar pasajeros y su equipaje en un solo compartimento o volumen.

1.6 Equipos Similares

1.6.1 Elevador Reliant

El fabricante del dispositivo manifiesta que [15] este dispositivo es perfecto para los consumidores conscientes de su presupuesto, este elevador ofrece un bajo costo inicial y un largo tiempo de vida. Su estructura completamente de acero es fácil de mantener y es menos susceptible a daños debido a su mecánica simple y diseño a través del tiempo. Su sistema de funcionamiento es electrohidráulico a 12 o 24 volts, su capacidad de carga nominal es de 800 lbs y su peso de elevación es de 310-325 lbs. Como se puede observar en la Figura 1Figura 1.



Figura 1. Elevador para silla de ruedas Reliant [15].

1.6.2 Elevador KlearVue

El modelo mostrado en la Figura 2 perteneciente a Movilidad sin límites, cómo manifiesta en su página web [16] es una plataforma que se pliega sobre su eje horizontal, ofrece una vista sin obstáculos por las ventanas del vehículo. Este accesorio ofrece una marcha tranquila y es ideal para montarse en la parte trasera del vehículo. Su funcionamiento es electrohidráulico a 12 o 24 volts, su capacidad de carga nominal es de 600 lbs y el peso de elevación es de 310-325 lbs.



Figura 2. Elevador para silla de ruedas KlearVue [16].

1.7 Selección De Alternativas

1.7.1 Selección De Mecanismo

Para el mecanismo se ha seleccionado un sistema de brazos articulados basado en un sistema de 4 barras para su movimiento, esto debido al lugar dónde será ubicada, es decir en la parte trasera del vehículo. Según [17], el eslabonamiento de cuatro barras es uno de los mecanismos más utilizados y más sencillos. Para definir este término [18] es una combinación de cuatro eslabones conectados por cuatro uniones roscadas o pasadores.

1.7.2 Selección De Sistema De Fuerza

1.7.2.1 Sistema eléctrico

El sistema está alimentado por medio de la batería del automóvil de 12V, la cual acciona el actuador eléctrico lineal de manera que el mecanismo empiece su movimiento. Como ejemplo se presenta la Figura 3, el cual es un actuador eléctrico de la Marca Timotion de la serie JP4.



Figura 3. Actuador eléctrico Timotion JP4 Series [19].

1.7.2.2 Sistema electrohidráulico

El sistema aprovecha la presión generada por aceite a través de sus conductos para realizar el levantamiento de la plataforma. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de un actuador fabricado por la empresa Hydraser.



Figura 4. Actuador electrohidráulico lineal fabricado por la empresa Hydraser [20].

1.7.2.3 Cuadro comparativo

Para elegir la mejor propuesta, se evaluará con una calificación en un intervalo del 1 al 3. Siendo 1 la calificación más baja y 3 la calificación más alta. Basándonos en los siguientes parámetros como se indica en la Tabla I

Tabla I

Cuadro comparativo entre sistema hidráulico y eléctrico

	Hidráulico	Eléctrico
Eficiencia energética	2	3
Impacto ambiental positivo	1	2
Complejidad de la fabricación	2	3
Costos de mantenimiento	2	3
Costos de implementación	1	3
Versatilidad del sistema	2	2
Total	10/18	16/18

Bajo esta evaluación la mejor opción es un sistema eléctrico que se ajusten a las necesidades del mecanismo. Para su adaptación se tendrá que evaluar también las opciones según el espacio dónde serán colocada cada actuador.

1.10 Análisis De Materiales

Para la selección de materiales el criterio de evaluación fue la disponibilidad de materiales dentro del país acorde a las necesidades del mecanismo. Al usar dentro del diseño perfiles cuadrados o de tipo U y realizando el análisis pertinente con los distribuidores ferreteros de estos materiales se procederá con la evaluación.

1.10.3 Acero ASTM A36

El acero ASTM A-36, tiene excelentes propiedades mecánicas, resistencia y fiabilidad. Detallado a continuación:

Tabla II

Propiedades químicas Acero estructural ASTM A-36 [21].

Acero estructural ASTM A-36					
C	S	Mn	S	P	Cu
≤ 0.26	≤ 0.40	~	≤ 0.05	≤ 0.04	≥ 0.20

Tabla III

Propiedades mecánicas Acero estructural ASTM A-36 [21].

Acero estructural ASTM A-36		
Límite elástico mínimo, MPa	Límite de resistencia, MPa	Alargamiento relativo mínimo (probeta de 200mm), %
250	400-550	20

1.8 Formulación

1.8.1 Fuerza

$$F = ma,$$

Figura 5. Fórmula de cálculo de fuerza [22]

F= Fuerza (N)

m= masa (kg)

a= aceleración ($g = 9.8 \frac{m}{s^2}$)

1.8.2 Esfuerzos

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Figura 6. Fórmula de esfuerzos [22].

En dónde:

σ = Esfuerzo (MPa)

F= Fuerza (N)

A= Área (m^2)

1.8.3 Esfuerzos en flexión

$$\sigma_x = -\frac{My}{I}$$

Figura 7. Fórmula de esfuerzos en flexión [22].

Dónde:

σ_x = Esfuerzo axial (MPa)

M= Momento (Nm)

y= Distancia desde el eje neutro (m)

I= Momento de inercia (m^4)

Otra forma de expresar la ecuación es la que se muestra en la figura 8.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{Mc}{I}$$

Figura 8. Fórmula de esfuerzos en flexión [22].

Dónde:

σ_{\max} = Esfuerzo máximo (MPa)

M= Momento (Nm)

c= magnitud máxima de y (m)

I= Momento de inercia (m^4)

O también de la siguiente forma:

$$\sigma = \frac{F * l}{4}$$

Donde:

σ = Esfuerzo (MPa)

F= Fuerza (N)

l= longitud (m)

1.8.4 Deflexión en vigas con carga puntual en el centro

$$y_{\max} = -\frac{Fl^3}{48EI}$$

Figura 9. Fórmula de deflexión con carga puntual en el centro y apoyos simples [22].

Dónde:

Y= Deformación (mm)

F= Fuerza (N)

l= longitud (m)

E= constante de elongación (GPa)

I= Momento de inercia (m^4)

1.8.5 Factor de seguridad

Según [22], el factor de seguridad es un valor numérico que contempla la carga permisible de la pieza sobre el esfuerzo real de diseño. Como se indica en la figura 6.

$$n_d = \frac{\text{resistencia de pérdida de la función}}{\text{esfuerzo permisible}} = \frac{S}{\sigma(o \tau)}$$

Figura 10. Fórmula de factor de seguridad [22].

1.8.6 Momentos de inercia

Refleja la distribución de la masa dentro de un cuerpo. En la Figura 11 muestra ejemplos de momentos de inercia de elementos triangulares.

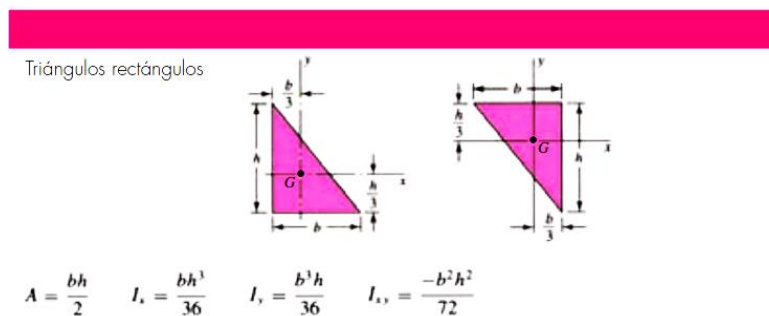


Figura 11. Ejemplo de momentos de inercia [22].

Existe otra forma además de tablas de calcular el momento de inercia, esta fórmula es usada para cálculos de figuras compuestas o que no tengan medidas comerciales. Este teorema es denominado ejes paralelos.

$$I_z = I_{cg} + Ad^2$$

Figura 12. Teorema ejes paralelos [22].

I_z = Segundo momento del área respecto de cualquier eje paralelo alejado a una distancia d (m^4).

I_{cg} = Segundo momento del área respecto de su propio eje centroidal (m^4).

A = Área (m^2)

d = distancia (m)

1.8.7 Soldadura

Es un proceso de fabricación muy usado en la actualidad en diversos ámbitos. El cual sirve para unir 2 o más materiales metálicos.

1.8.7.1 Símbolos de soldadura

Una producción de estructuras soldadas se fabrica uniendo metales cortados de diferentes formas. Durante el proceso, estas piezas se mantienen firmemente unidas. El tipo de soldadura y la forma es parte fundamental en el plano del diseñador, esto se delimita a partir de símbolos ya determinados que han sido estandarizados por la American Welding Society (AWS) y que se mostrarán en la Figura 13.

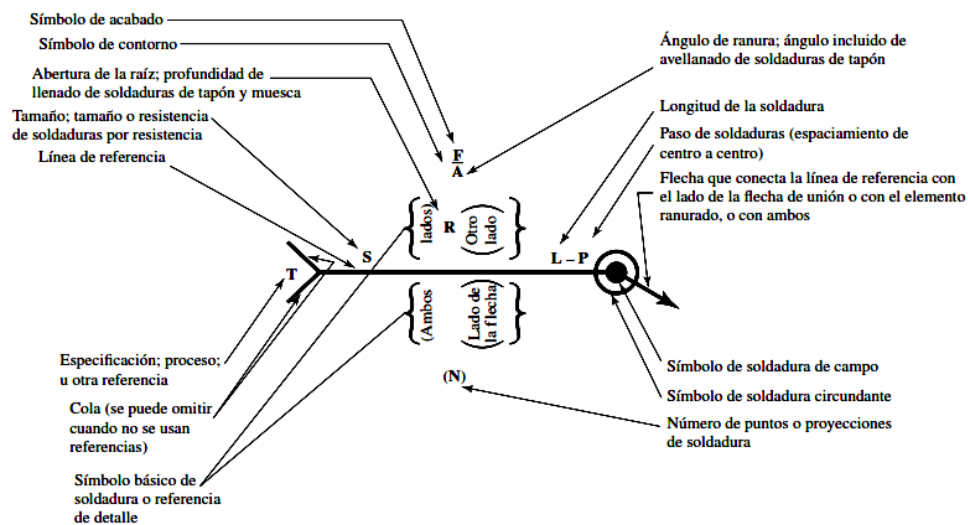


Figura 13. Representación simbólica de soldadura estándar AWS [22].

Se puede incluir también símbolos básicos como en la Figura 14. O flechas con indicaciones numéricas para su ejecución, como en la Figura 15. En dónde el número indica el tamaño de los catetos en el caso a. Y en el caso b que son soldaduras intermitentes con longitud de soldadura de 60mm y una distancia de 200mm entre cada una.









Tipo de soldadura							
Cordón	Filete	Tapón o muesca	Ranura				
			Cuadrada	V	Bisel	U	J
							

Figura 14. Simbología de soldadura por arco y autógena [22].

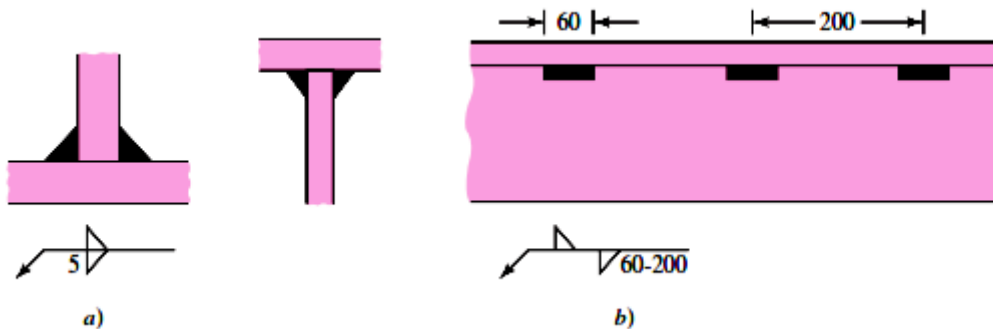


Figura 15. Simbología de soldadura de filete [22].

En el caso de ensamblajes de máquinas, la mayoría son de tipo filete por la forma en la que se debe unir las diferentes partes, siempre y cuando se tenga el espacio necesario para realizar la soldadura.

1.8.7.2 Ancho de la garganta de soldadura

$$b=0.707*h$$

Dónde:

b= Ancho de garganta de soldadura (m)

h= Tamaño de la soldadura (m)

Existe una forma de calcular la inercia como se muestra en la figura 16.

$$I = 0.707hI_u$$

Figura 16. Inercia en relación al momento unitario [22].

Dónde:

I= Segundo momento del área del grupo de soldadura (m^4)

I_u= Segundo momento del área unitaria (m^3)

En [22] se muestra en forma de tabla las propiedades torsionales de diferentes tipos soldaduras y que se muestra en la Figura 17.

Tabla 9-2

Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete*


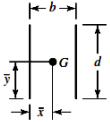
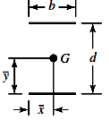
Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$

Figura 17. Propiedades torsionales de soldaduras de filete [22].

1.8.7.3 Esfuerzos en uniones soldadas

En la Figura 18 muestra la fórmula del esfuerzo cortante primario de la unión.

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

Figura 18. Simbología de soldadura de filete [22].

En dónde:

En dónde:

τ' = Esfuerzo cortante primario (MPa)

V = Fuerza cortante (N)

A = Área de la garganta de todas las soldaduras (m)

Es posible la presencia de un esfuerzo cortante secundario o una torsión en la soldadura, en la figura 19 se visualiza la fórmula.

$$\tau = \frac{Mc}{I}$$

Figura 19. Esfuerzo cortante secundario [22].

Dónde:

τ'' = Esfuerzo cortante secundario (MPa).

M = Momento (Nm).

c = Distancia del centroide al grupo de soldadura (m).

I = Segundo momento polar de inercia del área del grupo de soldadura respecto al centroide (m^4).

1.8.7.4 Factor de seguridad en uniones soldadas para esfuerzo cortante

Para el cálculo del factor de seguridad

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

Figura 20. Factor de seguridad soldadura [22].

Dónde:

n= Factor de seguridad

S= Esfuerzo permisible a partir del tipo de soldadura y carga (MPa)

sy= Resistencia a la tensión del tipo de electrodo (MPa)

τ = Esfuerzo cortante (N)

1.8.8 Sistemas de anclaje

Un sistema de anclaje sirve para fijar elementos a una estructura. Estos anclajes deben garantizar una resistencia adecuada para el uso que se haya diseñado. Existen varios tipos de anclajes diferentes dependiendo su aplicación. La terminología de estos elementos mecánicos se ilustra en la Figura 21.

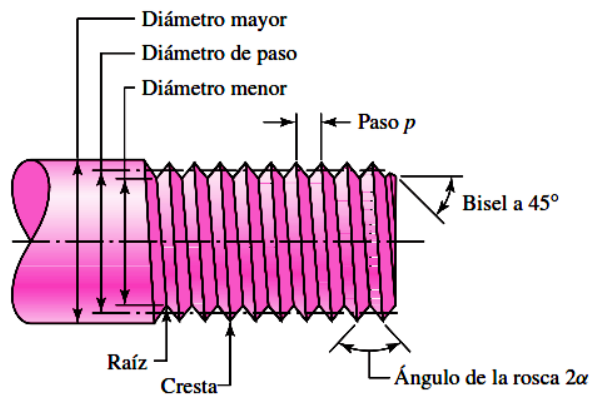


Figura 21. Terminología de roscas de tornillo [22].

La normativa usada para roscas americanas es la American National Unified, la cual es usada mayormente por Estados Unidos y Gran Bretaña para estandarizar todos estos productos.

El otro sistema de estandarización es el sistema métrico, el cual se especifica mediante el diámetro del perno, y su paso en milímetros. En ese orden, como ejemplo se solicitaría así: M12 x 1.75 mm, es decir un perno con un diámetro mayor nominal de 12mm y un paso de 1.75mm.

1.8.8.1 Parámetros roscas métricas

Dentro de [22] en la tabla 8-1 se encuentra parámetros de diámetros y áreas de roscas métricas, las cuales serán utilizadas para determinar el diseño de las mismas y se presenta un ejemplo en la Figura 22.

Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_v , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_v , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0

Figura 22. Terminología de roscas de tornillo [22].

1.8.8.2 Formulación para determinación de cargas

Para poder diseñar estos elementos de sujeción, se necesita conocer y calcular algunos datos o parámetros del tornillo que se piensa usar. Cómo por ejemplo los de la Figura 23.

$$\begin{aligned} &\text{Área de la parte sin rosca:} \\ &A_d = \pi d^2/4 \\ &\text{Área de la parte roscada:} \\ &A_t, \text{ tabla 8-1 o 8-2} \\ &\text{Rigidez del sujetador:} \\ &k_b = \frac{A_d A_t E}{A_d l_t + A_t l_d} \end{aligned}$$

Figura 23. Parámetros de diseño [22].

En dónde:

A_d = Área de la parte sin rosca (m^2)

d = Diámetro del perno (m^2)

A_t = Área de la parte roscada (m^2)

K_b = Rigidez del sujetador

E = Módulo de elasticidad de material (GPa)

l_d = Longitud de la parte sin rosca de agarre (m)

l_t = Longitud de la parte roscada de agarre (m)

Además, es necesario conocer la rigidez del elemento determinada por la fórmula mostrada en la Figura 24.

$$k_m = \frac{0.5774\pi E d}{2 \ln \left(5 \frac{0.5774l + 0.5d}{0.5774l + 2.5d} \right)}$$

Figura 24. Parámetros de diseño [22].

En dónde:

Km=Rigidez del elemento

E= Módulo de elasticidad de material (Gpa)

d= Diámetro del perno (m^2)

l= Longitud del perno seleccionado (m)

Con estos datos obtenidos, el siguiente paso será la fracción de la carga externa que es capaz de soportar el elemento con la fórmula de la Figura 25.

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m}$$

Figura 25. Fórmula para fracción de carga externa [22].

Dónde:

C= Fracción de carga externa soportada

Kb= Rigidez del sujetador

Km=Rigidez del elemento

La carga de prueba del perno se calcula con la fórmula mostrada en la Figura 26.

$$F_p = A_r S_p$$

Figura 26. Fórmula para carga de prueba del perno [22].

Dónde:

Fp= Carga de prueba (N)

At= Área de esfuerzo de tensión (m^2)

Sp= Resistencia de prueba mínima (MPa)

Con la carga previamente obtenida, únicamente nos falta el valor de precarga como en la Figura 27 para obtener el factor de seguridad de diseño.

$$F_i = \begin{cases} 0.75F_p & \text{para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados} \\ 0.90F_p & \text{para conexiones permanentes} \end{cases}$$

Figura 27. Fórmula para carga de prueba del perno [22].

Dónde:

Fi= Precarga del perno (N)

Fp= Carga de prueba (N)

Y una vez obtenido todos los datos necesarios, la fórmula para el factor de seguridad es la mostrada en la Figura 28.

$$n = \frac{S_p A_t - F_i}{C(P/N)}$$

Figura 28. Factor de seguridad uniones no permanentes [22].

Dónde:

n= Factor de seguridad

Sp= Resistencia de prueba mínima (MPa)

At= Área de esfuerzo de tensión (m^2)

Fi= Precarga del perno (N)

C= Fracción de carga externa soportada

P= Carga externa a la tensión

N= número de pernos

1.9 Sistema eléctrico

1.9.1 Actuadores lineales eléctricos

Es un dispositivo que se compone de un motor rotatorio el cual por medio de un mecanismo es capaz de transformar este tipo de movimiento en variación lineal mediante un vástago. Existen varios tipos de estos actuadores principalmente por su forma y mecanismo que se usa. Por ejemplo, en la Figura 29 se muestra un actuador lineal paralelo, que como su nombre dice su motor de accionamiento se encuentra en paralelo con el tornillo sin fin que posee.



Figura 29. Actuador eléctrico Timotion JP4 Series [19].

Para controlar estos dispositivos existen varias formas. Incluso las tarjetas de control de los mismos vienen incluidas dentro del actuador, lo que facilita su uso e instalación al tener un método de plug and play para su funcionamiento. La empresa Linak ofrece estos elementos con controladores internos y su diagrama de conexión en su página web, así como un manual de usuario para instalación de los mismos, como ejemplo la Figura 30.

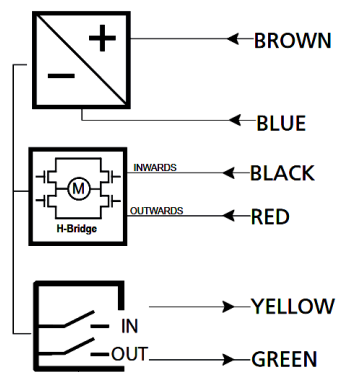


Figura 30. Diagrama de conexión IC Basic [23].

1.9.2 Arduino

Según su página web [24], Arduino es una plataforma electrónica de código abierto tanto en hardware como en software y es fácil de usar. Esta placa incorpora dentro de su PCB un microcontrolador reprogramable y una serie de conectores o pines que se encuentran directamente unidos al microcontrolador, a su vez permite tratarlos como entradas o salidas de datos, permite conectarse de forma sencilla y cómoda al usuario. Como ejemplo del hardware se muestra en la Figura 31 un Arduino Uno con todos sus componentes.



Figura 31. Arduino Uno [25].

1.9.2 Medio Puente H BTS7960

Es un circuito integrado mostrado en la Figura 32 que contiene dos transistores MOSFET, uno de canal n y otro de canal P. Es usado para aplicaciones de accionamiento de motores con una alta corriente. Cuenta con una interface para conectarse a un microcontrolador para un control optimizado.



Figura 32. Integrado BTS 7960 [26].

Al usar Arduino dentro del control se tiene una gran cantidad de sensores o módulos que han sido diseñados para uso en esa plataforma o en otras similares. De tal manera y analizando diferentes características de funcionamiento, se utilizará un módulo Puente H BTS7960 que incorpora dos circuitos integrados y que se muestra en la Figura 33, el cual se usa en accionamiento de motores. Cuenta con una protección ante algún sobrecalentamiento o exceso de corriente. Las características del módulo se evidencian en la Tabla IV

Tabla IV

Características técnicas Módulo BTS7960 [27].

Característica	Rango
Voltaje de funcionamiento	6-27 Vdc
Corriente máxima	43 A
Capacidad de PWM	Arriba de 25KHz
Voltaje de control	3.3-5 V
Ciclo de trabajo	0-100%
Tamaño de la placa	50mm x 50mm x 43mm
Peso	66g

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la corriente que es capaz de manejar este módulo es alta y el tamaño también es reducido, por lo que es una opción viable. Además, se muestra su circuito interno de control en la Figura 34.



Figura 33. Módulo BTS 7960 [27].

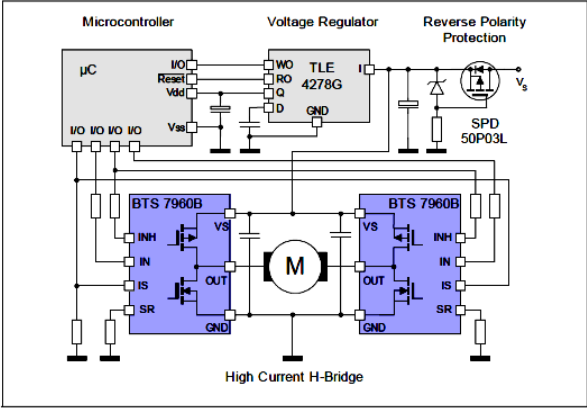


Figura 34. Circuito de control interno [27].

1.9.2 Pulsador de emergencia

Un pulsador de emergencia como su nombre lo dice es aquel que debe ser presionado en casos en que falle la máquina o algo esté saliendo mal. Este debe ser de respuesta rápida e inmediata cuando sea accionado. Normalmente se usa pulsadores de tipo hongo, los cuales

son comprimidos de forma rápida por el operador y que para su desactivación sea necesario desanclarlo mecánicamente. Para su correcta visualización este debe ser de color rojo como en la Figura 35 y con la leyenda “Parada de Emergencia”, teniéndole que hacer saber al usuario para que funciona dicho pulsador.



Figura 35. Pulsador de emergencia [28]

1.9.3 Pulsadores de accionamiento

Son elementos que sirven para activar el funcionamiento del equipo, dentro del mercado existe algunos modelos de pulsadores, entre los principales pulsadores están, con retorno de muelle o autoblocantes, estos se los puede encontrar en varios colores, principalmente verdes como en la Figura 36, rojos, amarillos o incluso azules. La selección de los mismo dependerá de la aplicación donde se desee implementar.



Figura 36. Pulsador [29].

1.9.4 Alarma acústica

Esta alarma es un dispositivo que alerta al operario y al usuario cuando se encuentra en funcionamiento el equipo. Este dispositivo mostrado en la Figura 37 es tanto audible como visible y forma parte también de los requisitos dentro de la normativa con la cual se diseñará el equipo.



Figura 37. Alarma acústica [30]

1.10 Conexión con Labview

1.10.1 Labview

Labview es un software de ingeniería, que como su nombre traducido dice es un laboratorio virtual de trabajo, utiliza un lenguaje de programación visual gráfico en el que es posible realizar pruebas de control y diseño ya sea en entornos simulados, reales o embebidos. Los programas dentro de Labview se dividen en dos pantallas principales: el panel frontal que es aquel con el que interactúa el usuario cuando el programa se encuentra ejecutándose, en éste podemos encontrar botones, marcadores, indicadores y diferentes gráficos totalmente utilizables; Y en la segunda parte, el diagrama de bloques que es el que contiene la programación de la interfaz y se define la funcionalidad del programa.

1.10.2 NI SoftMotion

Este módulo complementario permite desarrollar gráficamente aplicaciones personalizadas de control de movimiento. Se destaca por su amplio nivel de integración e interacción con software externos como en este caso SolidWorks usando análisis de movimiento y logrando la interconexión entre ambos para simular conceptos antes de iniciar con la construcción de los mismos. Este complemento para su descarga está disponible en el sitio web oficial de National Instruments y es posible instalarlo en algunas versiones de Labview, siempre teniendo en cuenta los documentos de apoyo que se encuentran en la misma página para saber su compatibilidad con sus diferentes versiones.

CAPÍTULO 2

2.1 Diseño de la Plataforma

2.1.1 Carga sobre la plataforma

Para el cálculo de esta sección del equipo primero definimos las cargas que serán usadas para el diseño. Seleccionando un peso de la persona con movilidad en silla de ruedas de 200

kg y además el peso de los materiales a usar. La plataforma está compuesta por una estructura de 5 perfiles estructurales de 40x40x2 mm, 2 laterales y 3 transversales. De esta manera, la carga será dividida para la cantidad de perfiles transversales con las que estaría constituida:

$$F = \frac{\text{carga de la persona} + \text{carga de la máquina}}{3}$$

$$F = \frac{1962 \text{ N} + 510.2 \text{ N}}{3}$$

$$F = 824.07 \text{ N}$$

2.1.2 Reacciones en soportes de plataforma

La plataforma al ser soportada en el suelo tendrá soportes en varios extremos como se representa en la Figura 38.

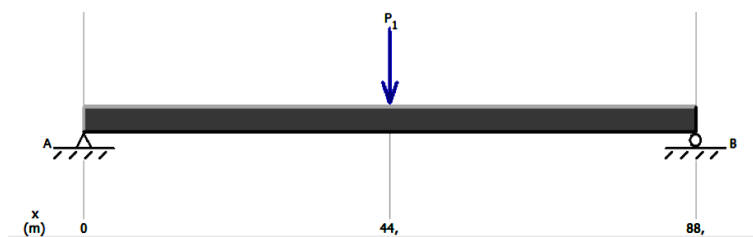


Figura 38. Interpretación de plataforma como viga empotrada.

Las reacciones en los extremos se calculan a partir de la carga puntual en la mitad de la viga.

$$\Sigma Fy = 0$$

$$Ra + Rb = 824.07 \text{ N}$$

$$Ra = 412.04 \text{ N} = Rb$$

2.1.3 Momentos en la plataforma

Según [22], al tener una carga puntual en el centro y empotrada en sus extremos se calcula el momento máximo de la viga.

$$M_{max} = \frac{F * l}{4}$$

$$M_{max} = \frac{824.07 \text{ N} * 0,88 \text{ m}}{4}$$

$$M_{max} = 181.30 \text{ N} * \text{m}$$

Para comprobar el resultado se utiliza el software de acceso libre MDSolids ingresando los valores para su cálculo y obteniendo una respuesta en la Figura 39.

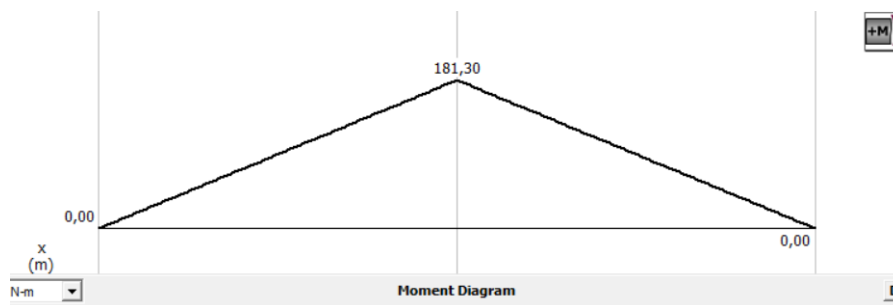


Figura 39. Interpretación de plataforma como viga empotrada.

2.1.4 Momento de inercia de una viga

Según el distribuidor ferretero Import Aceros en su página web [31] el momento de Inercia de un tubo cuadrado rectangular de 40mmx40mmx2mm es:

$$I = 6,95 \text{ cm}^4$$

Este valor servirá más adelante en los siguientes cálculos mecánicos.

2.1.5 Esfuerzo flexionante en la plataforma

De acuerdo a [22], el esfuerzo flexionante se calcula de la siguiente forma:

$$\sigma = \frac{M_{max} * Y}{I}$$

$$\sigma = \frac{(181.30 \text{ N} * \text{m}) * (0,02 \text{ m})}{6,95 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma = 52.17 \text{ MPa}$$

2.1.6 Factor de seguridad de la plataforma

Según [22], y de acuerdo con la tabla 3 el límite elástico mínimo del Acero estructural A36 es de 250 MPa. Sin embargo, para el diseño dentro de reglamentos para acero estructural tendremos que el esfuerzo permisible en este caso será de 0.6 del límite elástico [32].

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{0.6 * (250 \text{ Mpa})}{52.17 \text{ MPa}}$$

$$n = 2.88$$

2.1.7 Deformación en la plataforma

Para la deformación máxima se tiene lo siguiente según [22]:

$$Y_{max} = \frac{-F * l^3}{48 * E * I}$$

$$Y_{max} = \frac{-824.07 \text{ N} * (0.88\text{m})^3}{48 * (200 * 10^9 \text{ Pa}) * (6,95 * 10^{-8} \text{ m}^4)}$$

$$Y_{max} = 8.42 * 10^{-4} \text{ m}$$

$$Y_{max} = 0.842 \text{ mm}$$

Con este valor de deformación máxima se compara a partir de reglamentos con deformaciones máximas en elementos estructurales [33], en dónde la deformación máxima recomendada es de:

$$Y_{adm} = \frac{L}{300}$$

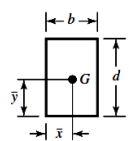
$$Y_{adm} = \frac{880 \text{ mm}}{300}$$

$$Y_{adm} = 2.93 \text{ mm}$$

Por lo que la deformación máxima calculada anteriormente se encuentra dentro del rango admisible ya que $Y_{max} < Y_{adm}$ y se corrobora en la sección de resultados.

2.1.8 Cálculo de soldadura en vigas de plataforma

Los tubos estructurales estarán sometidos a flexión, por lo que se usará las ecuaciones propuestas por [22] para su respectivo cálculo. Estas ecuaciones se muestran en la Figura 40.



$$A = 1.414h(b + d) \quad \bar{x} = b/2 \quad I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$$

$$\bar{y} = d/2$$

Figura 40. Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete [22].

$$A = 1,414 * (0,012 \text{ m}) * (0,04 \text{ m} + 0,04 \text{ m})$$

$$A = 1.36 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_u = \frac{(0,04 \text{ m})^2}{6} * [3(0,04\text{m}) + 0,04\text{m}]$$

$$I_u = 4,27 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Para el ancho de garganta:

$$I = 0,707h * I_u$$

$$I = 0,707 * (0,012\text{m}) * (4,27 * 10^{-5} \text{ m}^3)$$

$$I = 3.62 * 10^{-7} m^4$$

Una vez obtenido estos datos, se procede con el cálculo de esfuerzos y factor de seguridad.

Esfuerzo cortante primario según [22]:

$$\tau' = \frac{F}{A}$$

$$\tau' = \frac{2472 N}{1.36 * 10^{-3} m^2}$$

$$\tau' = 1.82 MPa$$

Esfuerzo cortante secundario de acuerdo a [22]:

$$c = \frac{d}{2}$$

$$\tau'' = \frac{M * c}{I}$$

$$\tau'' = \frac{(543.88 N * m) * (0,02m)}{3.62 * 10^{-7} m^4}$$

$$\tau'' = 30.05 MPa$$

Esfuerzo total

$$\tau = \tau' + \tau''$$

$$\tau = 1.82 MPa + 30.05 MPa$$

$$\tau = 31.87 MPa$$

Factor de seguridad de la soldadura [22].

$$n = \frac{0,577 * Sut}{\tau}$$

Se ocupa un electrodo de la familia 60xx, el cuál menciona en forma de tabla en [22], que la resistencia a la tensión mínima que poseen estos es de 427 MPa.

$$n = \frac{0,577 * 427 \text{ Mpa}}{31.87 \text{ Mpa}}$$

$$n = 7.73$$

2.2 Diseño de eslabones de mecanismo

Para el diseño del mecanismo de elevación mediante brazos es necesario realizar un análisis estático y dinámico en relación a cada brazo de soporte. En la Figura 41 se tiene una vista lateral del equipo, en dónde se delimitará también sus juntas y eslabones para análisis.

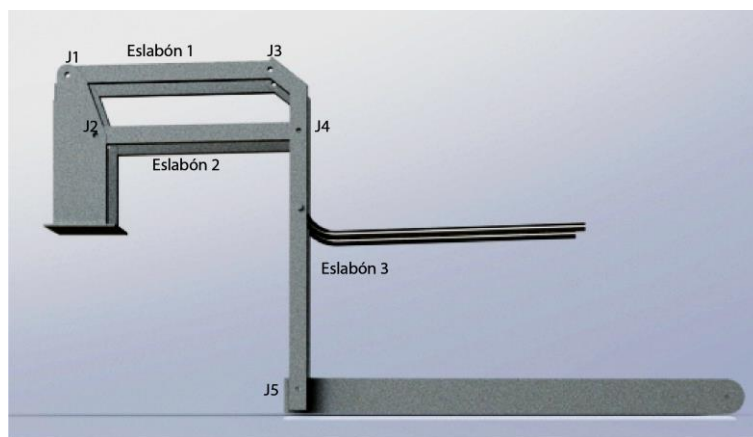


Figura 41. Vista lateral del equipo.

2.2.1 Diseño eslabón 3

Para obtener el valor de las diferentes juntas se muestra una vista lateral de la plataforma y el eslabón 3 en la Figura 42 para calcular sus reacciones. Al ser un sistema conformado por

2 brazos para levantar la plataforma se divide la carga obtenida total para los brazos actuadores.

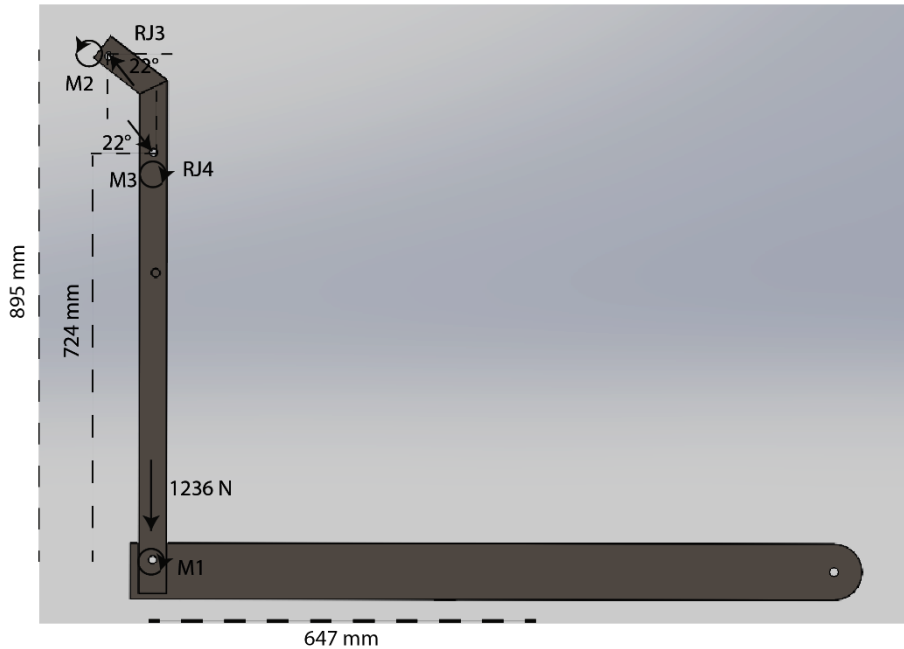


Figura 42. Vista lateral reacciones en plataforma y eslabón 3.

$$M1 = (1236 N)(0.647 m)$$

$$M1 = 799.692 Nm \approx 800 Nm$$

$$\Sigma Fx = 0$$

$$RJ3x + RJ4x = 0$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$-RJ4y + RJ3y - 1236 N = 0$$

$$-RJ4 * \text{sen}(22) + RJ3 * \text{sen}(22) = 1236 N$$

$$RJ3 - RJ4 = 3299.46 N$$

$$+\circlearrowleft \Sigma M = 0$$

$$800 N + RJ4 * (0.724 m) - RJ3 * (0.895 m) = 0$$

$$R_{J4} * (0.724 \text{ m}) - R_{J3} * (0.895 \text{ m}) = -800 \text{ N} \quad (2)$$

Resolviendo las ecuaciones 1 y 2:

$$R_{J3} = -9291.29 \text{ N} \approx 9.3 \text{ KN}$$

$$R_{J4} = -12590.75 \text{ N} \approx 13 \text{ KN}$$

Con estas reacciones, se calcula el punto de inercia a partir del teorema de ejes paralelos para figuras compuestas, según [22]:

$$A = (b_1 * h_1) + 2(b_2 * h_2)$$

$$A = (10.6 \text{ cm} * 0.4 \text{ cm}) + 2 (4.7 \text{ cm} * 0.4 \text{ cm})$$

$$A = 7.92 \text{ cm}^2$$

De acuerdo a la Figura 43:

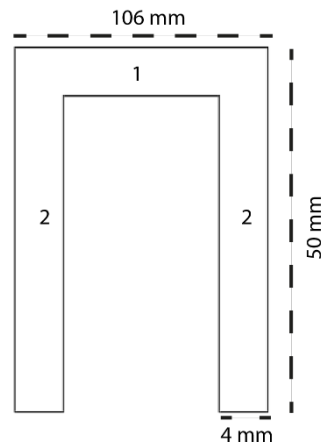


Figura 43. Sección de perfil eslabón 3.

$$7.92 * C_1 = (10.6 \text{ cm} * 0.4 \text{ cm} * 0.2 \text{ cm}) + 2 (0.4 \text{ cm} * 4.6 \text{ cm} * 2.7 \text{ cm})$$

$$C_1 = 1.36 \text{ cm}$$

$$C_2 = 3.64 \text{ cm}$$

Segundo momento de área de rectángulo 1 y 2:

$$I1 = \frac{(10.6cm) * (0.4cm)^3}{12}$$

$$I1 = 0.0565 cm^4$$

$$I2 = \frac{(0.3cm) * (4.6cm)^3}{12}$$

$$I2 = 3.24 cm^4$$

Con la ayuda del teorema de ejes paralelos:

$$Iz = Icg + A * d^2$$

$$d1 = 1.16 cm$$

$$d2 = 1.34 cm$$

$$Iz = I1 + (b1 * h1 * d1^2) + 2(I2 + b2 * h2 * d2^2)$$

$$Iz = 0.0565cm^4 + (10.6cm * 0.4cm * (1.16cm)^2) + 2(3.24cm + 0.4cm * 4.6cm * (1.34cm)^2)$$

$$Iz = 18.85 cm^4$$

$$Iz = 1.88 * 10^{-7} m^4$$

Con el momento máximo de acuerdo a [22], se tiene:

$$\sigma_{flex} = \frac{M_{max} * C}{I}$$

$$M_{max} = RJ4x * (0.72m)$$

$$M_{max} = 867.84 Nm$$

$$\sigma_{flex} = \frac{(867.84 Nm) * (0.0136m)}{1.88 * 10^{-7}m^4}$$

$$\sigma_{flex} = 62.77 MPa$$

Con el esfuerzo máximo flexionante se calcula el factor de seguridad, teniendo en cuenta que el material a utilizar es el acero estructural A36 y que el esfuerzo permisible es de $0.6 S_y$ [32].

$$n = \frac{0.6 S_y}{\sigma_{flex}}$$

$$n = \frac{0.6 * (250 \text{ MPa})}{62.77 \text{ MPa}}$$

$$n = 2.39$$

2.2.2 Diseño eslabón 1 y 2

En la Figura 44 se encuentra el diagrama para los eslabones 1 y 2.

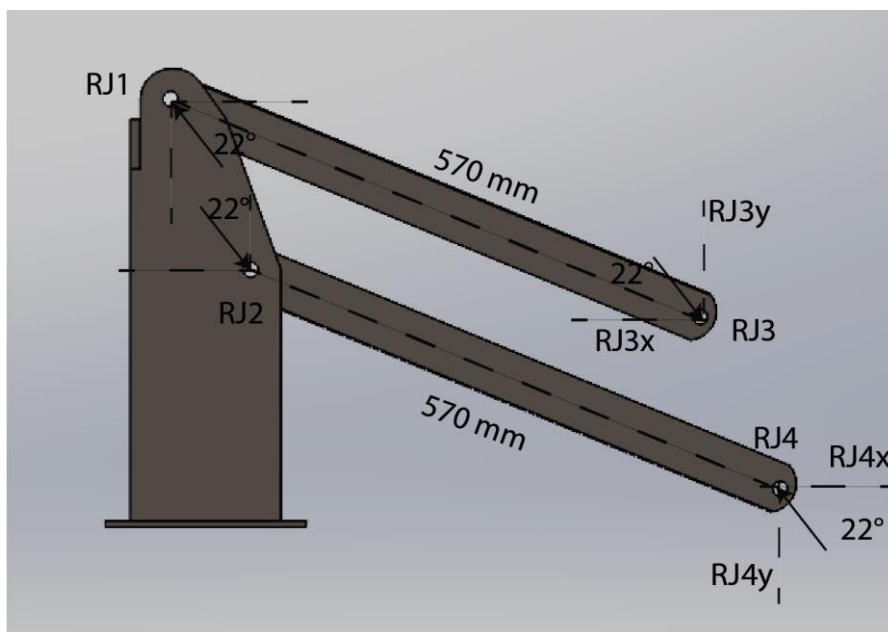


Figura 44. Vista lateral reacciones en eslabón 1 y 2.

$$RJ1 = RJ3$$

$$RJ2 = RJ4$$

$$RJ1 = 9.3 \text{ KN}$$

$$RJ2 = 13 \text{ KN}$$

Según el fabricante Import Aceros en su página web [34] indica en forma de tabla las inercias de varios tipos de perfil estructural canal tipo U. Al usar en el diseño de este elemento que tiene por designación C 100x50x3 con los siguientes datos mostrados en la Tabla V

Tabla V

Características técnicas Canal Tipo U [34].

Designación	Área	Momento de Inercia (Ix)	Momento de Inercia (Iy)	Radio de giro (Ix)	Radio de giro (Iy)
C 100x50x3	5.7 cm ²	88.5 cm ⁴	14.1 cm ⁴	3.94 cm	1.57 cm

Se calcula el esfuerzo en el eslabón 1 de acuerdo a [22].

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{(9300 \text{ N}) * 2}{0.00057 \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 32.63 \text{ MPa}$$

Y su factor de seguridad, calculado a partir del uso del acero estructural A36.

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{32.63 \text{ MPa}}$$

$$n = 7.6$$

De igual manera con el eslabón 2 según [22].

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{(13000 \text{ N}) * 2}{0.00057 \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 45.61 \text{ MPa}$$

Y su factor de seguridad.

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{45.61 \text{ MPa}}$$

$$n = 5.48$$

2.2.3 Diseño de soportes verticales de conexión J1 y J2

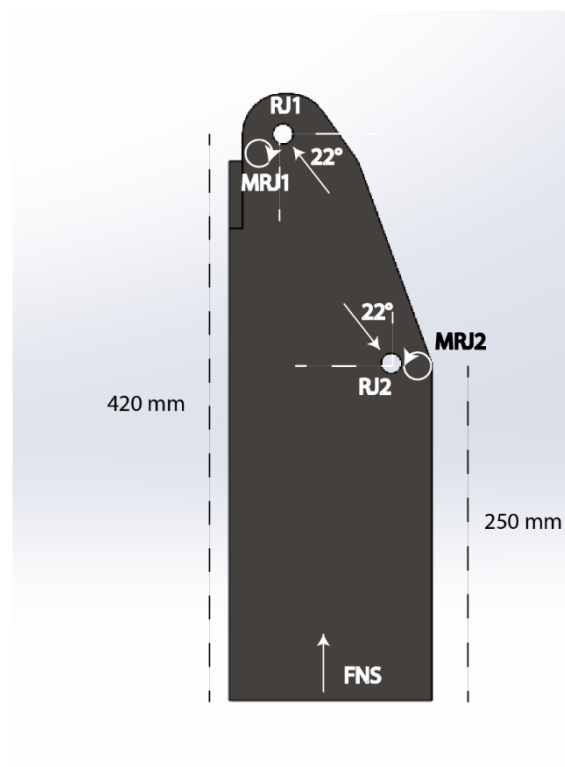


Figura 45. Vista lateral soporte vertical para eslabón 1 y 2.

$$\Sigma Fy = 0$$

$$RJ1y - RJ2y + FNS = 0$$

$$(9300 * \cos(22)) - (13000 * \cos(22)) + FNS = 0$$

$$FNS = 3430.58 \text{ N}$$

$$\approx \Sigma M = 0$$

$$M1 + RJ2x * (0.25m) - RJ1x * (0.42m) + RJ1y * (0.57m) - RJ2y * (0.57m) = 0$$

$$M1 = 2201.17 Nm$$

Al ser una figura compuesta no comercial, cómo se muestra en la Figura 46, es imprescindible el cálculo de su momento de inercia con el teorema de ejes paralelos según [22].

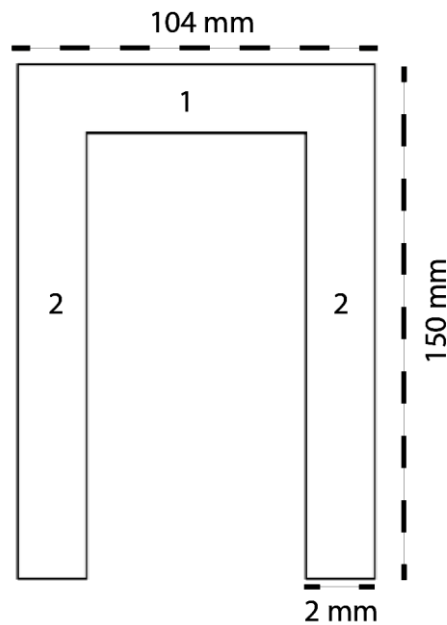


Figura 46. Vista de sección soportes verticales.

$$A = A1 + A2$$

$$A = (10.4 \text{ cm}) * (0.2 \text{ cm}) + 2[(14.7 \text{ cm}) * (0.2 \text{ cm})]$$

$$A = 8 \text{ cm}^2$$

Sumatoria de momentos de áreas compuestas:

$$A * C1 = b1 * h1 * y1 + 2(b2 * y2 * h2)$$

$$8 \text{ cm}^2 * C1 = (10.4 \text{ cm} * 0.2 \text{ cm} * 0.1 \text{ cm}) + 2 * (0.2 \text{ cm} * 14.8 \text{ cm} * 7.7 \text{ cm})$$

$$C1 = 5.72 \text{ cm}$$

La distancia C2 se obtiene restando la altura h1 menos C1:

$$C2 = 9.28 \text{ cm}$$

Cálculo del segundo momento del área:

$$I11 = \frac{b1 * h1^3}{12}$$

$$I1 = \frac{10.4\text{cm} * 0.2^3}{12}$$

$$I1 = 6.93 * 10^{-3} \text{ cm}^4$$

$$I2 = \frac{b2 * h2^3}{12}$$

$$I2 = \frac{0.2\text{cm} * 14.7\text{cm}^3}{12}$$

$$I2 = 52.94 \text{ cm}^4$$

Teorema de ejes paralelos:

$$Iz = Icg + A * d^2$$

$$D1 = C1 - 0.1\text{cm}$$

$$D1 = 5.76\text{cm} - 0.1\text{cm}$$

$$D1 = 5.66 \text{ cm}$$

$$D2 = C2 - 7.35$$

$$D2 = 9.24\text{cm} - 7.35\text{cm}$$

$$D2 = 1.89\text{cm}$$

Se tiene que:

$$I_z = I_1 + b_1 * h_1 * d_1^2 + 2 * I_2 * (I_2 + b_2 * h_2 * d_2^2)$$

$$I_z = (6.93 * 10^{-3} cm^4) + 10.4cm * 0.2cm * 5.66cm^2 + 2 * (52.94cm^4 + 0.2cm * 14.7cm * 1.89^2)$$

$$I_z = 193.52 cm^4$$

$$I_z = 0.0000019352 m^4$$

Con estos datos, se obtiene el esfuerzo y el factor de seguridad respectivo conforme a [22].

$$\sigma = \frac{M_{max} * C}{I}$$

$$\sigma = \frac{2201.17 Nm * 0.0576m}{0.0000019352 m^4}$$

$$\sigma = 65.52 MPa$$

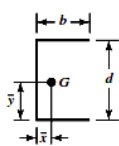
$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{250 MPa}{65.52 MPa}$$

$$n = 3.82$$

2.2.4 Diseño de soldadura de soportes verticales y base de sujeción

Las ecuaciones para el diseño se muestran en la Figura 47 y fueron obtenidas de [22].



$$A = 0.707h(2b + d) \quad \bar{x} = \frac{b^2}{2b + d} \quad I_o = \frac{d^2}{12}(6b + d)$$

$$\bar{y} = d/2$$

Figura 47. Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete [22].

$$A = 0.707 * (0,012 \text{ m}) * (2 * 0,15 \text{ m} + 0,104 \text{ m})$$

$$A = 3.427 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_u = \frac{(0,104 \text{ m})^2}{12} * [6(0,15\text{m}) + 0,104\text{m}]$$

$$I_u = 9.05 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Para el ancho de garganta:

$$I = 0,707h * I_u$$

$$I = 0,707 * (0,012\text{m}) * (9.05 * 10^{-4} \text{ m}^3)$$

$$I = 7.678 * 10^{-6} \text{ m}^4$$

Una vez obtenido estos datos, pasamos a calcular esfuerzos y factor de seguridad.

Esfuerzo cortante primario según [22].

$$\tau' = \frac{F}{A}$$

$$\tau' = \frac{3430.58 \text{ N}}{3.427 * 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$\tau' = 1 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante secundario conforme a [22].

$$c = \frac{d}{2}$$

$$\tau'' = \frac{M * c}{I}$$

$$\tau'' = \frac{(656 \text{ N} * \text{m}) * (0,075\text{m})}{7.678 * 10^{-6} \text{ m}^4}$$

$$\tau'' = 6.41 \text{ MPa}$$

Esfuerzo total

$$\tau = \tau' + \tau''$$

$$\tau = 1 \text{ MPa} + 6.41 \text{ MPa}$$

$$\tau = 7.41 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad de la soldadura, de acuerdo a [22].

$$n = \frac{0,577 * S_{ut}}{\tau}$$

Se ocupa un electrodo de la familia 60xx, el cuál menciona en forma de tabla en [22], que la resistencia a la tensión mínima que poseen estos es de 427 MPa.

$$n = \frac{0,577 * 427 \text{ MPa}}{7.41 \text{ MPa}}$$

$$n = 33.24$$

2.3 Diseño de pasadores entre eslabones

Para el diseño de los pasadores se tomará en cuenta el pasador en el que exista mayor esfuerzo. En este caso se encuentra en el punto J4 y se diseña a corte.

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$\tau = \frac{(13000 \text{ N})}{\pi * (0.014\text{m})^2}$$

$$\tau = 21.11 \text{ MPa}$$

Usando un acero de transmisión 1018 con esfuerzo de fluencia de 370 MPa. Pero que para el diseño a corte se debe utilizar únicamente el $0.4 * S_y$ [35] se procede con su cálculo.

$$n = \frac{0.4 * (370 \text{ MPa})}{21.11 \text{ MPa}}$$

$$n = 7.01$$

2.4 Selección de pernos que sujetan la base

En esta sección se diseña la unión no permanente del equipo con el automóvil tipo Van. Los pernos seleccionados tienen las siguientes características mostradas en la Tabla VI

Tabla VI

Características técnicas pernos de sujeción serie de paso grueso [22].

Diámetro mayor nominal (mm)	Paso (mm)	Área de esfuerzo de tensión A_t (mm^2)	Área del diámetro menor (mm^2)
10	1.5	58 cm^2	52.3 cm^2

Además de estas, se enlista también otras propiedades inherentes al diseño en la Tabla VII

Tabla VII

Características técnicas pernos de sujeción [36].

Número grado SAE	Resistencia de prueba mínima S_p (MPa)	Resistencia a la fluencia mínima (MPa)	Resistencia a la tensión mínima (MPa)	Material
8	600	660	830	Medio carbono, Q&T

Con estos datos, se calcula el área de la parte sin rosca del perno:

$$Ad = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$Ad = \frac{\pi * 0.01^2}{4}$$

$$Ad = 7.85 * 10^{-5} m^2$$

2.4.1 Rigidez efectiva estimada (Kb)

Para obtener la rigidez, se hará conforme a [22].

$$Kb = \frac{Ad * At * E}{(Ad * lt) + (At * ld)}$$

El valor de E dependerá del material del que está constituido el elemento de sujeción, en este caso será fabricado en acero, longitud de 40mm y su módulo de elasticidad corresponde a 207 GPa [22].

$$Kb = \frac{(7.85 * 10^{-5} m^2) * (5.8 * 10^{-5} m^2) * (207 * 10^9 Pa)}{[(7.85 * 10^{-5} m^2) * (0.0004 m) + (5.8 * 10^{-5} m^2) * (0)]}$$

$$Kb = 300150000 \frac{N}{m}$$

Este valor obtenido pertenece a una rigidez en la zona de sujeción en la cual se sujetará el elemento.

2.4.2 Rigidez del elemento (Km)

Al igual que en el ítem anterior la rigidez (Km) se calcula de acuerdo a [22].

$$Km = \frac{0.5774 * \pi * E * d}{2 \ln\left(5 * \left(\frac{0.5774 * l + 0.05 * d}{0.5774 * l + 2.5 * d}\right)\right)}$$

$$Km = \frac{0.5774 * \pi * (207 * 10^9 Pa) * (0.01m)}{2 \ln\left(5 * \left(\frac{0.5774 * (0.04m) + 0.05 * (0.01m)}{0.5774 * (0.04m) + 2.5 * (0.01m)}\right)\right)}$$

$$Km = 1751565812 \frac{N}{m}$$

2.4.2 Fracción de carga externa soportada por el perno (C)

Según [22]:

$$C = \frac{Kb}{Kb + Km}$$

$$C = \frac{300150000}{300150000 + 1751565812}$$

$$C = 0.14$$

2.4.3 Carga de prueba (Fp)

Conforme a [22]:

$$Fp = At * Sp$$

$$Fp = (5.8 * 10^{-5} m^2) * \left(600 * 10^6 \frac{N}{m^2}\right)$$

$$Fp = 34800 N$$

2.4.3 Precarga (Fi)

Normalmente para ensambles cargados dinámicamente como es el presente caso se utiliza un 75% de la carga de prueba (Fp) o más si es necesario para el diseño [36].

$$Fi = 0.75 * Fp$$

$$Fi = 0.75 * (34800 N)$$

$$Fi = 26100 N$$

2.4.4 Factor de seguridad del perno

De acuerdo a [22]:

$$n = \frac{(Sp * At) - Fi}{C * \left(\frac{P}{Np}\right)}$$

$$P = FNS + (RJ2 - RJ1)$$

$$P = 3430.58 N + (13000 N - 9300 N)$$

$$P = 7130.58$$

$$n = \frac{\left[\left(600 * 10^6 \frac{N}{m^2}\right) * (5.8 * 10^{-5} m^2)\right] - 26100 N}{0.14 * \left(\frac{7130.58 N}{8}\right)}$$

$$n = 69.71$$

2.4.5 Tuercas para la sujeción

Debido a que el equipo estará montado en el automóvil tipo Van, éste va a estar sujeto a diferentes vibraciones que podrían provocar el aflojamiento espontáneo de los pernos de sujeción de la base. Existe una variedad de tuercas de bloqueo como se muestran en la Figura 48. Y que pueden ser usadas en el modelo del equipo tomando en cuenta que su usará pernos M10x1.50 de Clase 8.8. Esto quiere decir que tanto pernos como tuercas deben tener el mismo diámetro y si es posible ambos tener pestañas de bloqueo.

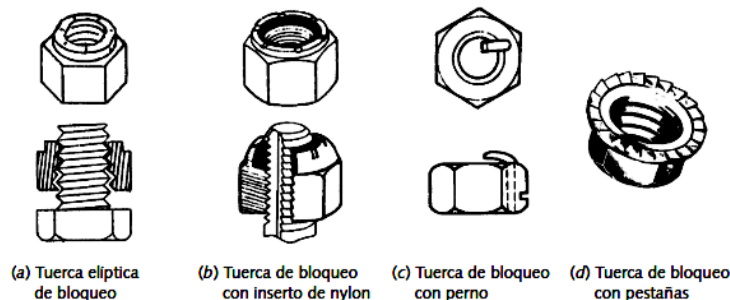


Figura 48. Tuercas de bloqueo [36].

2.5 Diseño de elemento de sujeción para la persona ocupante del equipo

Los elementos que se pueden apreciar de manera tubular en la Figura 49 a nivel de la zona media del eslabón 3 son aquellos en los que la persona ocupante tendrá la posibilidad de sujetarse para evitar riesgos.

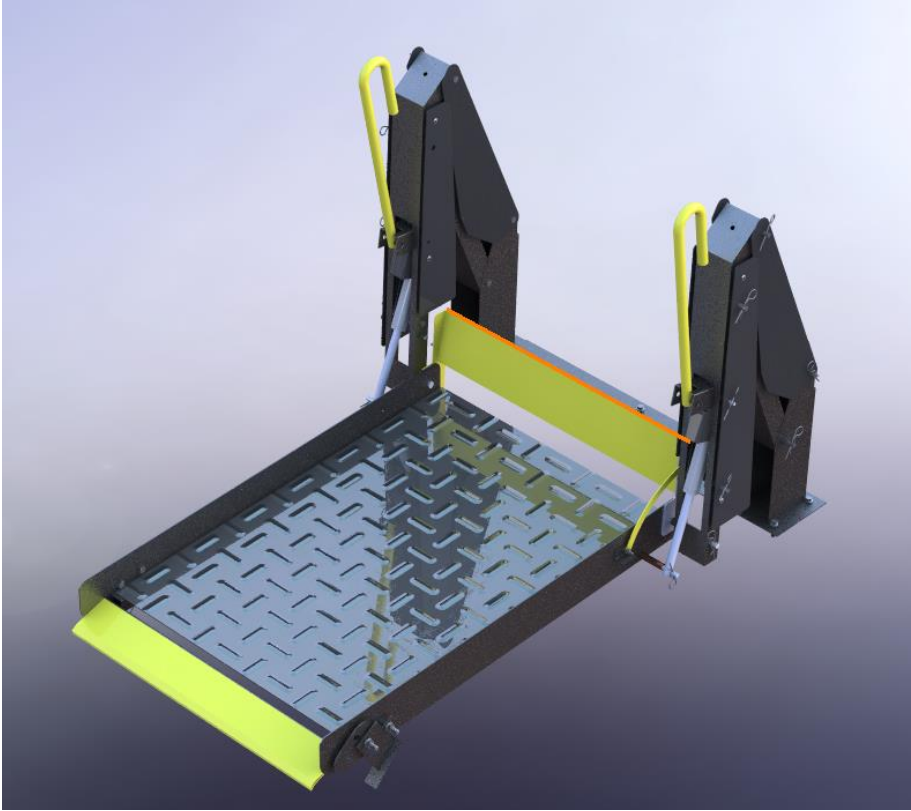


Figura 49. Vista isométrica del equipo.

Este elemento tendrá una longitud de 550 mm con los que se diseñará esta zona del equipo. La carga con la que se trabaja es de 5kg que recae en el centro del tubo como se muestra en la Figura 50.

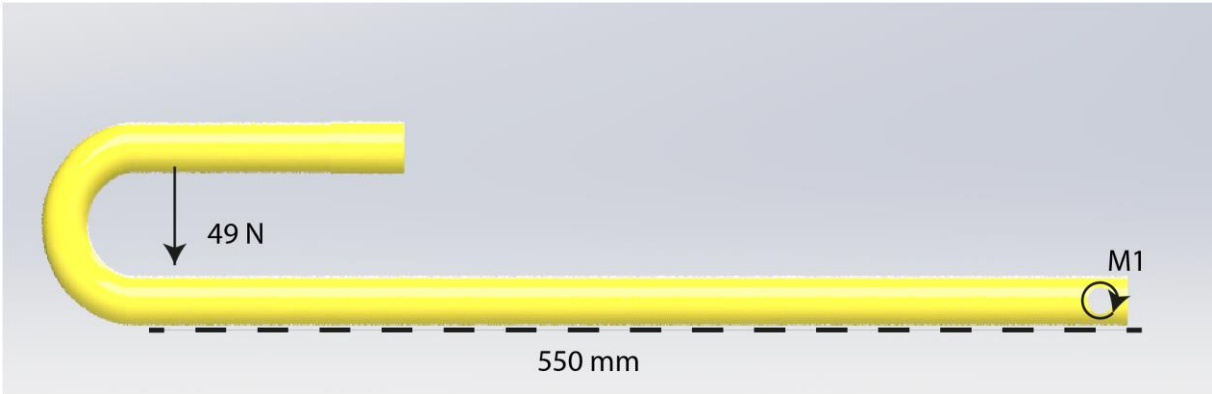


Figura 50. Vista lateral tubo de sujeción.

Con esto se obtiene un momento máximo al que estará sometido según [22].

$$M_{max} = 49N * \frac{0.55}{2} m$$

$$M_{max} = 13.48 N$$

El momento de inercia según su distribuidor [37] depende de su diámetro exterior y el espesor que posea, en este caso, es de diámetro 25.4 mm y espesor de 1.10 mm. Por lo que su inercia es 0.62 cm^4 .

Con estos datos, es posible calcular el esfuerzo producido en la barra y su factor de seguridad.

$$\tau = \frac{F}{2A}$$

$$A = \frac{\pi * d1^2}{4} - \frac{\pi * d2^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * (25.4mm)^2}{4} - \frac{\pi * (24.3mm)^2}{4}$$

$$A = 42.94 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{49 N}{2 * (4.294 * 10^{-5})m^2}$$

$$\tau = 0.57 \text{ MPa}$$

Se empleará el material JIS3141 SPCC SD, este material tiene un esfuerzo de ruptura de 274 MPa mínimo como manifiestan en [38].

$$n = \frac{274 \text{ MPa}}{0.57 \text{ MPa}}$$

$$n = 480.70$$

El factor de seguridad es extremadamente alto por que el material y el empleo del elemento está sobredimensionado.

Para que el elemento de sujeción no se encuentre tan rígido, se diseñó un sistema de ranura con un pasador en el eslabón 3 para su movimiento, y se muestra en la Figura 51 de forma separada del equipo. Y en la Figura 52 dentro del ensamblaje.



Figura 51. Vista lateral sistema de sujeción del pasajero.

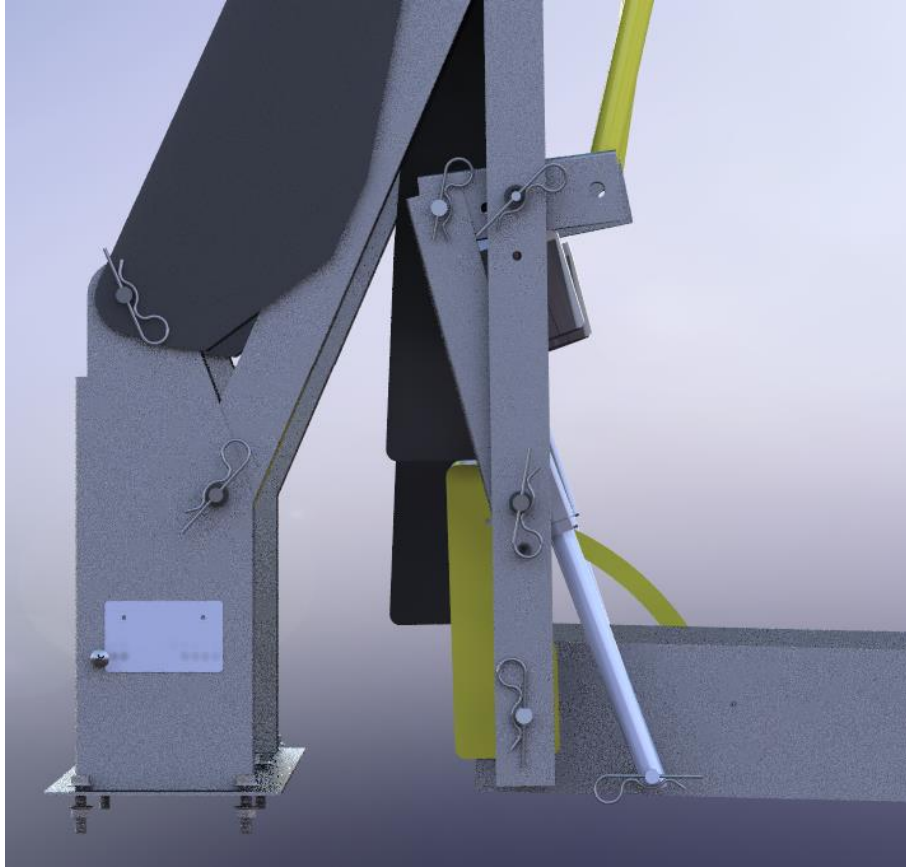


Figura 52. Vista lateral sistema de sujeción del pasajero.

2.6 Sistema de tensión para plataforma.

Para que la plataforma pueda mantenerse estática al momento que el usuario suba en el equipo se implementará adicionalmente dos actuadores lineales de la marca LINAK que será detallada a continuación en la Tabla VIII

y se muestran en la Figura 53:

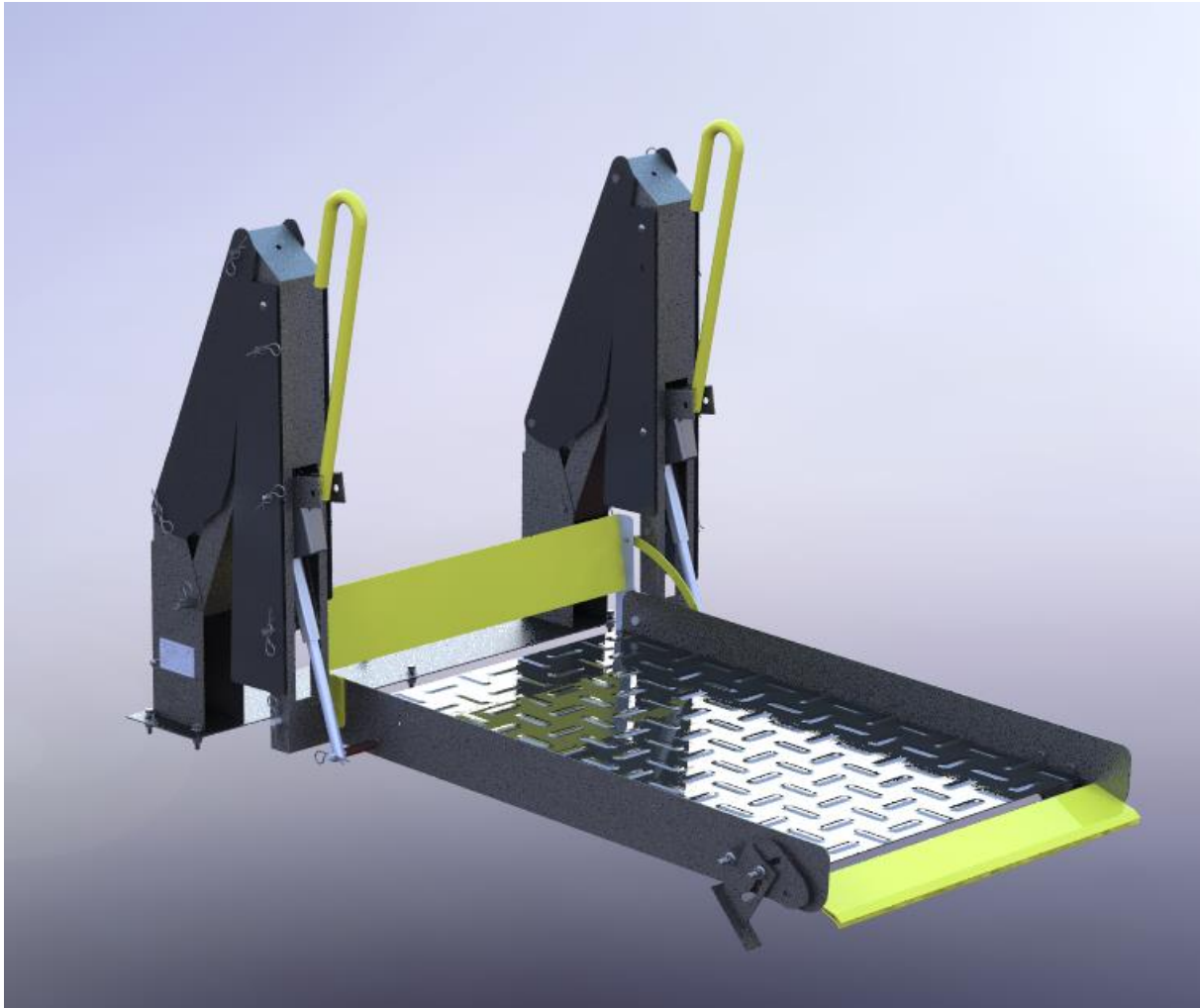


Figura 53. Vista del equipo.

Tabla VIII

Características técnicas actuador lineal LA25 [39].

Capacidad de carga (N)	Velocidad de operación (mm/s)	Longitud de carrera (mm)	Señal de realimentación de posición	Alimentación de energía (V)	Grado de protección
1500	5.2-6.6	200	Señal analógica Potenciómetro hall incluido	12	IP66

La selección de estos actuadores está pensada a partir de que ambos tendrán que soportar el peso de la persona usuaria, y asumiendo que el diseño se encuentra realizado para una carga de aproximadamente 2000N y teniendo que tomar en cuenta también un factor de seguridad de 1.6, tendremos que seleccionar los mismos para una carga de 3000 N que serán divididos para ambos actuadores en el sistema.

Para conocer el consumo de corriente del equipo se utiliza la imagen de su datasheet [40] que se encuentra en la Figura 54.

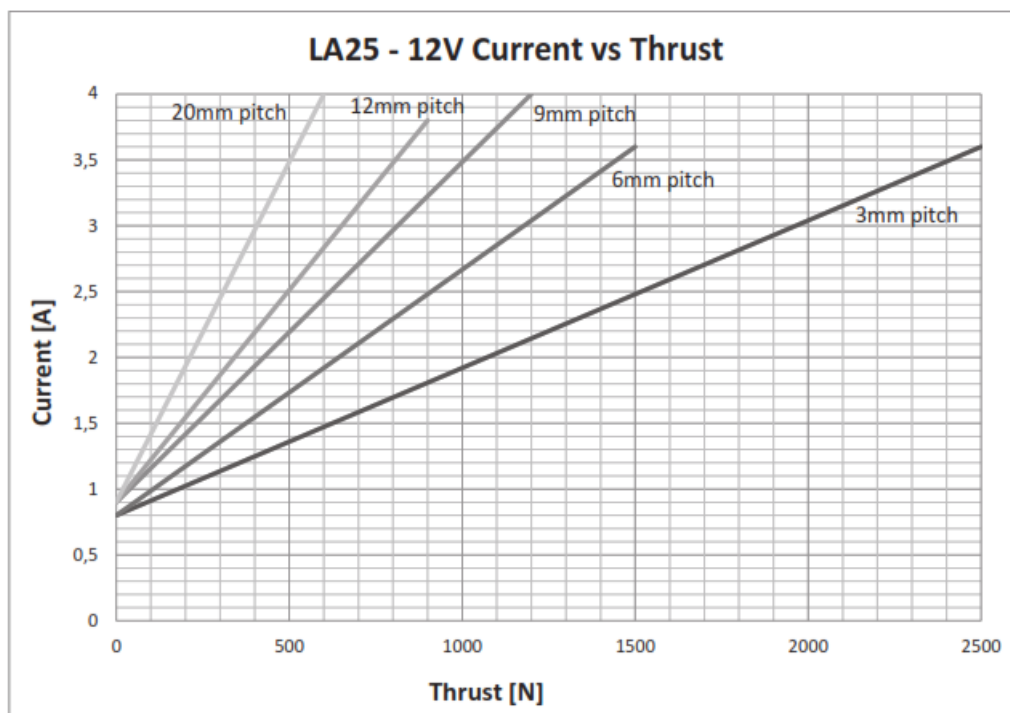


Figura 54. Corriente vs longitud de eje [40].

2.7 Sistema de seguridad delantera

Esta compuerta siempre tendrá que estar levantada cuando se accione el equipo, como se indica en la Figura 55, y para asegurar su sujeción tendrá un brazo en forma de arco que sujete todo el sistema durante su movimiento.

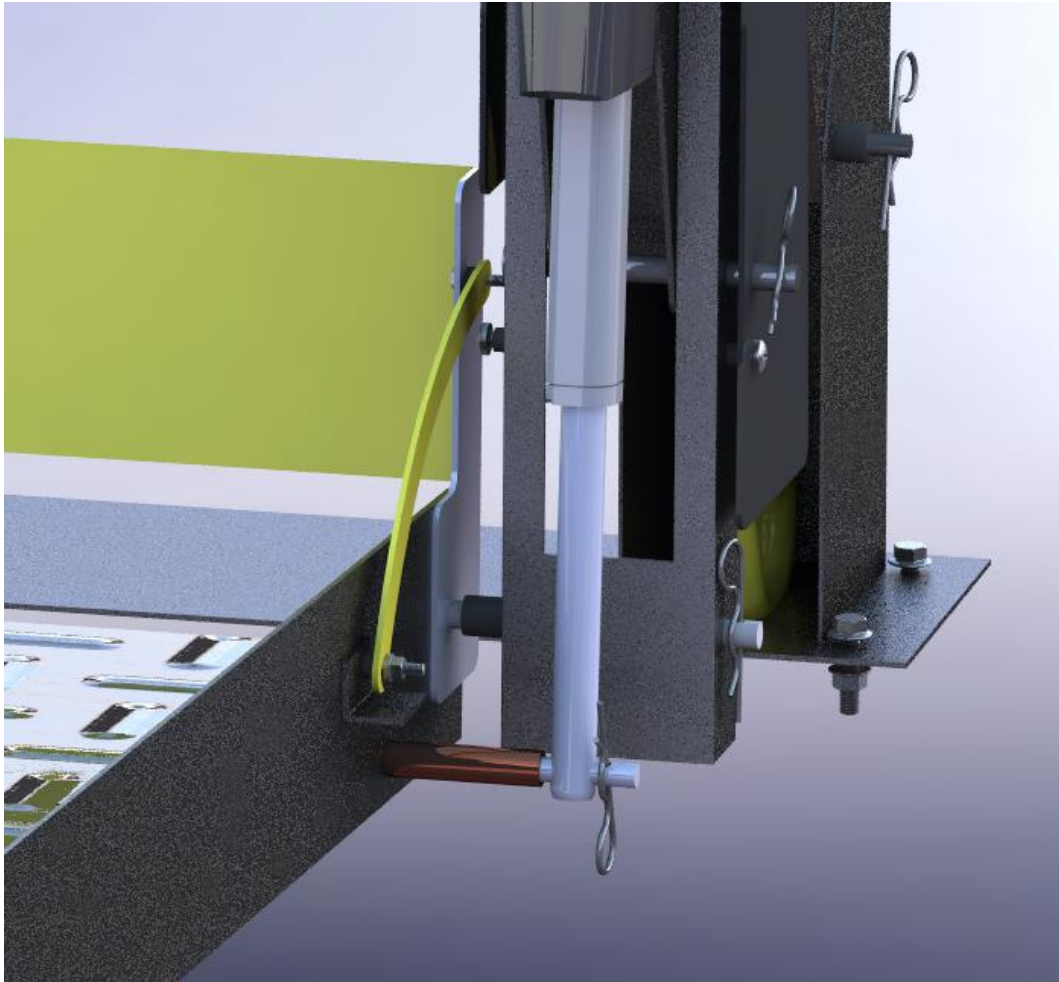


Figura 55. Vista lateral sistema de sujeción del pasajero.

2.8 Selección de actuadores.

Con los datos de la sección anterior, se procede con la selección de los actuadores a utilizar, tomando en cuenta la fuerza que necesita para mover el equipo y el recorrido que debe tener. El actuador tendrá su base en el punto J2, quien a su vez se encuentra conectado a J3. Por lo tanto:

$$\text{Fuerza del actuador} = \text{peso del equipo} + \text{peso de la persona}$$

$$\text{Fuerza del actuador} = 2472.2 \text{ N}$$

La empresa LINAK dentro de sus líneas de negocio ha implementado soluciones de actuadores para uso en vehículos, estos actuadores son robustos y fiables que anteriormente

han sido testeados para su producción. Además de ser compactos y que no necesitan mantenimiento. Convirtiéndolo así en una buena opción de uso en el equipo.

Para la selección se muestra en su página web [41] una variedad de actuadores de diferentes cargas y diseños, sin embargo, es posible filtrarlos por su aplicación, en este caso dentro de la línea de uso en vehículos se encuentra el actuador lineal LA33 con las características mostradas en la Tabla IX

Tabla IX

Características técnicas actuador lineal LA33 [42].

Capacidad de carga (N)	Velocidad de operación (mm/s)	Longitud de carrera (mm)	Señal de realimentación de posición	Alimentación de energía (V)	Grado de protección
3500	13-15	300	Señal analógica Potenciómetro hall incluido	12	IP66

La señal analógica del potenciómetro servirá para conocer en qué posición se encuentra el vástago, esta señal es variable entre 0.5 V y 4.5V, lo que facilitaría el control del mismo. Para obtener un diseño CAD del dispositivo se utiliza una herramienta virtual que posee el distribuidor en su página web y que cómo ejemplo se muestra en la Figura 56.

[Áreas de negocio](#) -
 [Productos](#) -
 [Asistencia técnica](#) -
 [Contactar](#)


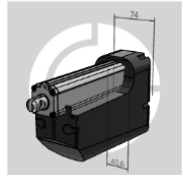
Descripción del producto	Ficha técnica del producto	2D / 3D	Diagramas, folletos y manuales	Asistencia	Videos																																																																
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Previsualización Descarga de CAD </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 5px;"> 3D 2D </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: center; margin-top: 10px;"> ©2021 powered by CADENAS </div> <div style="text-align: right; font-size: small; margin-top: 5px;"> taoerico@hotmail.com </div>																																																																			
<p>332001000000A0A=11B0000000260</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">TYPE</td> <td>LA33</td> <td></td> <td>🔒</td> </tr> <tr> <td>Load</td> <td>1.500N</td> <td></td> <td>📄</td> </tr> <tr> <td>Speed min</td> <td>30</td> <td>mm/s</td> <td>🔒</td> </tr> <tr> <td>Speed max</td> <td>35</td> <td>mm/s</td> <td>🔒</td> </tr> <tr> <td>Stroke length</td> <td>100</td> <td>mm</td> <td>📄</td> </tr> <tr> <td>HUBST</td> <td>0 - 100</td> <td>mm</td> <td>📄</td> </tr> <tr> <td>Safety</td> <td>None</td> <td></td> <td>🔒</td> </tr> <tr> <td>Feedback Type</td> <td>None</td> <td></td> <td>📄</td> </tr> <tr> <td>Platform</td> <td>None</td> <td></td> <td>📄</td> </tr> <tr> <td>IC Type</td> <td>None</td> <td></td> <td>🔒</td> </tr> <tr> <td>Motor Type</td> <td>12V DC Normal</td> <td></td> <td>📄</td> </tr> <tr> <td>End Stop</td> <td>Power switch (Platform none)</td> <td></td> <td>🔒</td> </tr> <tr> <td>IP Degree</td> <td>IP66</td> <td></td> <td>🔒</td> </tr> <tr> <td>Colour</td> <td>Dark Olivish Grey NCS S7000-N</td> <td></td> <td>🔒</td> </tr> <tr> <td>Back Fixture Type</td> <td>12.2 hole with slot</td> <td></td> <td>📄</td> </tr> <tr> <td>Piston Rod Eye</td> <td>12.2 hole with slot</td> <td></td> <td>📄</td> </tr> </table>		TYPE	LA33		🔒	Load	1.500N		📄	Speed min	30	mm/s	🔒	Speed max	35	mm/s	🔒	Stroke length	100	mm	📄	HUBST	0 - 100	mm	📄	Safety	None		🔒	Feedback Type	None		📄	Platform	None		📄	IC Type	None		🔒	Motor Type	12V DC Normal		📄	End Stop	Power switch (Platform none)		🔒	IP Degree	IP66		🔒	Colour	Dark Olivish Grey NCS S7000-N		🔒	Back Fixture Type	12.2 hole with slot		📄	Piston Rod Eye	12.2 hole with slot		📄				
TYPE	LA33		🔒																																																																		
Load	1.500N		📄																																																																		
Speed min	30	mm/s	🔒																																																																		
Speed max	35	mm/s	🔒																																																																		
Stroke length	100	mm	📄																																																																		
HUBST	0 - 100	mm	📄																																																																		
Safety	None		🔒																																																																		
Feedback Type	None		📄																																																																		
Platform	None		📄																																																																		
IC Type	None		🔒																																																																		
Motor Type	12V DC Normal		📄																																																																		
End Stop	Power switch (Platform none)		🔒																																																																		
IP Degree	IP66		🔒																																																																		
Colour	Dark Olivish Grey NCS S7000-N		🔒																																																																		
Back Fixture Type	12.2 hole with slot		📄																																																																		
Piston Rod Eye	12.2 hole with slot		📄																																																																		

Figura 56. Asistente de diseño de actuadores lineales para obtención de modelo CAD [43].

El dispositivo dispone con un freno incorporado para mantener la posición mientras no se encuentre activado el actuador, también cuenta con la posibilidad de moverse manualmente con la ayuda de una llave allen de 6mm, teniendo en cuenta que este mecanismo fue diseñado para su uso con un torque de 6-9 Nm y una cantidad máxima de 65 rpm. Es importante mencionar también que la fuente de poder debe ser desconectada durante la operación manual para evitar daños. En la Figura 57 se mostrará una gráfica de corriente vs carga obtenida del manual de usuario [44] proporcionado por LINAK en su página web.

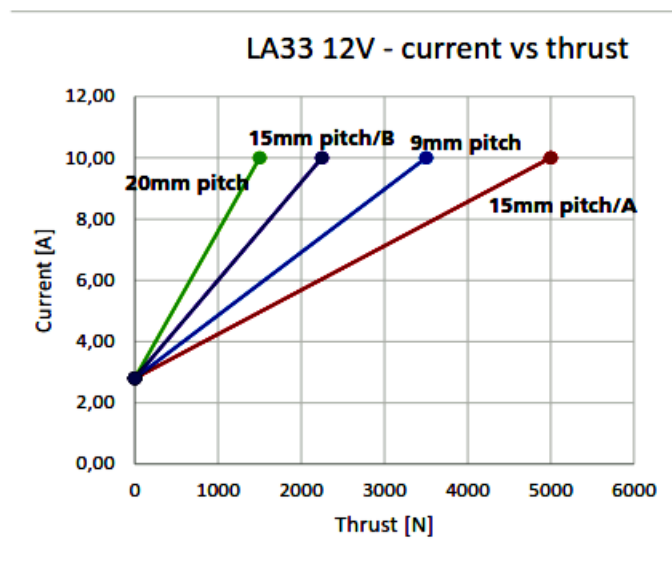


Figura 57. Gráfica Carga vs Corriente [44].

Así mismo, en la Figura 58 se muestra la gráfica de Carga vs Velocidad del actuador.

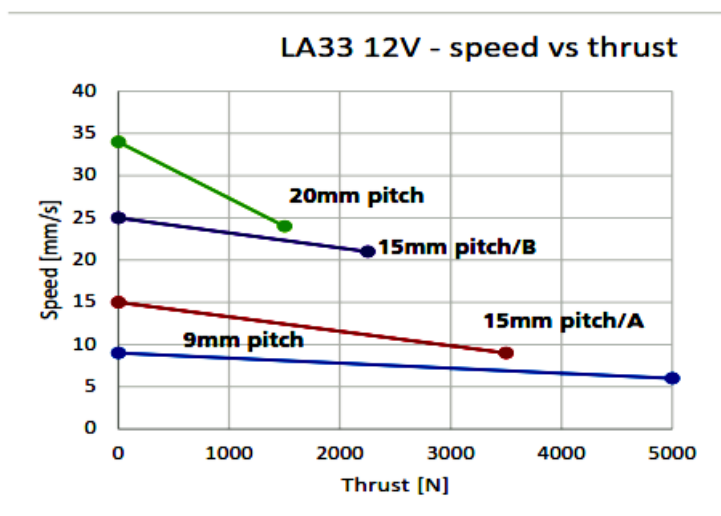


Figura 58. Gráfica Carga vs Corriente [44].

Dentro del manual de usuario [44], se menciona también cómo se debe realizar el pedido del actuador dependiendo de las características que este posea y que se haya seleccionado en el asistente de selección y obtención de modelo CAD. Con el cual se concluye que para el caso mencionado la orden es la siguiente:

LINAK_33150300000A0A0A=11A00030004600

Para el mantenimiento del actuador, como ya se ha mencionado antes, es mínimo, por lo que sus cuidados mencionados dentro de [44] corresponden a:

- Limpieza en intervalos regulados para remover la suciedad y una inspección visual del actuador.
- Inspeccionar uniones, cables, pistones y conectores para verificar su ubicación correcta.
- Para asegurarse que el vástago interno del equipo se encuentre siempre engrasado, su lavado debe realizarse cuando el vástago se encuentre completamente retraído.
- El actuador es una unidad cerrada que no necesita mantenimiento interno.
- Para mejorar el funcionamiento del equipo en superficies externas, se recomienda que en los rodamientos se aplique grasa con anticorrosivo o similar.

2.9 Diseño eléctrico y electrónico

Dentro del diseño se utilizará distintos tipos de cables, teniendo en cuenta los parámetros para seleccionarlos, tales como la corriente y voltaje que conducen respectivamente, que se mostrarán en la Tabla X

Tabla X

Características técnicas para la selección de cables [22].

Elemento	Voltaje (V)	Corriente	Tipo de cable
Conector de batería a alimentación de motores	12	20 máx.	12 AWG PVC
Conexión de actuadores lineales	12	17 máx.	14 AWG PVC

Conexión Relé-Alarma	12	3 A	14 AWG
Conexión a sensores ultrasónicos	5	15 mA	22 AWG
Conexión a módulos BTS7960	5	15 mA	22 AWG
Conexión control digital Relé	5	15 mA	22 AWG
Conexión GPS	5	40 mA máx.	22 AWG

Para la protección tanto del módulo de alimentación y control de los motores, es necesario el uso de un portafusibles de uso automotriz con un fusible de 20 A, que se conectará como en la Figura 59 que se muestra a continuación y en la Figura 60 en forma de plano eléctrico.

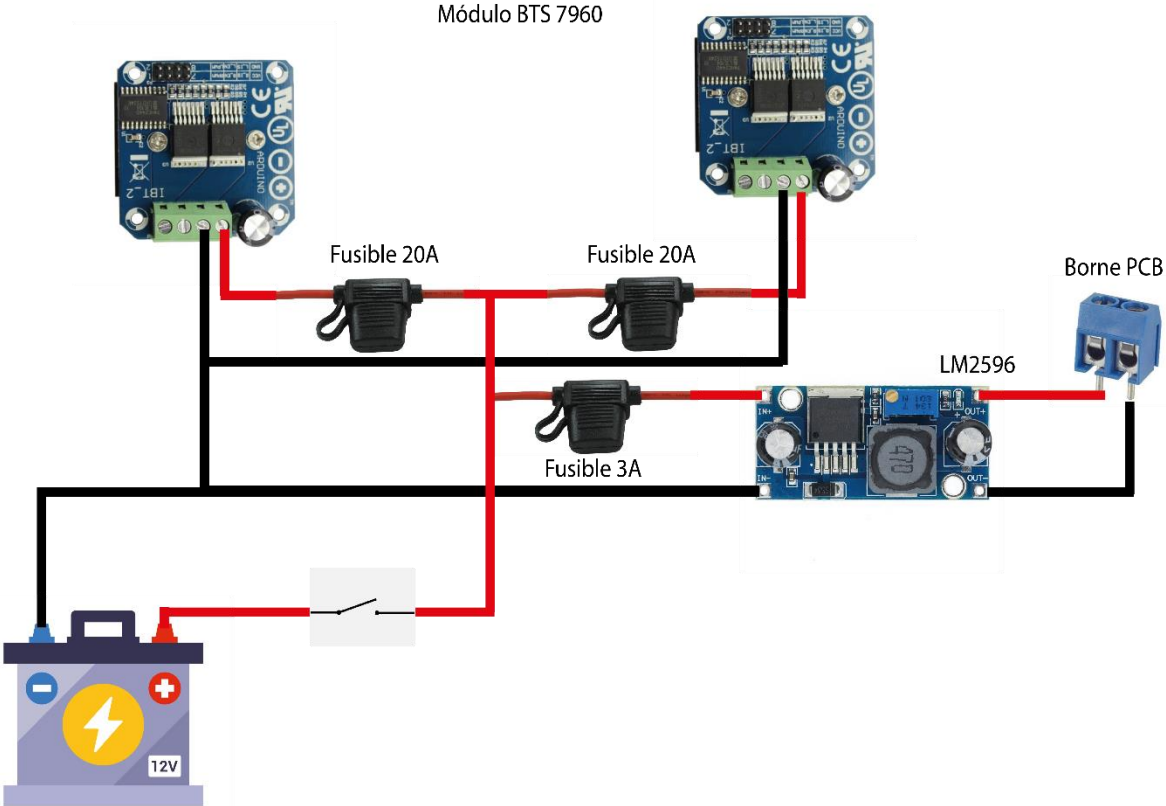


Figura 59. Alimentación de sistemas de control y potencia.

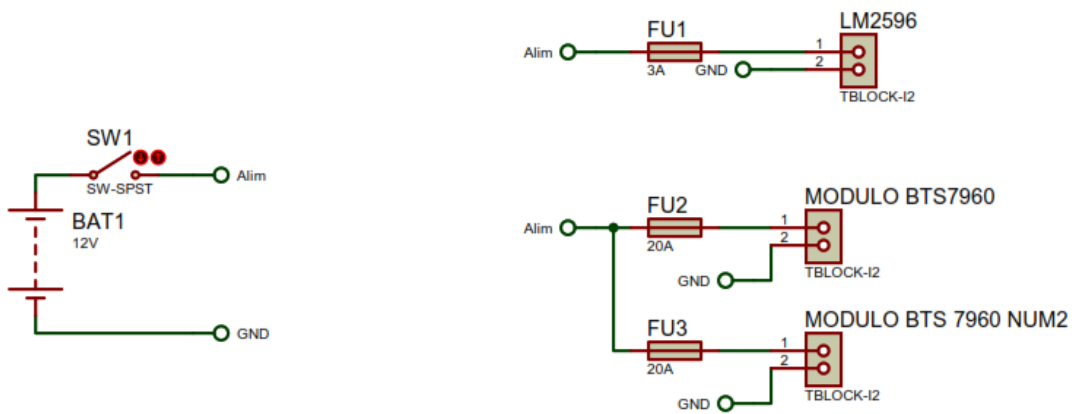


Figura 60. Alimentación de sistemas de control y potencia.

2.7.1 Conexiones de sensores y módulos actuadores

Los sensores a usar en el control del equipo, se enlistan en la Tabla XI

Tabla XI

Sensores encontrados en el equipo [22].

Señal a detectar	Nombre	Tipo de señal	Pin en Arduino
Distancia o presencia	Ultrasónico	Entrada análoga	25, 27, 29 31
Ubicación y velocidad	Módulo GPS U-Blox NEO 6M	Entrada y salida de comunicación serial	14, 15

Los actuadores o módulos a utilizar se enlistan en la Tabla XII

Tabla XII

Actuadores o módulos encontrados en el equipo [22].

Módulo	Nombre	Tipo de señal	Pin en Arduino
Accionamiento de actuadores	BTS 7960	Salidas PWM y digital	PWM 4,5,6,7 Digital 11,13
Activación de alarma acústica	Relé de activación	Salida digital	23

Los diferentes sensores y actuadores controlados por el microcontrolador se encontrarán dentro de la PCB diseñada y mostrada en la Figura 61.

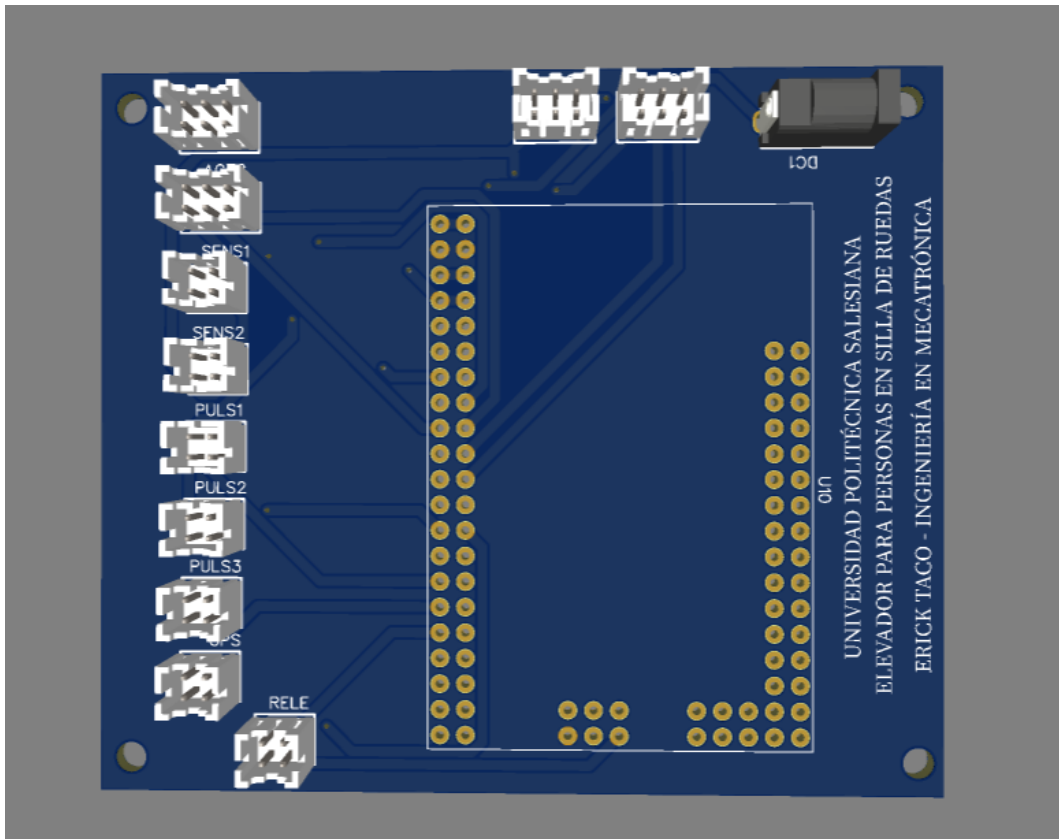


Figura 61. PCB de equipo.

El diagrama eléctrico de la PCB se mostrará en la Figura 62, además de encontrarse como anexo en el documento. El diagrama fue fabricado en el software online EasyEDA Designer.

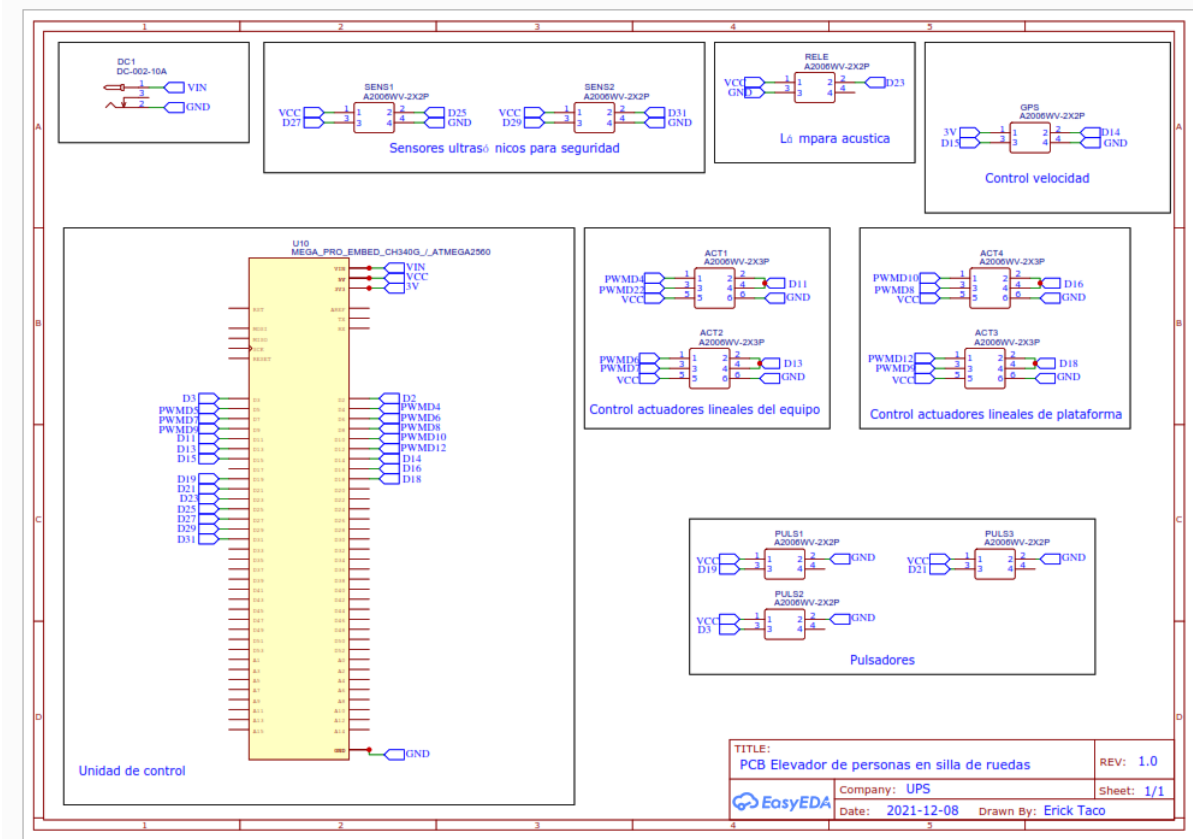


Figura 62. Diagrama eléctrico de PCB.

Los conectores de color blanco que se encuentran en la placa son aquellos en los que se conectarán los módulos externos del equipo. Tales como el BTS7960, los sensores de distancia, los pulsadores de accionamiento, etc. El diagrama de estos elementos se encontrará en los anexos. Además, serán adquiridos con un sistema Poka-Yoke, es decir, a prueba de errores de conexión como nos menciona la misma normativa ISO.

2.7.2 Conexiones con BTS 7960

El módulo tendrá que ser conectado como se muestra en la Figura 63, acoplándose a los conectores en la placa PCB.

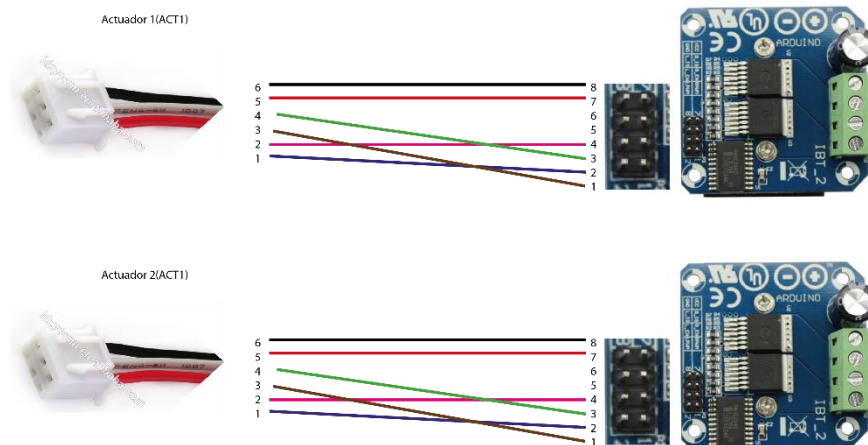


Figura 63. Conexión con módulo BTS 7960.

2.7.8 Caja de control del equipo

En la Figura 64 se presenta una propuesta sobre el diseño de la caja de control del equipo, en este caso con una tapa del mismo material pero que solo puede ser abierta con una llave Torx.

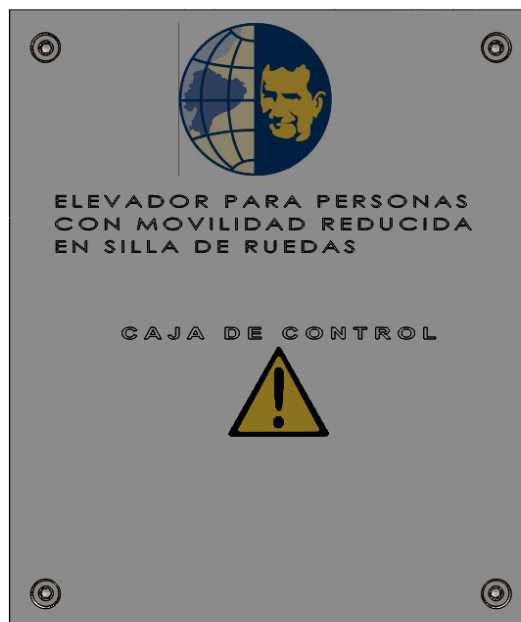


Figura 64. Caja de control.

Y en la Figura 65 se evidencia la manera de sujetar cada módulo a la caja de control para su posterior conexión.



Figura 65. Caja de control vista interior.

2.10 Diseño interfaz para conexión entre Labview y Solidworks

2.10.1 Diagrama de flujo del proceso de funcionamiento

En la Figura 66 y Figura 67 se muestra en forma de diagrama de flujo cual es el proceso de funcionamiento del equipo y los pasos a seguir de igual manera simulando señales en el software Labview.

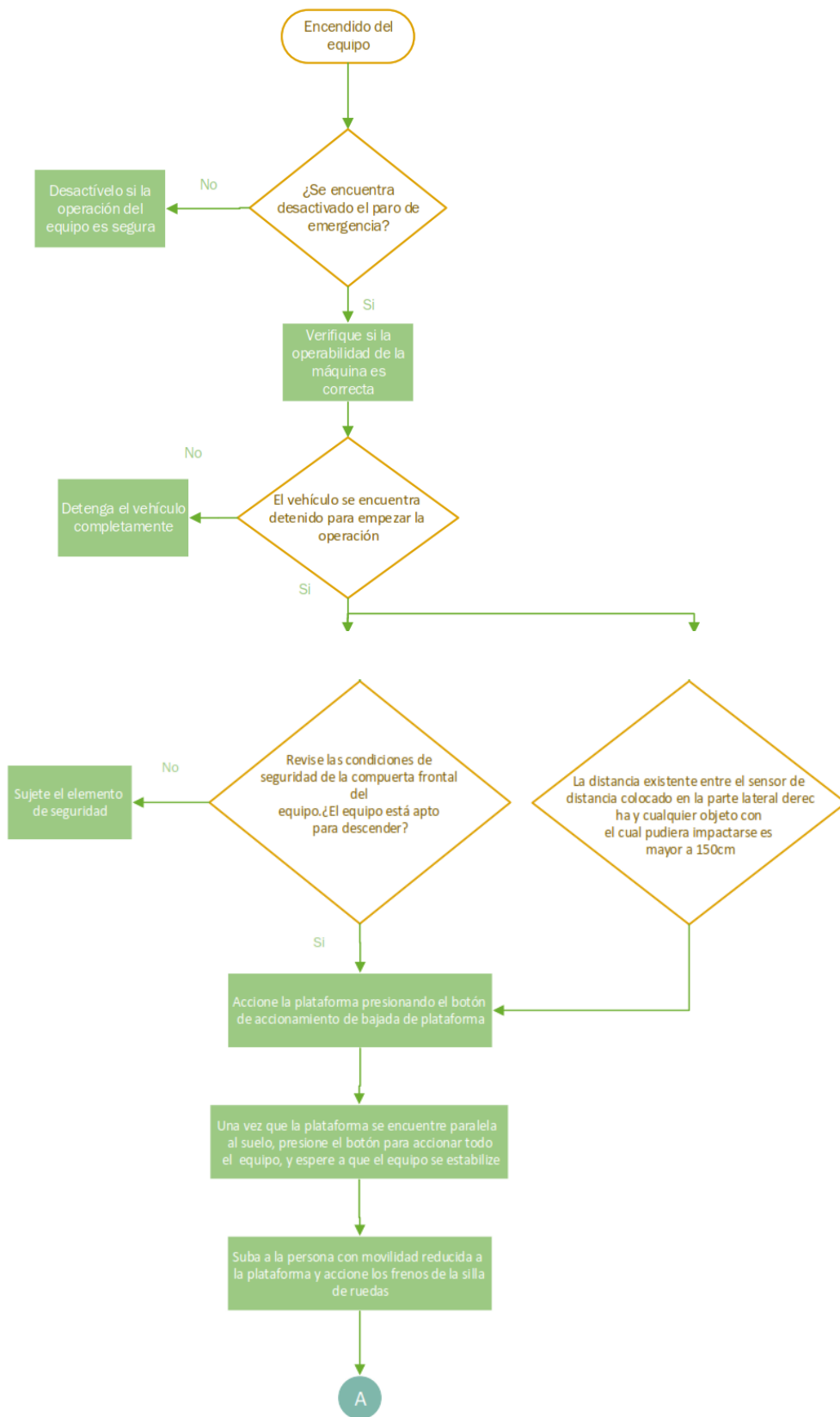


Figura 66. Diagrama de flujo de funcionamiento Parte 1.

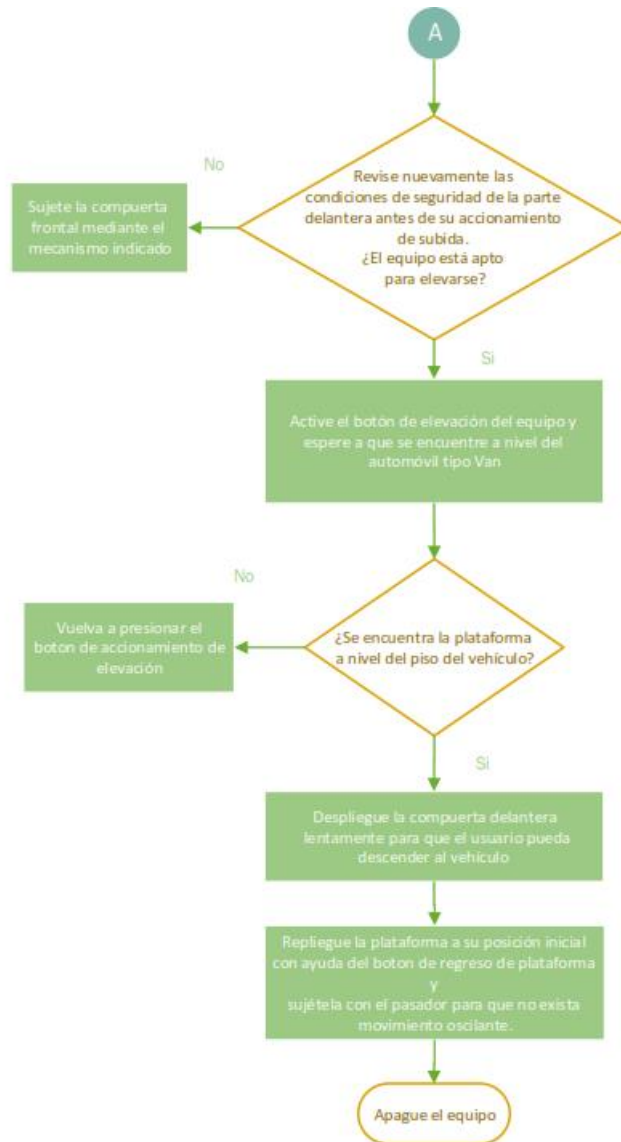


Figura 67. Diagrama de flujo Parte 2.

2.10.2 Interfaz en Labview

Cómo se evidencia en la Figura 68, la interfaz de control para el dispositivo es simple y consta de 4 pulsadores, dos de accionamiento de la plataforma como tal y otro de accionamiento del equipo de elevación. Además de contar con un paro de emergencia que interrumpe cualquier señal hacia los actuadores deteniéndolos inmediatamente. Y su respectiva lámpara de accionamiento como lo menciona en la normativa con la cual se basa el diseño.



Figura 68. Interfaz de control.

Además de esto las seguridades con las que fue programada como se evidencia en figuras anteriores en los diagramas de flujo del proceso. Para la programación de la interfaz dentro de los bloques de diagrama se utilizó la librería propia de National Instruments llamada Soft Motion, y gracias a esto es posible la conexión entre Solidworks y Labview para el control en análisis de movimiento. En la Figura 69 y Figura 70 se muestra la programación en diagrama de bloques de la interfaz y que además se anexará al final para una mejor percepción.

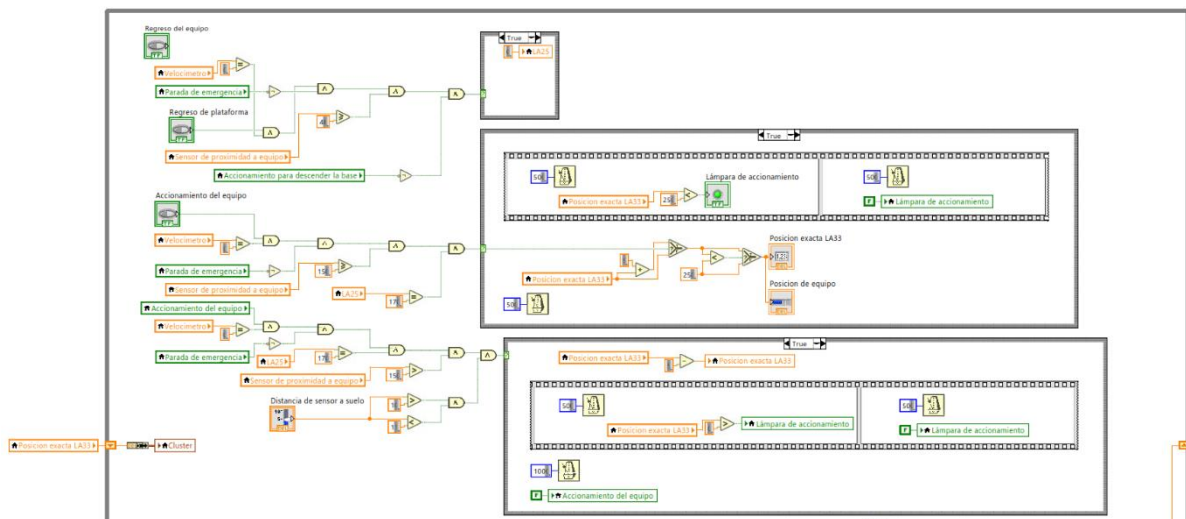


Figura 69. Diagrama de bloques Parte 1.

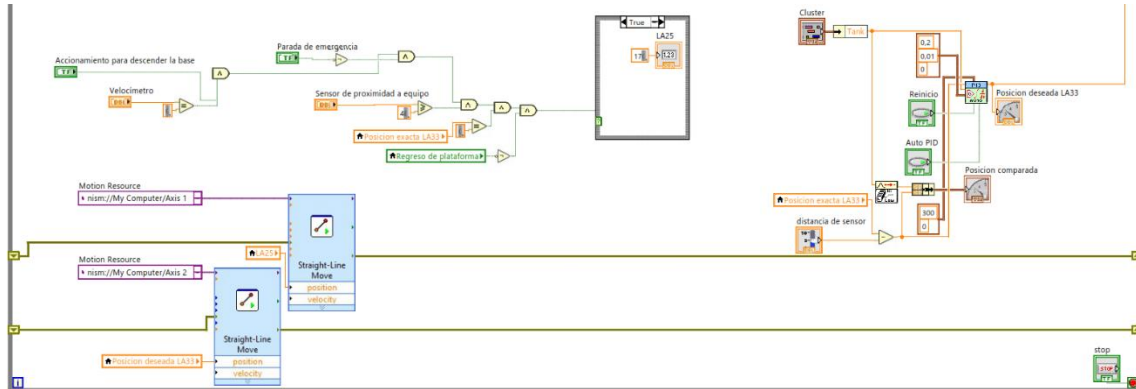


Figura 70. Diagrama de bloques Parte 2.

Para el control en este caso de la distancia que se desplazan los actuadores es importante recalcar que en la selección de actuadores dentro de sus características técnicas se menciona un feedback de 0.5 – 4.5 V que puede ser transformado en la distancia que recorre cada actuador, por lo que adicionalmente tendrá un sensor ultrasónico que medirá la distancia del suelo, con este valor de distancia hacia el suelo se implementa un control PI calculado a partir de librerías internas de Labview y con la adquisición de datos de la simulación mismo. A partir del modelado básico de la Figura 71 en dónde la realimentación será la posición de cada actuador lineal.

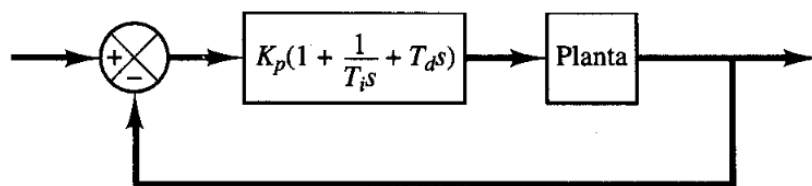


Figura 71. Gráfica de modelo de control [45].

Con la ayuda de PID Autotuning como se muestra en la Figura 72 se analiza distintas posibilidades de control a partir de los datos obtenidos en simulación. Empezando por un valor en $K_C=1$ y $T_i(\text{min})=0.01$, cuyos valores son predeterminados al iniciar el programa, y poco a poco ir analizando datos y calculando constantes óptimas para el control.

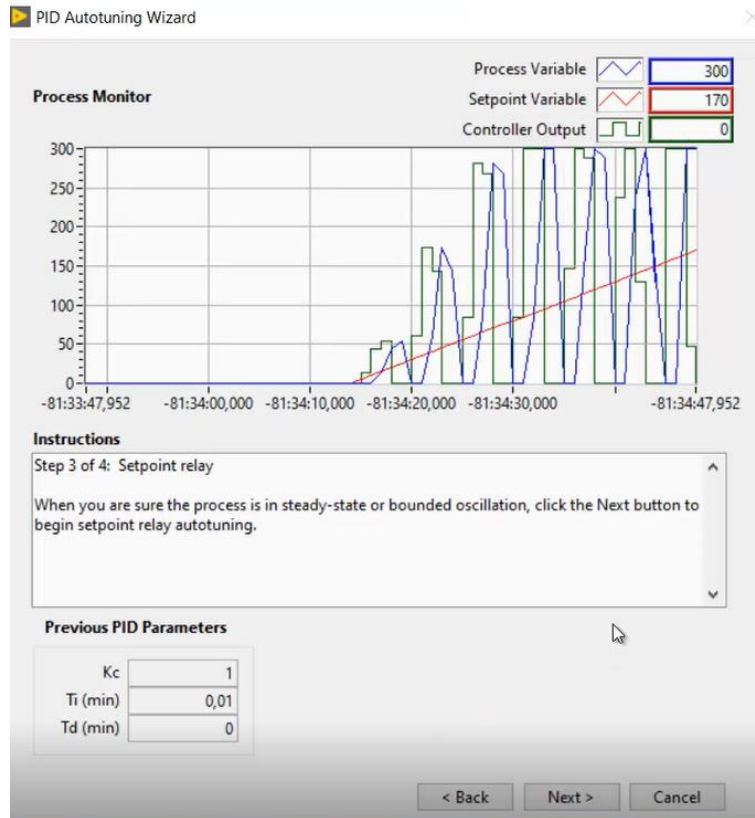


Figura 72. PID Autotuning.

Una vez se hayan encontrado soluciones se colocarán nuevos valores a las constantes k_p , k_i y k_d se colocará en forma de constante en el programa para que sus valores se queden almacenados en el programa como en la Figura 73.

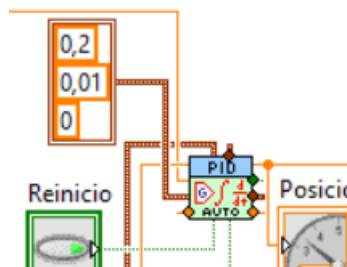


Figura 73. Valores ingresados al programa.

Estos valores ingresados serán los que nos ayuden a controlar la posición de los actuadores lineales cuando se encuentren a 10cm del suelo y se mantengan a un nivel adecuado para no

causar daños en el equipo. En la Figura 74 se evidencia una vez aplicado el control a nuestra variable y la forma en la que se mantiene a un nivel estable dentro de diseño.

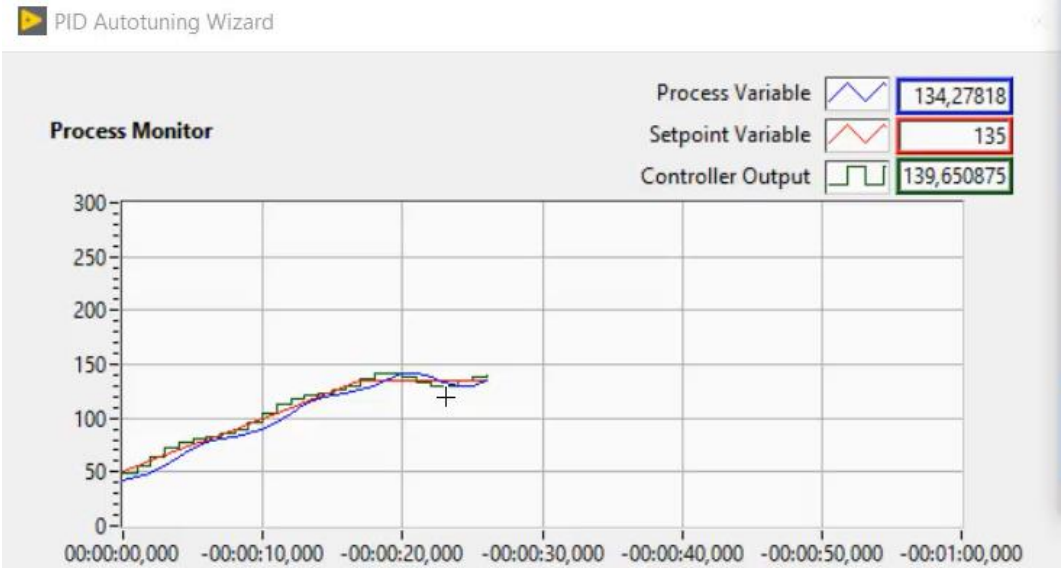


Figura 74. Valores obtenidos de simulación con Solidworks.

CAPÍTULO 3

3.1 Simulación estática plataforma para levantamiento

En la Figura 75 se indica el resultado de la tensión encontrada en la plataforma, evidenciando que el valor máximo de esfuerzo es de 11.54 MPa.

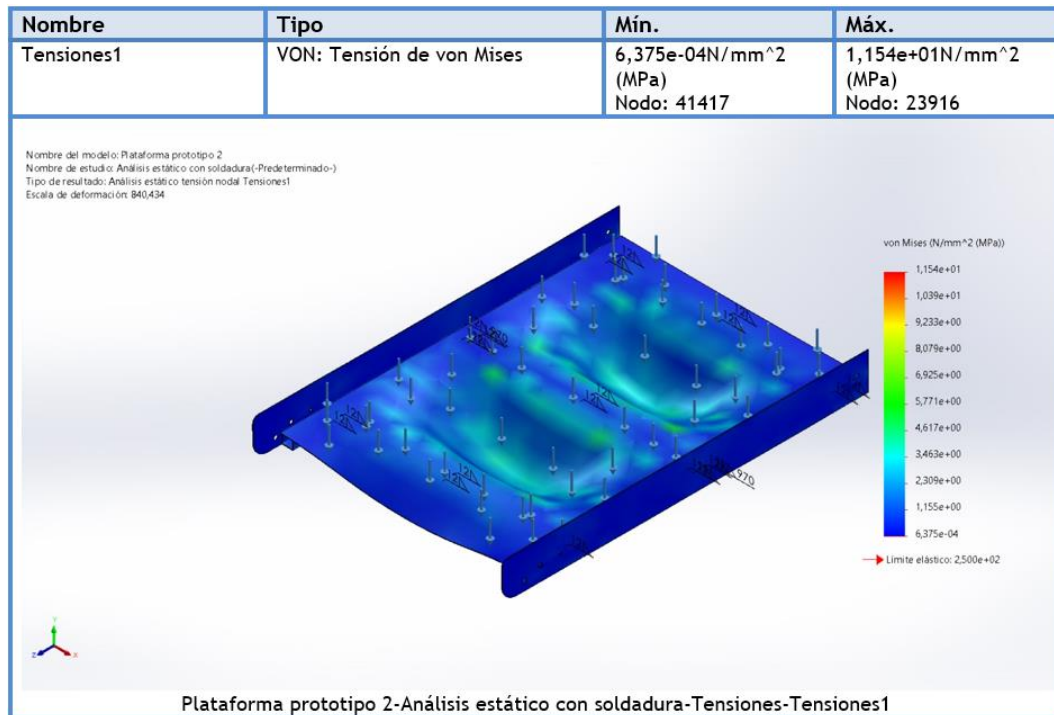


Figura 75. Tensión en la plataforma.

El software nos arroja un resultado de desplazamiento menor a 1 mm como se muestra en la Figura 76, por lo cual su deformación es casi irrelevante en la plataforma.

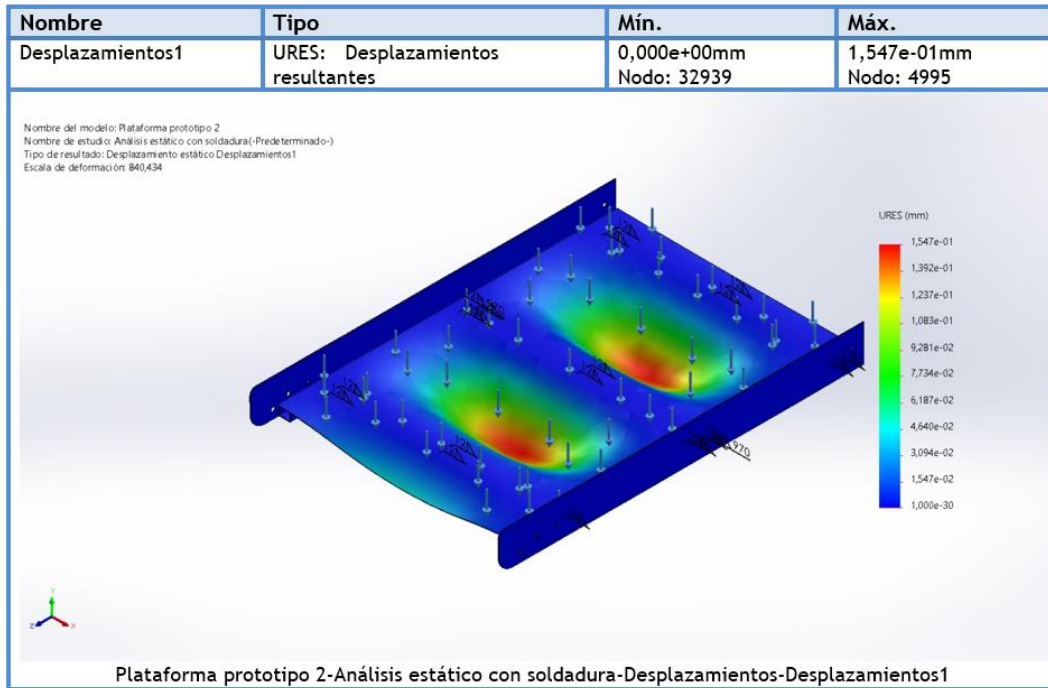


Figura 76. Deformación unitaria en la plataforma.

El factor de seguridad mínimo de acuerdo con la Figura 77 es igual a 22. Además de evidenciarse la predominancia del color rojo equivalente a un factor de seguridad de 22.

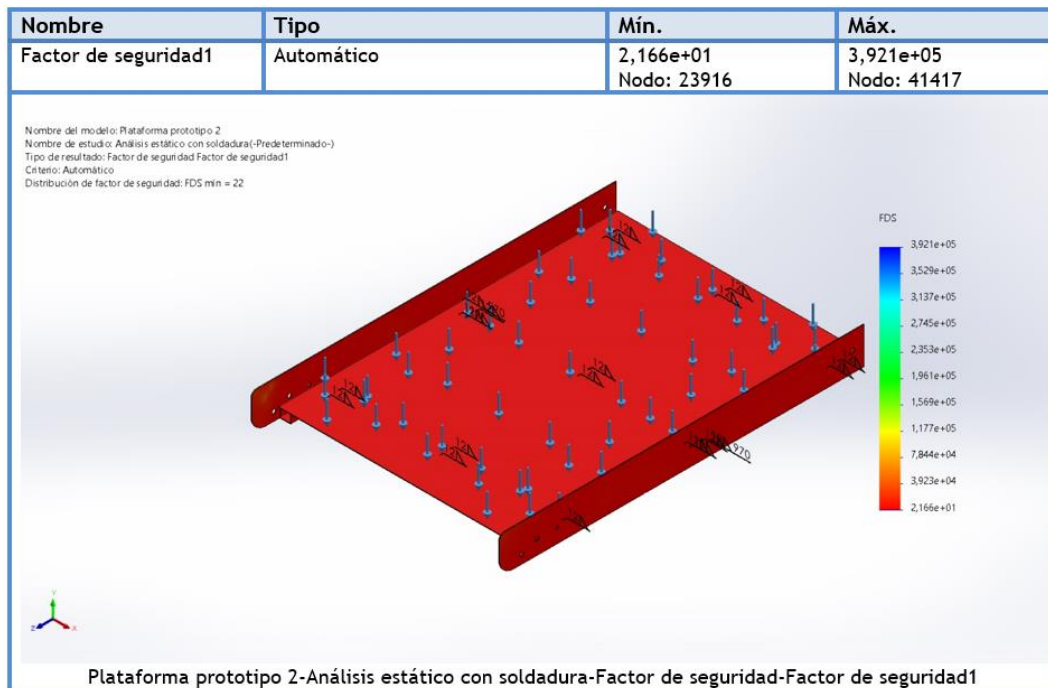


Figura 77. Factor de seguridad en la plataforma.

3.2 Simulación estática Eslabón 3

En la Figura 78 se muestra los esfuerzos presentes en el eslabón 3 de acuerdo a la simulación.

Teniendo presente un esfuerzo máximo de 128.2 MPa coloreado de color rojo en la pieza.

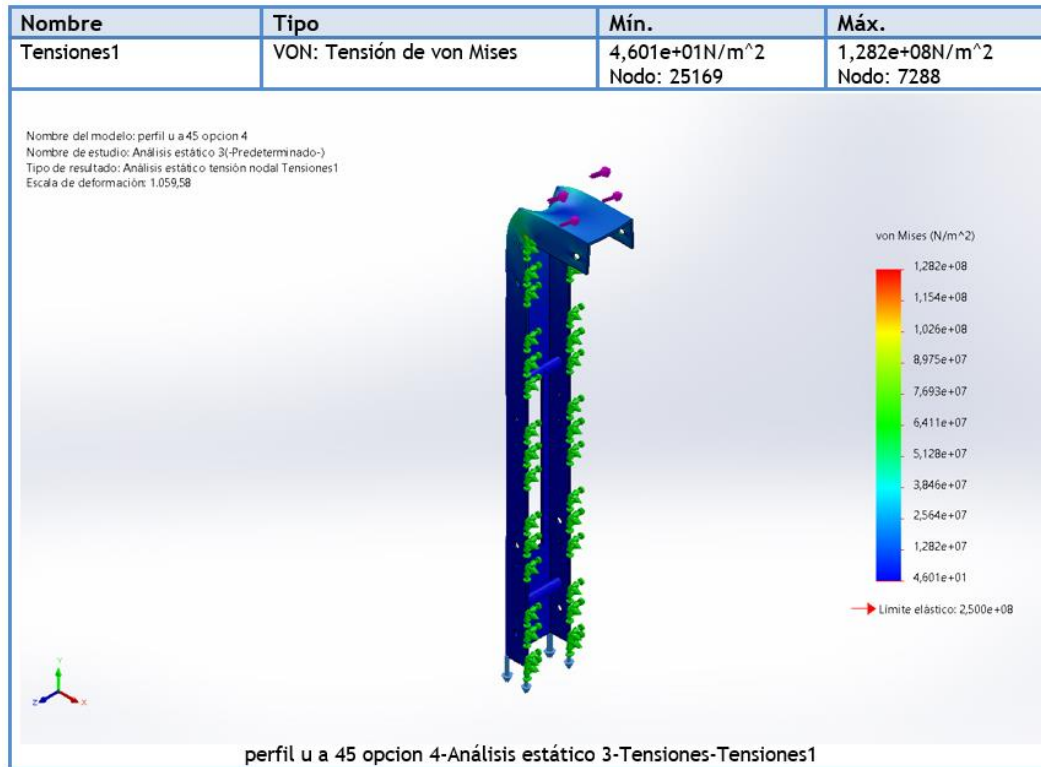


Figura 78. Tensión en el eslabón 3.

En la Figura 79 se constata la deformación existente en la simulación de la pieza, la misma que es menor a 1mm y no es considerada importante dentro de la pieza.

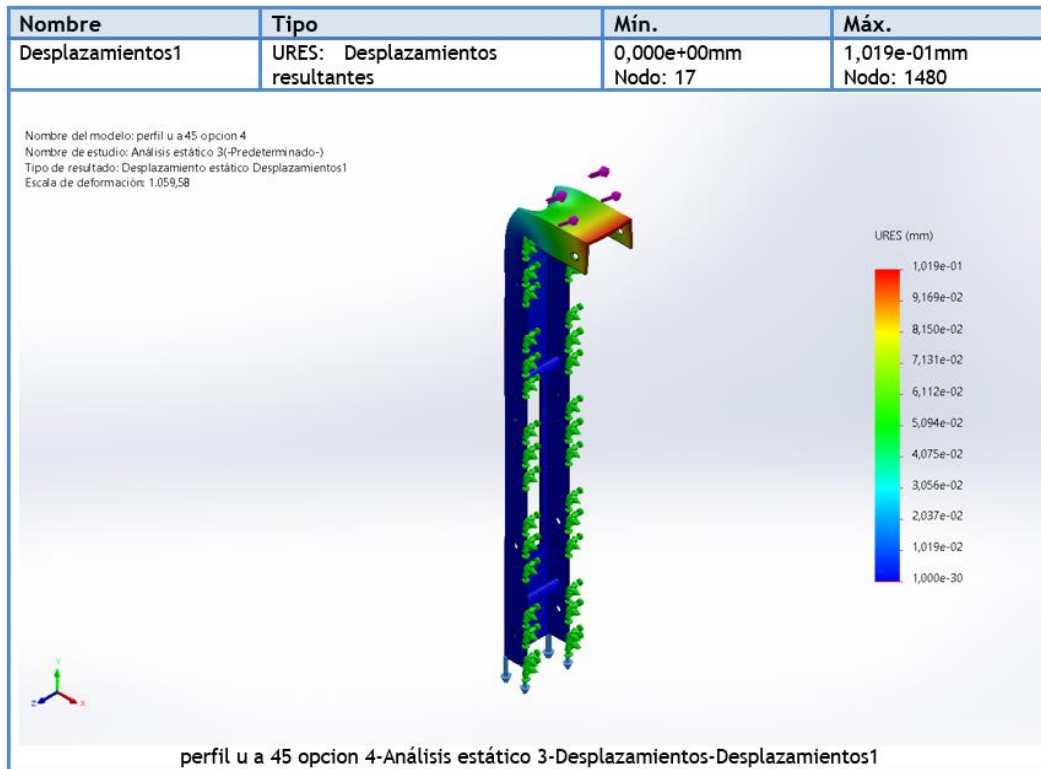


Figura 79. Deformación en el eslabón 3.

Con los resultados de la simulación, podemos concluir según la Figura 80 una hegemonía de color rojo sobre la estructura, equivalente a un factor de seguridad de 1.9 con los materiales especificados.

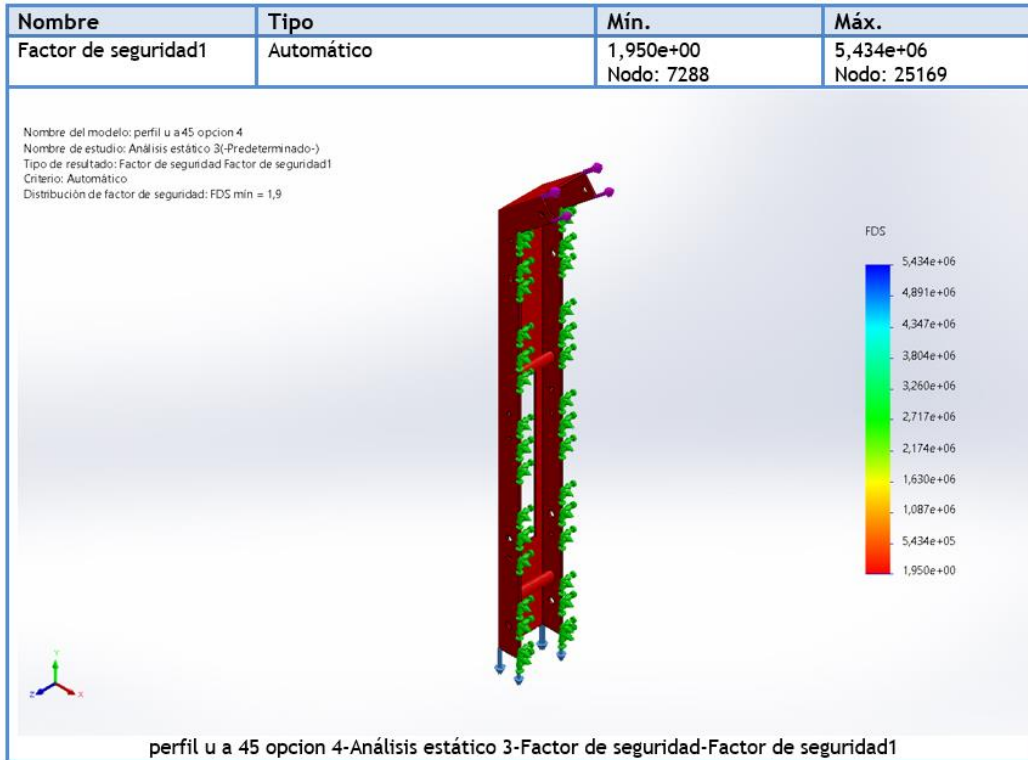
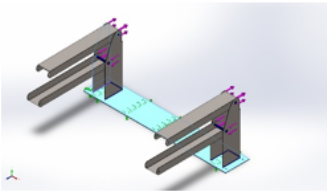
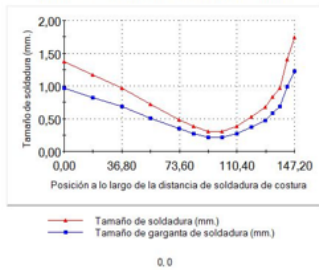


Figura 80. Factor de seguridad del eslabón 3.

3.3 Simulación estática Soportes verticales

Para esta simulación se procedió a incluir la soldadura de ambos soportes verticales hacia la placa base del equipo, obteniendo los datos mostrados en la Figura 81.

Conector de soldar por aristas

Referencia de modelo	Detalles del conector	Gráfico de tamaño de soldadura de arista
 <p>Conector de soldar por aristas-1</p>	<p>Tipo: Redondeo, de un único lado</p> <p>Estándar: Estándar norteamericano</p> <p>Factor de seguridad: 3</p> <p>Electrodo: E60</p> <p>Fuerza de soldadura: $2.73032e+08\text{N/m}^2$</p> <p>Tamaño de soldadura: 12mm</p> <p>Terminando pieza: vertical chapa metálica-1</p> <p>Pieza con relación de posición: base a carro-1</p>	<p>Trazado de tamaño de soldadura de arista</p>  <p>Tamaño de soldadura (mm)</p> <p>Tamaño de garganta de soldadura (mm)</p>

Fuerzas del conector

Tipo	Min.	Máx.	Media
Tamaño de soldadura (m)	0,00030841	0,0017363	0,00081487
Tamaño de garganta de soldadura (m)	0,00021808	0,0012277	0,0005762
Fuerza conjunta normal (N/m)	-59.247	82.413	286,88
Fuerza del eje de corte-soldadura (N/m)	-18.023	-4.538,8	-13.216
Fuerza normal de corte-superficie (N/m)	0	0	0
Momento flector (N.m/m)	-10,686	0,89962	-1,1764

Figura 81. Resultados conexión de soldadura simulada.

Entre estos resultados destaca el factor de seguridad de 3 en cada cordón realizado entre los dos elementos, usando un electrodo E60xx cómo se mencionó en el capítulo 2. De igual manera los resultados con los pasadores en cada junta como en la Figura 82.

Conector de pasador/perno/rodamiento

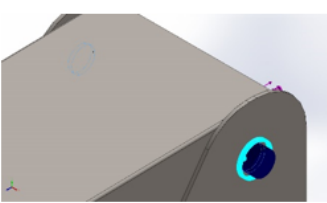
Referencia de modelo	Detalles del conector	Detalles de resistencia
 <p>Conector tipo Pasador-1</p>	<p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Tipo: Pasador</p> <p>Con anillo de retención (sin traslación): Sí</p> <p>Con clave (sin rotación): No</p> <p>Tipo de conexión: Distribuida</p> <p>Unidades: SI</p> <p>Valor de rigidez rotacional: 0</p>	<p>No hay datos</p>

Figura 82. Resultados conexión de pasadores.

Una vez definido los pasadores y la soldadura, se procede con los siguientes resultados de la estructura. Empezando por las tensiones existentes mostradas en la Figura 83.

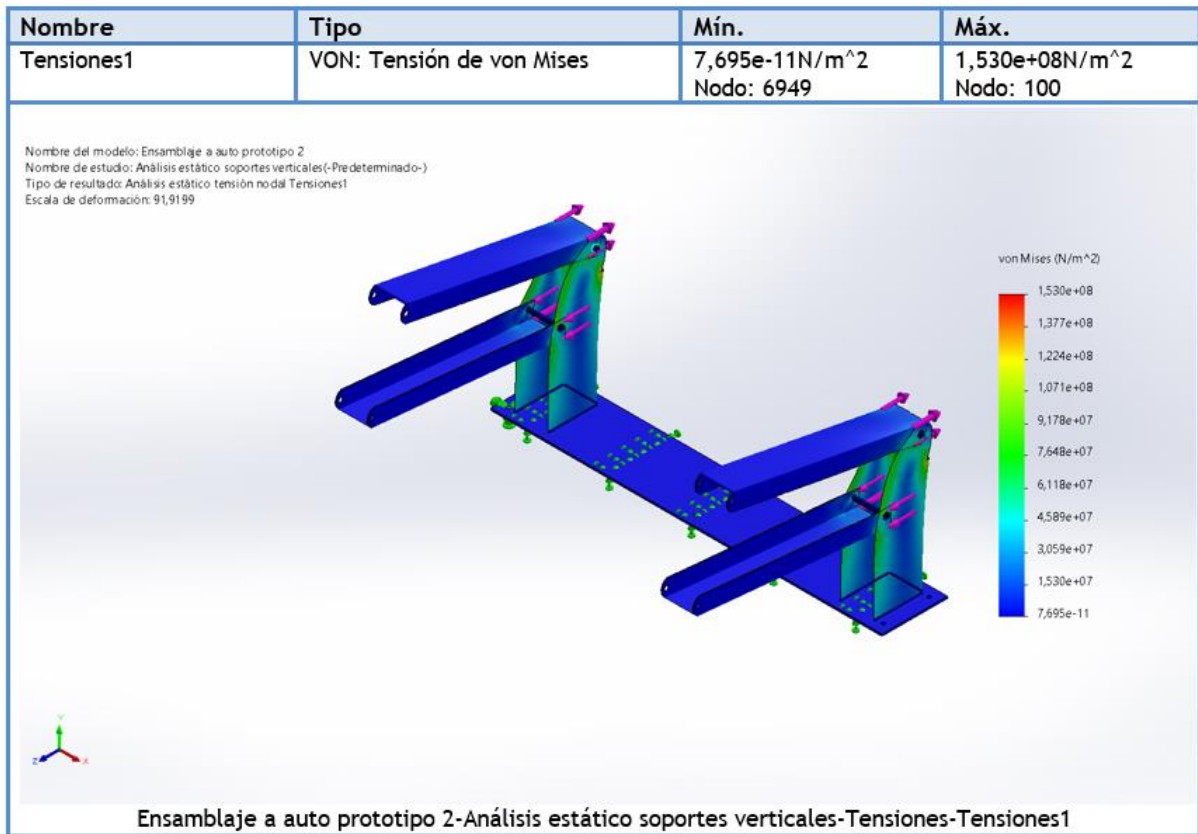


Figura 83. Tensiones en soportes verticales.

Se indica un esfuerzo máximo de 153 MPa en toda la estructura. Con este esfuerzo se muestra en la Figura 84 las deformaciones que existen en la estructura presente.

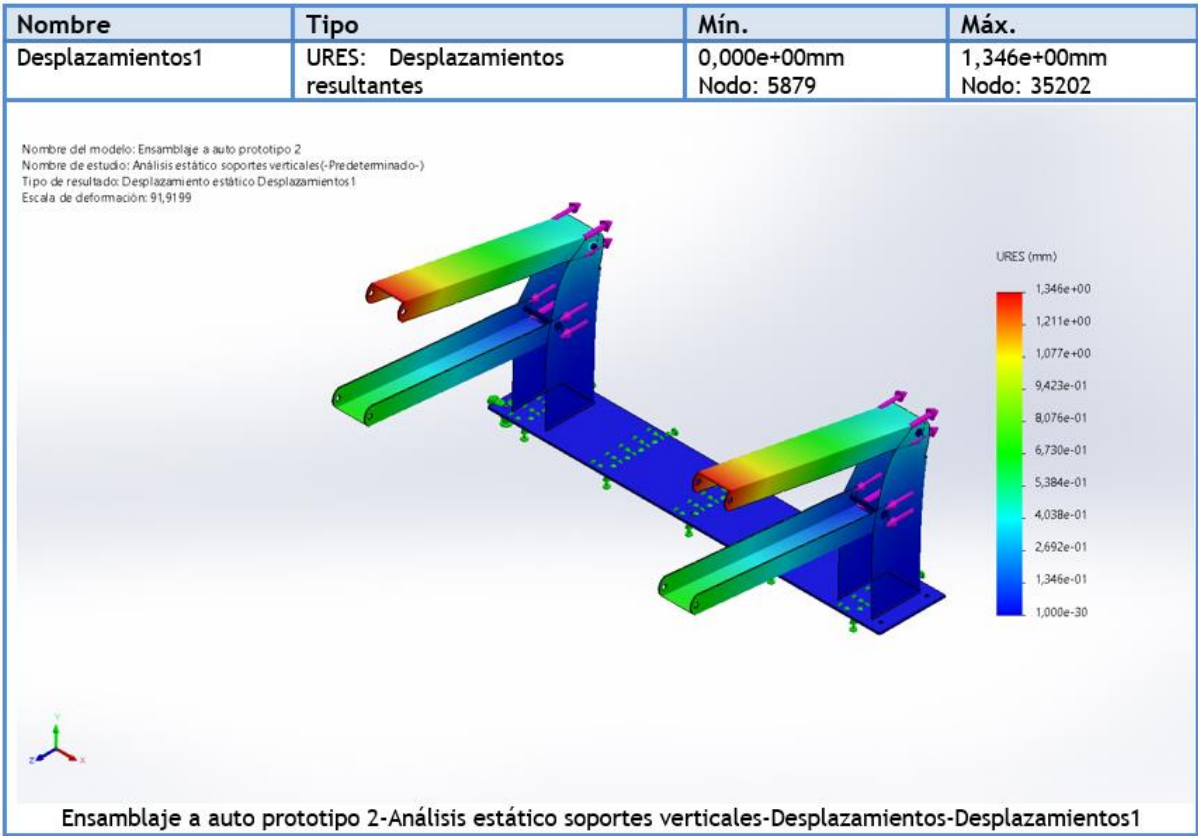


Figura 84. Deformaciones en soportes verticales.

En los estudios hechos por el software la deformación máxima que existe es de 1.35 mm que se muestra en la escala de colores de color rojo. Para su factor de seguridad, en la Figura 85 se calcula en base a todos los elementos simulados predominando el color rojo equivalente a 1.6 como resultado mínimo.

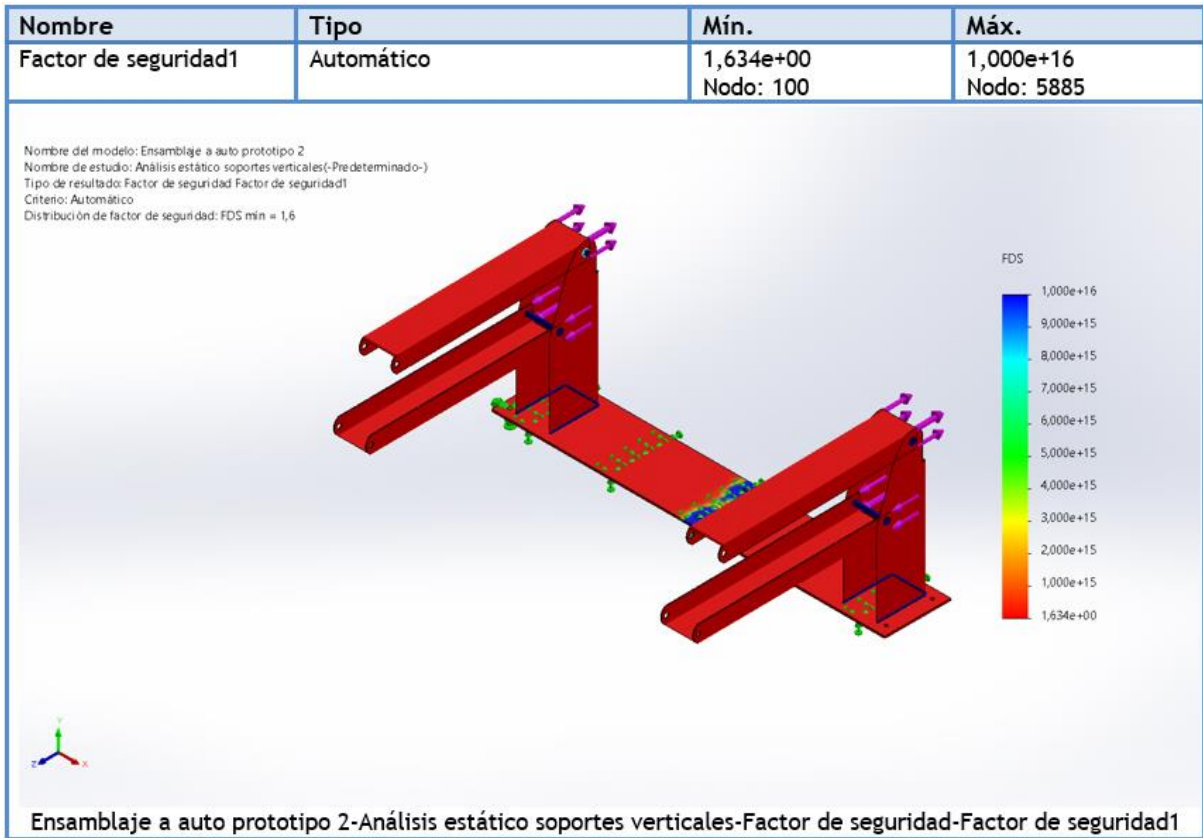


Figura 85. Factor de seguridad en soportes verticales.

3.4 Parámetros de simulación de movimiento

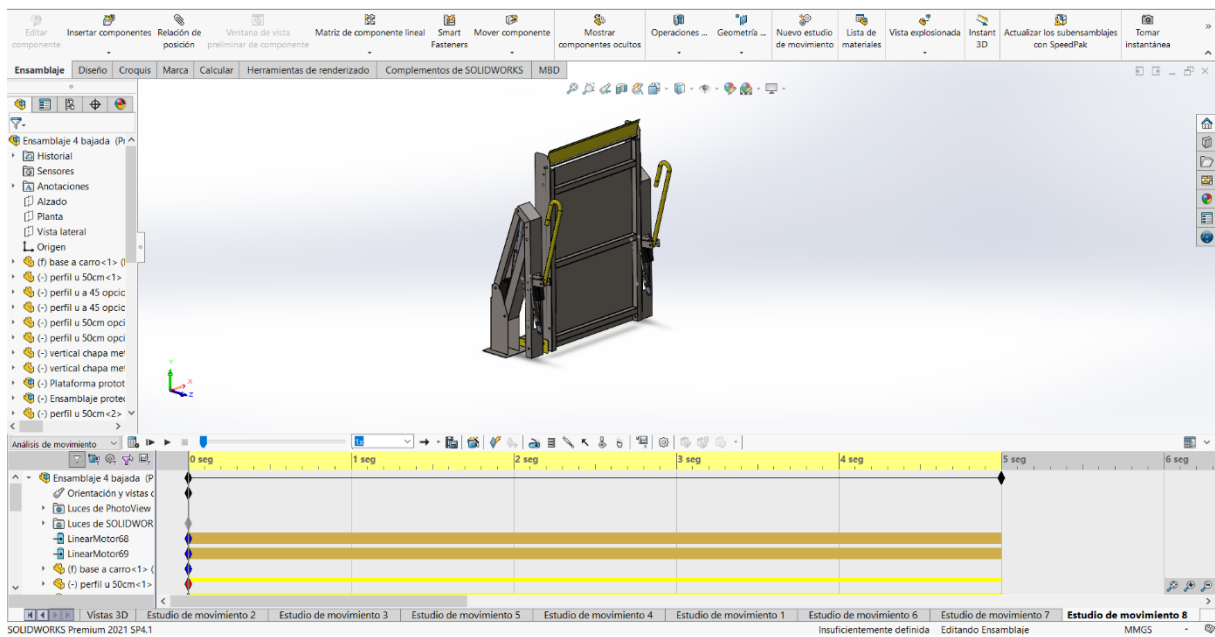


Figura 86. Movimiento incluidos en la animación de video.

Cómo se observa en la Figura 86 se agregó un movimiento lineal denominado en el software como LinealMotor 68 hacia la plataforma e manera que la plataforma se encuentre desplegada y tensionada por el mismo actuador eléctrico. En la Figura 87 se muestra la forma en que se encontrará la plataforma una vez desplegada antes de ser descendido hacia el suelo. En esta posición, el actuador tendrá que estar 170 mm desplegado desde su base.

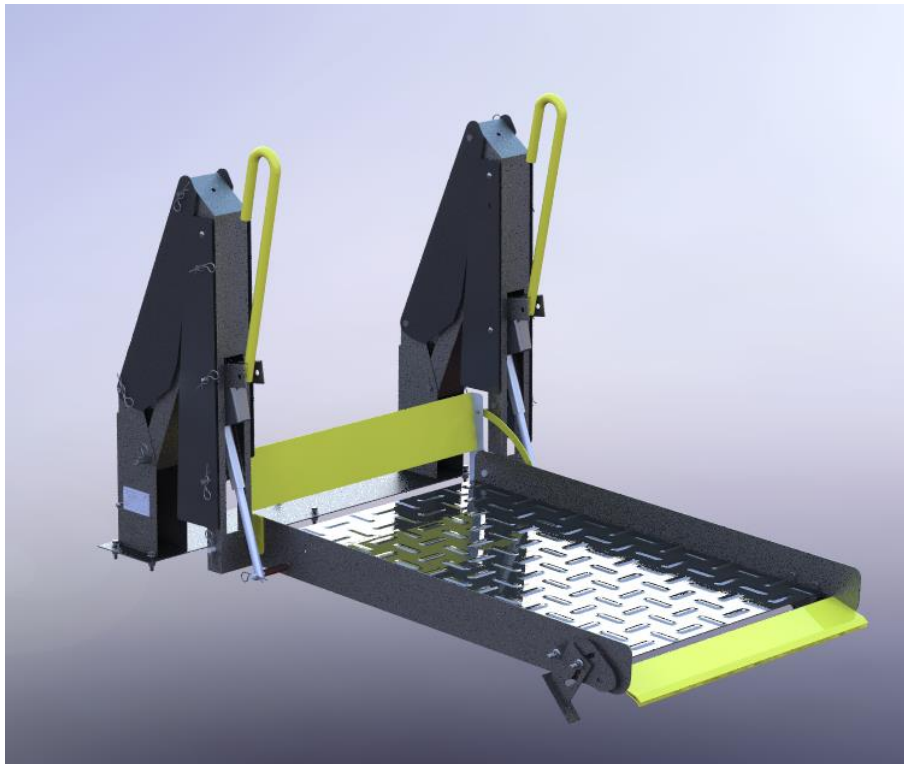


Figura 87. Posición inicial de despliegue.

Para el movimiento de la plataforma hacia el suelo se activa los actuadores lineales denominados en el software como LinealMotor69 para que el eje que se encuentra sujeto entre las juntas del movimiento a toda la plataforma, como el eje se encuentra extendido, en este caso se retraerá hasta una distancia de 37mm desde su base para alcanzar la altura desde el suelo. Esta altura máxima es de 710mm medidos desde la base instalada hasta el suelo, por lo que puede ser adaptada a diversos modelos de automóviles tipo Van.

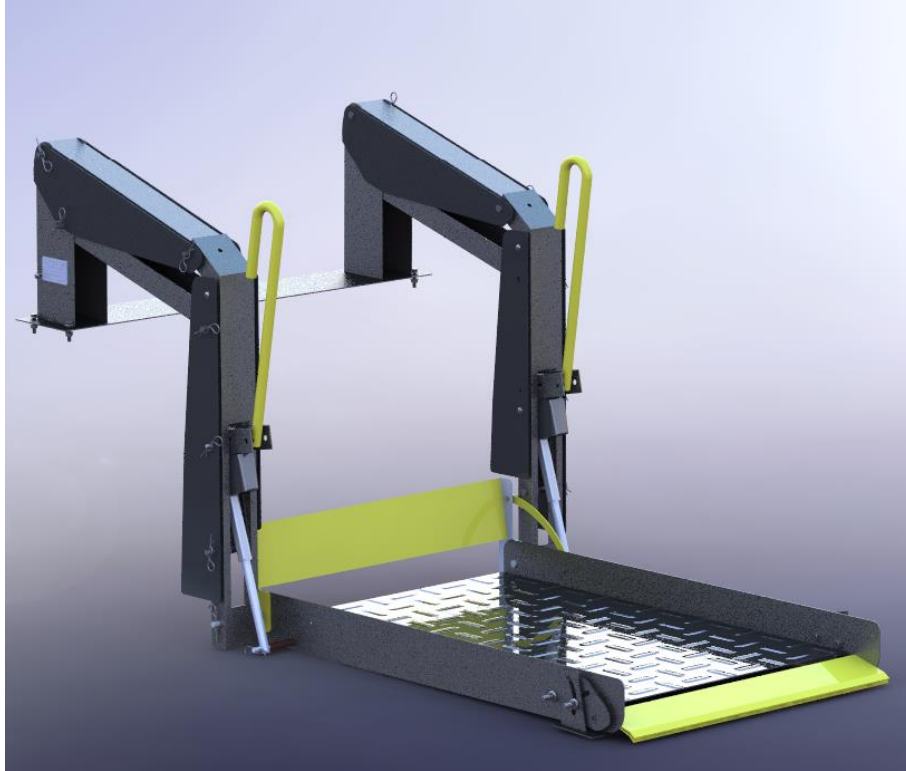


Figura 88. Posición final con el equipo desplegado.

En la Figura 88 se visualiza como se vería el equipo totalmente extendido a la altura máxima antes mencionada.

3.5 Pasos para conexión con Labview

Una vez listo nuestro ensamble se debe tener activado los complementos de Solidworks Motion y Solidworks Simulation como en la Figura 89, para que se active la opción de análisis de movimiento como en la Figura 90.

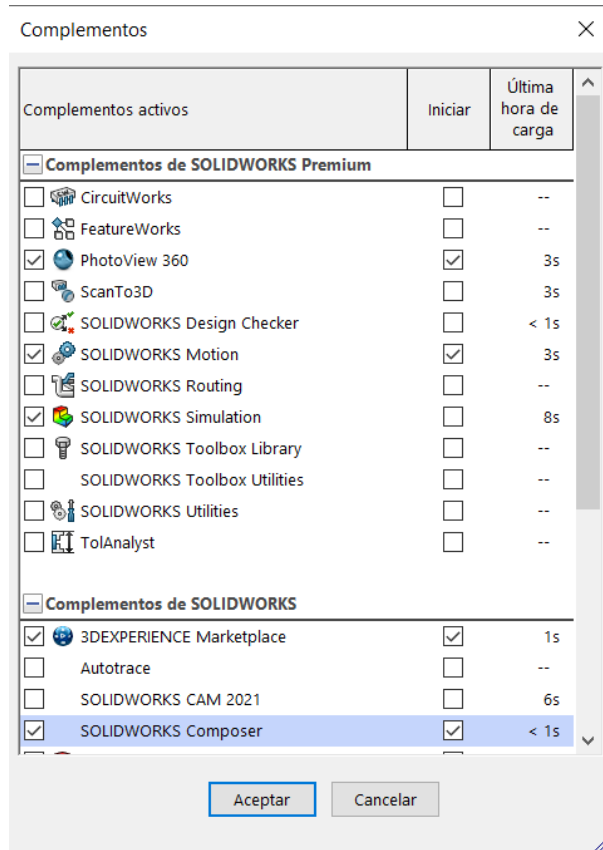


Figura 89. Complementos en Solidworks necesarios.

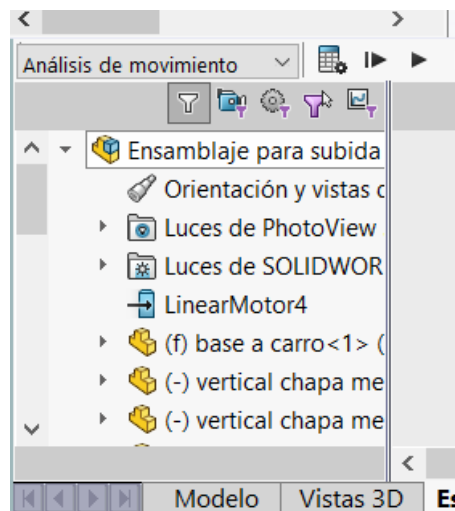


Figura 90. Pestaña análisis de movimiento.

Con estos parámetros listos, se crea un nuevo proyecto en blanco en Labview para poder incorporar el ensamblaje realizado, una vez se tenga el proyecto se crea un nuevo archivo denominado Solidworks Assembly para incorporar nuestro ensamblaje en el proyecto como

se muestra en la Figura 91. Además de encontrar la ruta del ensamblaje como en la Figura 92.

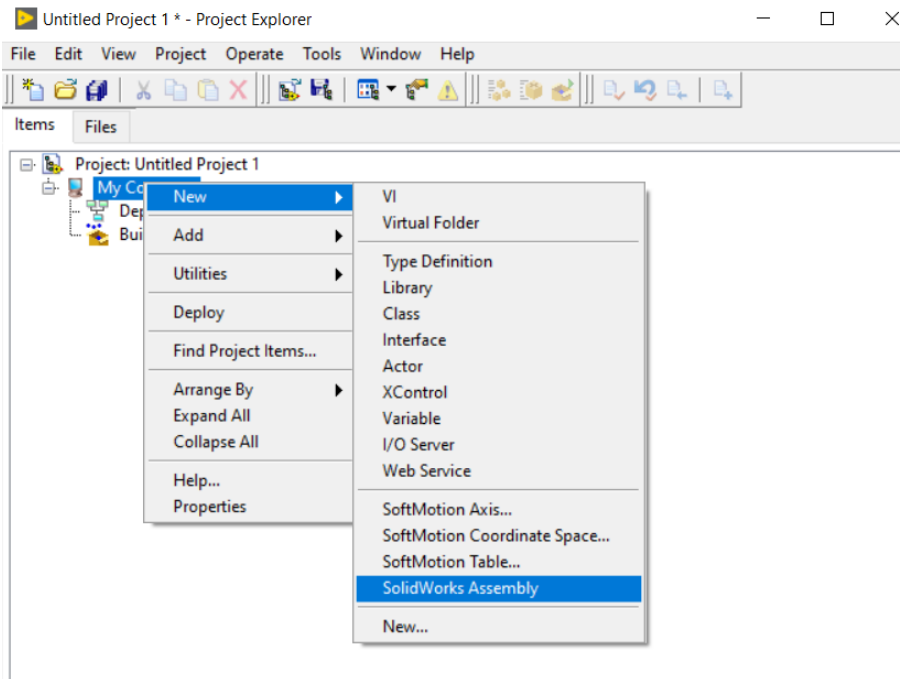


Figura 91. Como agregar el ensamblaje.

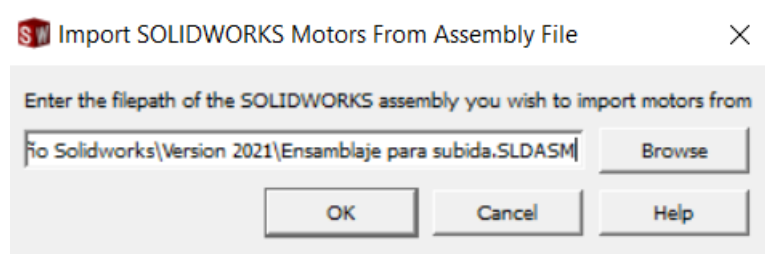


Figura 92. Ruta del documento.

Con el ensamble ya incluido, ahora es necesario agregar los ejes con los que fue realizada la simulación como en la Figura 93, siempre verificando que los nombres de los actuadores que se muestran en Solidworks sean los mismos que los que se muestran en los ejes agregados, caso contrario es necesario volver al principio a realizar nuevamente los pasos anteriores.

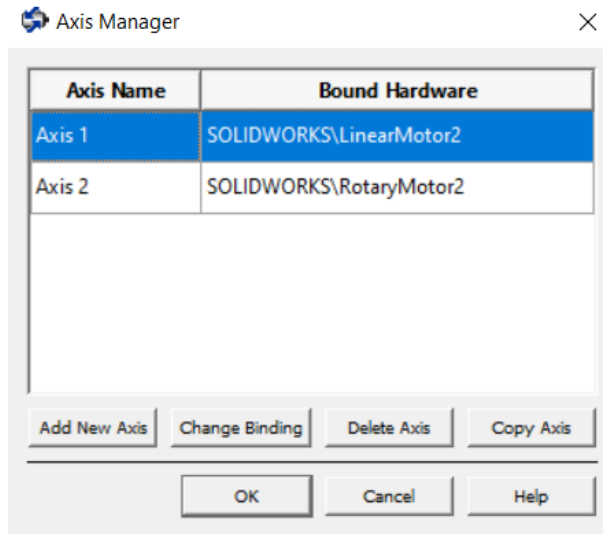


Figura 93. Agregar ejes de movimiento.

Una vez agregados los ejes tendremos que verificar algunas configuraciones para la simulación. Como por ejemplo en la Figura 94 debe estar activado en propiedades de la máquina de proyecto dentro de la pestaña Scan Engine la opción “Start Scan Engine on Deploy”

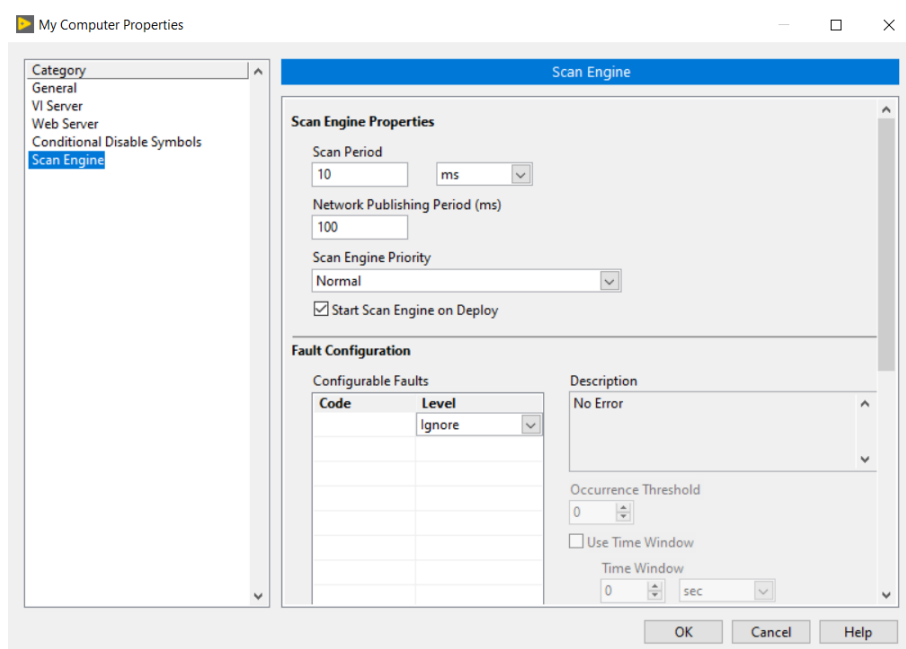


Figura 94. Configuración en máquina virtual.

Lo siguiente es en propiedades de los ejes, dentro de la pestaña General Settings debe encontrarse activado la casilla de “Enable Drive on Transition to Active Mode” como en la Figura 95.

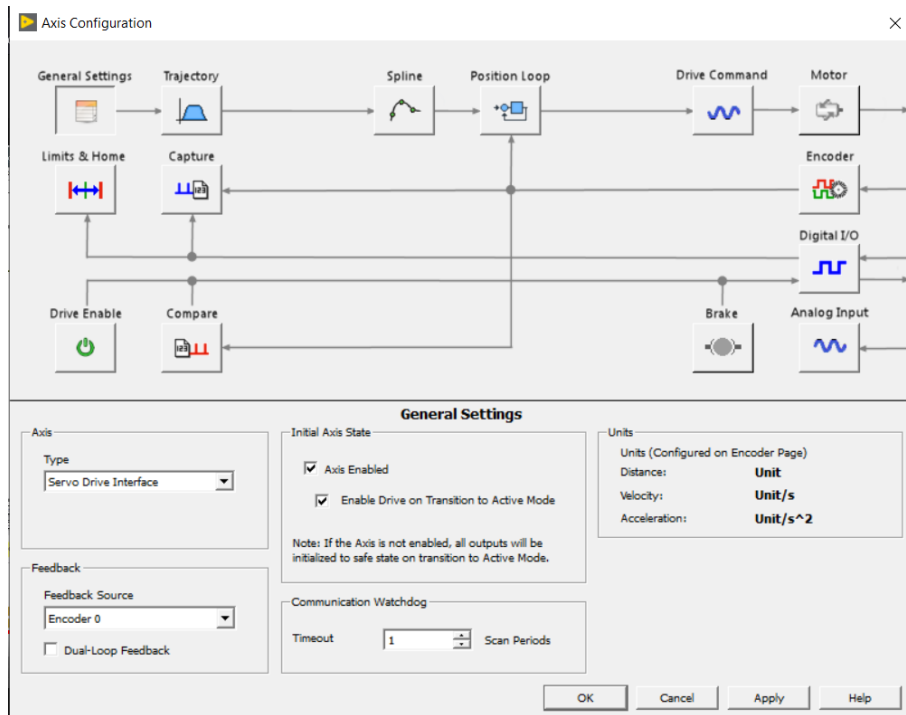


Figura 95. Configuración en ejes de movimiento.

Por último, dentro de las propiedades del ensamblaje se debe colocar en el recuadro de Maximum Step Size un valor de 0.001 como se muestra en la Figura 96.

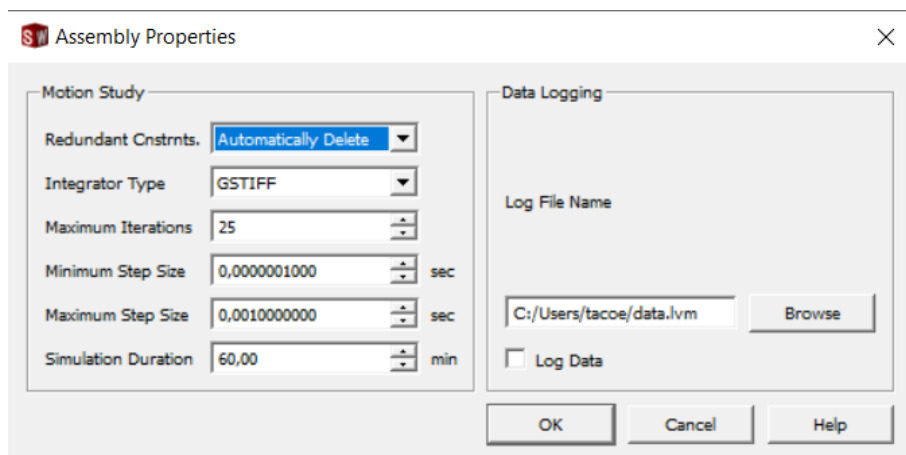


Figura 96. Configuración de ensamblaje importado.

Para poder empezar con la simulación, tendremos primero que sincronizar el ensamble dando click en el recuadro que se indica en la Figura 97.

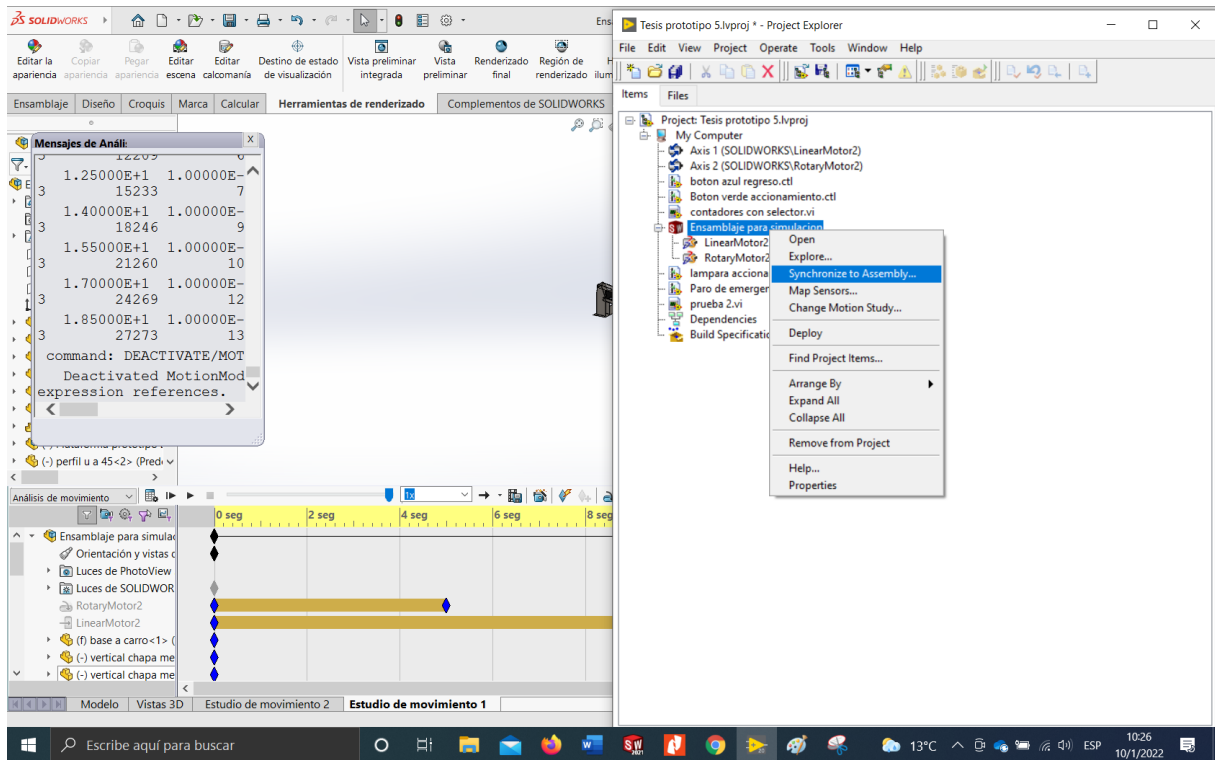


Figura 97. Sincronización de ensamble.

El siguiente paso es activar los elementos de la simulación, tendremos que seleccionar tanto los ejes como el ensamble como en la Figura 98 y dando click en Deploy para activarlos en el modelo.

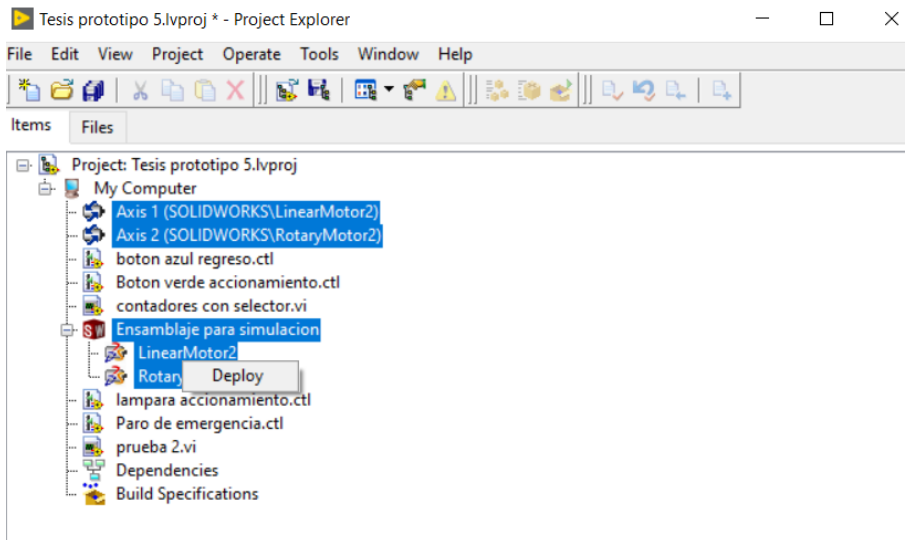


Figura 98. Activación de ejes.

Con estos pasos correctamente cumplidos, solo nos queda empezar la simulación en Solidworks como en la Figura 99 y empezar a correr el programa en Labview para controlar el movimiento de los mismos desde el programa ya realizado.

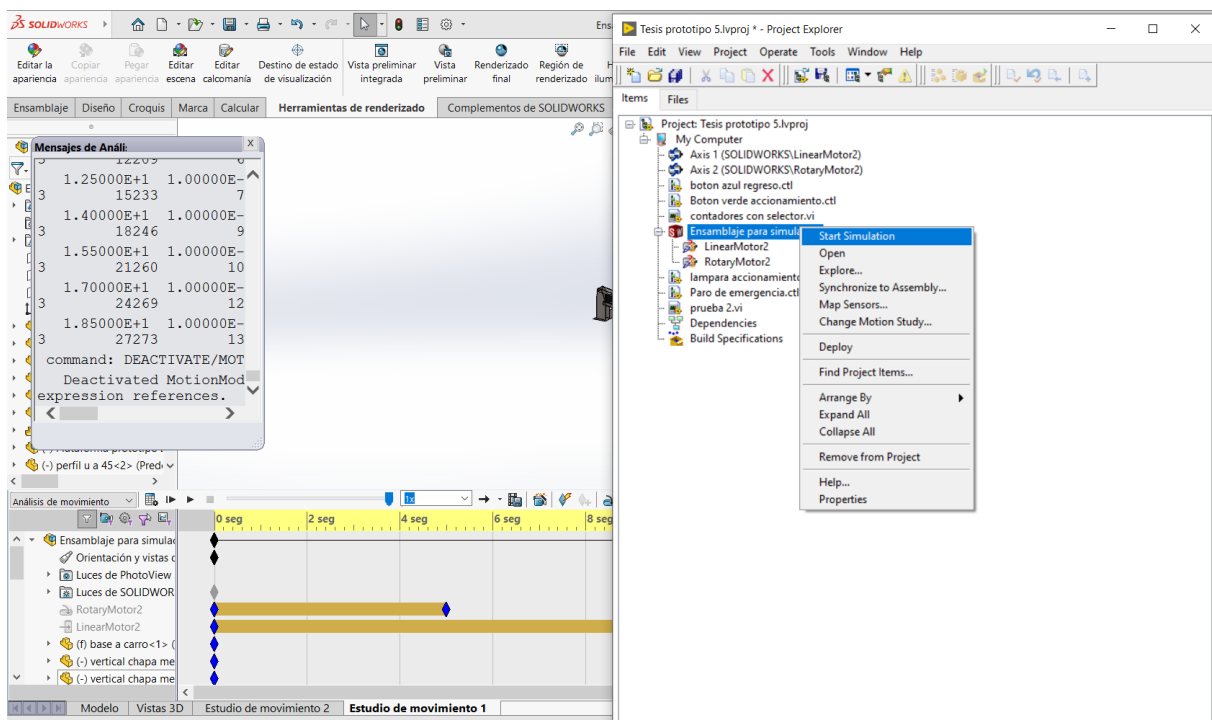


Figura 99. Inicio de simulación.

3.6 Validación de protocolos de diseño mecatrónico con norma VDI 2206

Esta metodología mecatrónica desarrollada por ingenieros alemanes es considerada adecuada para el desarrollo del presente sistema, esta normativa involucra la palabra mecatrónica como la interacción simultanea de varias disciplinas de la ingeniería, el modelo en V aplicado dentro de la normativa describe una secuencia de pasos para el desarrollo de sistemas mecatrónicos a partir de los requisitos del sistema. El diagrama en V del presente proyecto se encuentra en la Figura 100.

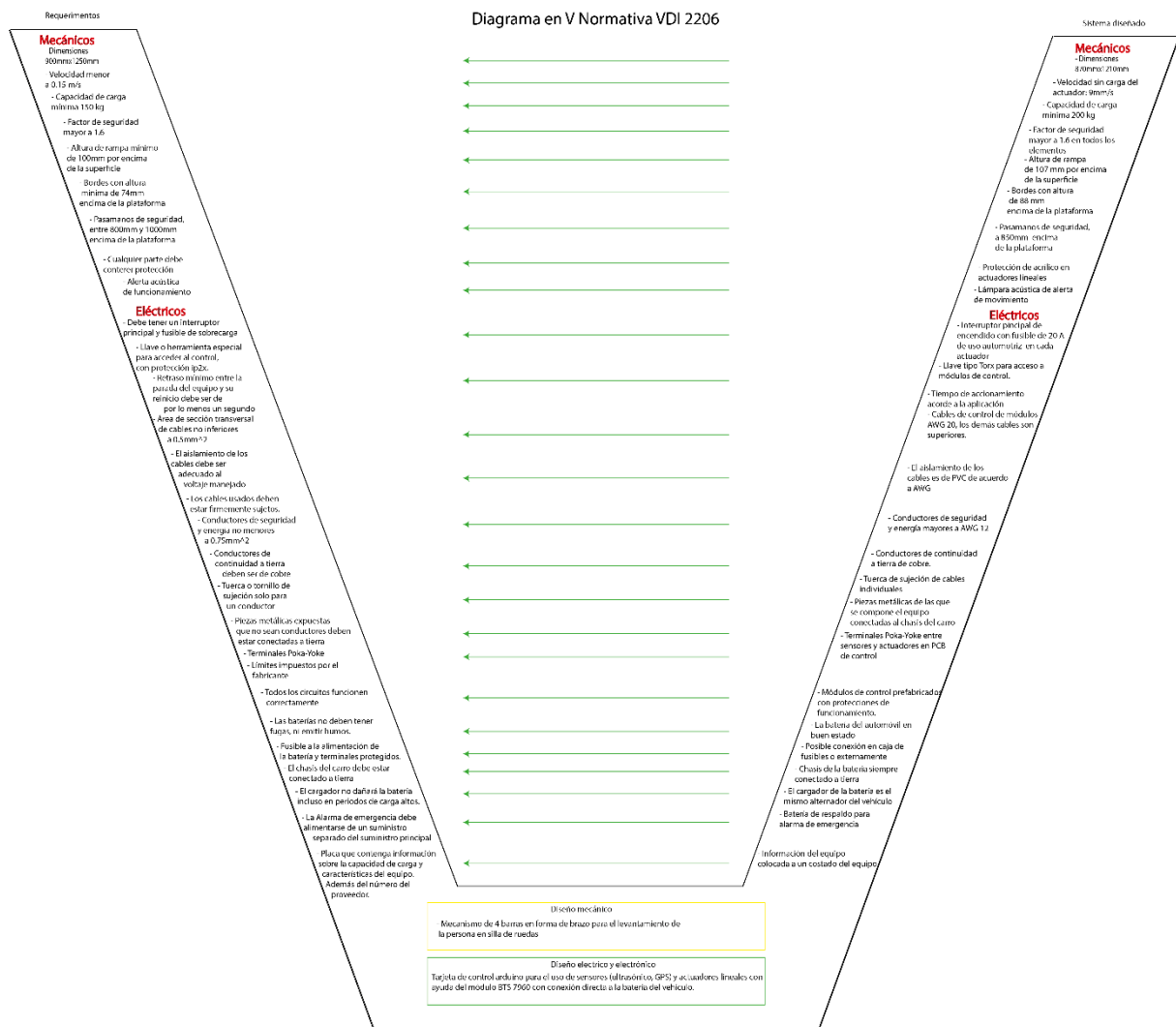


Figura 100. Diagrama en V.

3.7 Listado de materiales para una posible implementación

Tabla XIII

Materiales comerciales ferreteros.

Designación	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Perfil estructural U 100mm*50mm*3mm	1	39.6	39.6
Plancha antideslizante de aluminio 2mm espesor	1	82.53	82.53
Eje acero 304	1	18.61	18.61
Pasadores de chaveta Diámetro 14mm	1	7 (paquete de 50 unidades)	7
Eje Acero 1018 para pasadores	1	40.88	40.88
Plancha A36 3mm de espesor	1	97.03	97.03
Perfil cuadrado 40mm*40mm*2mm	1	26.25	26.25
Cable de acero	1	20	20
Total			331.09

Tabla XIV

Materiales comerciales plásticos.

Designación	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Plancha de acrílico 3mm	1	80	80
Total			80

Tabla XV

Materiales normalizados.

Designación	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Pernos M10x40 con bloqueo de pestaña y paso de 1.5	6	0.4	2.4
Tuercas M10 con bloqueo de pestaña y paso de 1.5	6	0.25	1.5
Pernos M8x1.25x55mm	4	0.4	1.6
Tuercas M8x1.25	4	0.25	1
Pernos M12x1.75	4	0.5	2
Tuercas M12x1.75	4	0.3	1.2
Tornillo cabeza en cruz M8x1.25x20mm	8	0.25	2
Total			11.7

Tabla XVI

Sistema eléctrico.

Designación	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Actuadores lineales	4	150	600
Interruptor central	1	10	10
Portafusible automotriz	5	3	15
Fusible 20A	4	0.2	0.8
Fusible 3A	1	0.2	0.2
LM2596	1	3	3
BTS7960	4	18	72
Sensor ultrasónico HC-SR04	2	3	6
Módulo GPS	1	13	13
Módulo Relé	1	3	3
Placa PCB	1	10	10
Arduino Mega 2560 Pro	1	17	17
Conectores Poka Yoke	11	0.1	1.1
Cable AWG 22 (m)	8	0.25	2
Cable AWG 14 (m)	5	0.4	2
Cable AWG 12 (m)	3	0.62	1.86
Sirena electroacústica	1	13	13
Batería 12V de respaldo de emergencia	1	20	20
Total			789.96

Tabla XVII

Costos de mecanizado de piezas.

Designación	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Cortes de plancha	2 horas	20	40
Dobleces	20	1.5	30
Perforaciones	65	0.5	32.5
Torneado de pasadores	18	5	90
Soldadura	1	120	120
Total			312.5

Tabla XVIII

Costos totales.

Designación	Precio (USD)
Materiales comerciales ferreteros	331.09
Materiales comerciales plásticos	80
Materiales normalizados	11.7
Sistema eléctrico	789.96
Mecanizado de piezas	312.5
Costo de ingeniería	305.05
Total	1830.3

3.8 Análisis económico: TIR y VAN

3.8.1 Valor actual neto (VAN)

La tasa de interés para un préstamo de consumo vigente desde el 1ro de Enero del 2022 es equivalente a 16.77%, por lo que se utiliza este valor para el cálculo.

Tabla XIX

Flujo de caja.

Periodo	Cantidad (USD)
0	-1830.3
1	520
2	1040
3	1560

Los datos de la tabla 15 fueron calculados a partir de que: en el primer año se realice 1 viaje por semana, durante todo el año. Asumiendo para el 2do y 3er año un aumento del doble de viajes semanales con respecto a su periodo anterior.

$$VAN = -1830.3 + \frac{520}{1 + 0.16} + \frac{1040}{1 + 0.16} + \frac{1560}{1 + 0.16}$$

$$VAN = \$ 859.35$$

3.8.2 Tasa interna de retorno (TIR)

Este elemento posibilita conocer a los desarrolladores del equipo e inversionistas determinar si la inversión en un negocio o empresa es viable. Es un porcentaje que mide la factibilidad del proyecto, calculando su rentabilidad y pagos de una inversión. Para este cálculo, se iguala el VAN a cero en forma de ecuación.

$$VAN = -1417.32 + \frac{520}{1+k} + \frac{1040}{(1+k)^2} + \frac{1560}{(1+k)^3} = 0$$

$$TIR = 0.27 * 100\%$$

$$TIR = 27\%$$

Con estos datos obtenidos podemos concluir que el proyecto es rentable con las probabilidades que fueron calculados.

3.9 Conclusiones y Recomendaciones

3.9.1 Conclusiones

- En el presente proyecto se realizó el diseño y simulación de un prototipo de elevador autónomo para personas con discapacidad física para su ingreso y transporte en un vehículo tipo Van capacidad de elevación máxima de 300 kg de acuerdo a parámetros establecidos..
- Los elementos mecánicos del equipo fueron seleccionados y diseñados a partir de la normativa ISO 9386 y tomando en cuenta también elementos normativos ecuatorianos INEN en materia de transporte público.
- Para una mejor visualización del movimiento del equipo se utilizó el software instrumental virtual Labview, el cual contribuyó a controlar diferentes variables con un grado de aproximación del 90% y accionamientos del equipo en combinación con Solidworks.
- Los elementos críticos del equipo, como las columnas o la plataforma. Fueron sometidas a un análisis estático dentro de Solidworks, en este fue posible configurar varios aspectos como soldaduras, pasadores, sujeciones y fuerzas con el cual se determinó un rango en deflexión entre 0.15 mm y 1.3 mm, el cual es aceptable en el diseño.
- La plataforma según su diseño tiene la capacidad extenderse a un máximo de 710 mm medidos desde la base de los brazos que estará sujeto al vehículo hasta el suelo de contacto con la plataforma.

- Finalmente, y con la ayuda de la norma VDI 2206 para diseño mecatrónico fue posible la comparación entre los diferentes requisitos que solicita la normativa ISO 9386 y las características técnicas con las cuales fue diseñado el equipo.

3.9.2 Recomendaciones

- Debido a las dimensiones extremas que se encuentran en el plano de conjunto es posible evidenciar el tamaño que necesitará la plataforma para poder ser instalada en los vehículos para los cuales fue diseñada, pero teniendo en cuenta que cada fabricante de vehículos tiene diferentes modelos y diseños de vehículos ésta no podrá ser instalada en versiones pequeñas de tipo Van, por lo que se podría plantear un diseño en el cual ocupe menor cantidad de espacio pero a su vez cumpla con todos los requisitos planteados.

- Se podrían plantear el uso de un control más preciso pero que tenga la capacidad de regular incluso la velocidad de activación y movimiento de los actuadores, tomando en cuenta una señal de realimentación cuando el equipo se encuentre con carga, y aun así manteniendo la misma velocidad de movimiento siempre respetando los valores impuestos por el fabricante.

- La construcción y desarrollo de este tipo de equipos dentro del país ha sido limitado, por lo que se podría evaluar la opción de incluirlos a un medio de transporte inclusivo para el grupo objetivo del presente proyecto.

Referencias

- [1] Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, «Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades,» 04 2021. [En línea]. Available: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>.
- [2] M. E. Cevallos Mena y J. L. Vizcaíno Pusdá, *Diseño y construcción de un sistema de acceso mecánico para personas en silla de ruedas a autobuses urbanos*, Ibarra, Imbabura, 2018.
- [3] Organización Panamericana de la Salud, «OPS,» [En línea]. Available: <https://www.paho.org/es/temas/discapacidad>. [Último acceso: 13 07 2021].
- [4] Servicio Ecuatoriano de Normalización, *Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico. Terminología. NTE INEN 2315:2018*, Quito, Pichincha: Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2018.
- [5] Registro Oficial, *Ley Orgánica de Discapacidades*, Quito, 2012.
- [6] S. Verswyvel, *Manual con las medidas básicas para la construcción accesible*.
- [7] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, *Norma Ecuatoriana de la Construcción Accesibilidad Universal NEC-HS-AU*, 2019.
- [8] Servicio Ecuatoriano De Normalización, *Accesibilidad de las personas al medio físico. Señalización. Requisitos y clasificación.*, Quito, 2015.
- [9] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico. Transporte. INEN 2292:2010*, Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010.

- [10] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Vehículos Automotores. Bus Urbano. Requisitos. NTE INEN 2205*, Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010.
- [11] International Organization for Standardization, ISO 9386-2, Ginebra: International Organization for Standardization, 2000.
- [12] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Edificación Accesibilidad del Entorno Construido (ISO 21542:2011, IDT),» de *Edificación Accesibilidad del Entorno Construido (ISO 21542:2011, IDT)*, Quito, Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014, p. 12.
- [13] J. Jimenez Santos, D. Briseño Arriaga y M. Perez Escartin, «Guía de Recomendaciones para el Transporte Accesible en el Sector Turístico,» p. 203, 2018.
- [14] Servicio Ecuatoriano de Normalización, *NTE INEN 2656 Clasificación Vehicular*, Quito, Pichincha: INEN, 2016.
- [15] Movilidad sin limites, «Movilidad sin limites. Elevador para sillas de ruedas Reliant,» [En línea]. Available: https://www.movilidadsinlimites.com/elevadores_vehiculos_reliant.php. [Último acceso: 24 10 2021].
- [16] Movilidad sin limites, «Movilidad sin limites. Elevador para sillas de ruedas KlearVue,» [En línea]. Available: https://www.movilidadsinlimites.com/elevadores_vehiculos_klearvue.php. [Último acceso: 24 10 2021].
- [17] J. F. Olmedo y J. F. Echeverría, *Máquinas y mecanismos, implementación con Wolfram Mathematica*, Quito: ESPE, 2018.
- [18] D. H. Myszka, *Máquinas y Mecanismos*, México: 2012, 2012.

- [19] Timotion, «Timotion,» [En línea]. Available: https://www.timotion.com/_upload/files/DataSheet_JP4-F_EN.pdf. [Último acceso: 24 10 2021].
- [20] Hydraser, «HydraSer Ingeniería en movimiento,» [En línea]. Available: <http://www.hydraser.com.ar/cilindros%20hidraulicos.html>. [Último acceso: 24 10 2021].
- [21] ASTM INTERNATIONAL, *Standard Specification for Carbon Structural Steel. Designation: A36/A36M -14*, West Conshohock: ASTM INTERNATIONAL, 2014.
- [22] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, México D.F.: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
- [23] LINAK, «LINAK-We improve your life,» 04 2019. [En línea]. Available: <https://cdn.linak.com/-/media/files/connection-diagrams/la33/actuator-with-ic-basic.pdf>. [Último acceso: 07 11 2021].
- [24] Arduino, «Arduino,» 05 02 2018. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Último acceso: 07 11 2021].
- [25] Arduino, «Arduino,» [En línea]. Available: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3/?selectedStore=us>. [Último acceso: 07 11 2021].
- [26] Infineon technologies, *BTS 7960 High Current PN Half Bridge*, Munich: Infineon Technologies, 2004.
- [27] Handson Technology, «Handsontec,» [En línea]. Available: <https://www.handsontec.com/dataspecs/module/BTS7960%20Motor%20Driver.pdf>. [Último acceso: 07 11 2021].

- [28] Schneider Electric, *Hoja de características del producto Caja 1 pulsadores emergencia nc*, 2021.
- [29] Schneider Electric, *Pulsador rasante verde na+nc*, 2021.
- [30] Alarmas acusticas y visuales, «Alarmas acusticas y visuales,» [En línea]. Available: <https://alarmasacusticas.com/7945vm-ecco-torreta-led-con-cable>. [Último acceso: 08 07 2021].
- [31] Import Aceros, «Import Aceros,» [En línea]. Available: <https://www.importaceros.com/ecuador-quito/tubo-cuadrado-estructural-y-grandes-dimensiones/>. [Último acceso: 13 11 2021].
- [32] R. Mott, *Resistencia de Materiales*, Ciudad de México: PEARSON EDUCACIÓN, 2009.
- [33] Instituto Chileno del Acero, *Manual de diseño para estructuras de Acero: Metodo de factores de carga y resistencia*, Santiago de Chile: Instituto Chileno del Acero, 2000.
- [34] Import Aceros, «Import Aceros,» [En línea]. Available: <https://www.importaceros.com/ecuador-quito/canales-u-acero/>. [Último acceso: 18 11 2021].
- [35] J. E. Shigley y C. R. Mischke, *Diseño en Ingeniería mecánica*, Ciudad de México: McGraw-Hill, 1990.
- [36] R. L. Norton, *Diseño de máquinas Un enfoque integrado*, Cuarta ed., México D.F: Pearson, 2011, p. 1014.
- [37] Import Aceros, «Import Aceros,» [En línea]. Available: <https://www.importaceros.com/ecuador-quito/tubo-redondo-mecanico/>. [Último acceso: 01 12 2021].

- [38] J. C. Gaguancela Sañaicela y S. R. Puente Castro, *Caracterización de partes reparaas de vehículos siniestrados*, Quito, 2016.
- [39] LINAK, *Actuator LA25*, LINAK, 2022.
- [40] LINAK, *Actuator LA25 Datasheet*.
- [41] LINAK, «LINAK,» [En línea]. Available: <https://www.linak-latinamerica.com/productos/actuadores-lineales/#/business-area:vehicles/application:vehicles-for-disabled>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [42] LINAK, «LINAK,» [En línea]. Available: <https://ipaper.ipapercms.dk/Linak/ENGLISH/USERMANUAL/techlinela33-actuatoruser-manualeng/>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [43] LINAK, «LINAK LA33,» [En línea]. Available: <https://www.linak-latinamerica.com/productos/actuadores-lineales/la33/>. [Último acceso: 20 12 2021].
- [44] LINAK, «LINAK LATINOAMERICA,» [En línea]. Available: <https://ipaper.ipapercms.dk/Linak/ENGLISH/USERMANUAL/techlinela33-actuatoruser-manualeng/?page=1>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [45] K. Ogata, *Ingeniería De Control Moderna*, Ciudad de México: Pearson, 1998.

ANEXO 1: Conexión de sensores

Conexiones con sensores ultrasónicos

El módulo tendrá que ser conectado como se muestra en la Figura 101 acoplándose a los conectores en la placa PCB.

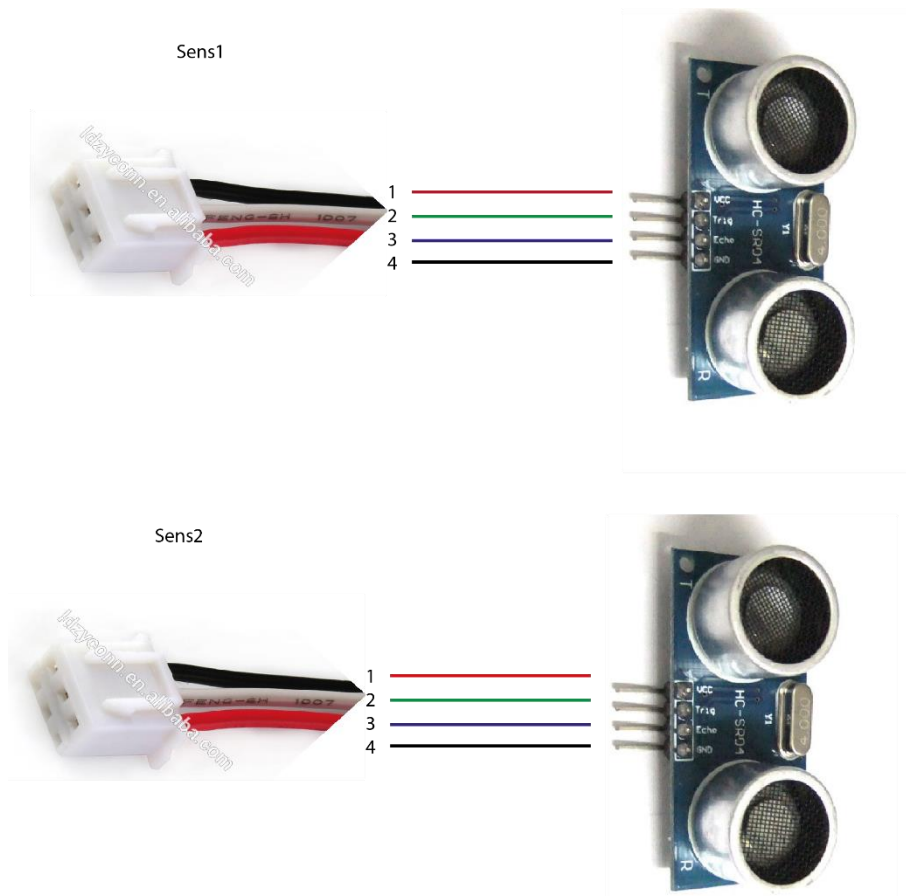


Figura 101. Conexión con sensores ultrasónicos.

Conexiones con GPS

El módulo tendrá que ser conectado como se muestra en la Figura 102, acoplándose a los conectores en la placa PCB.

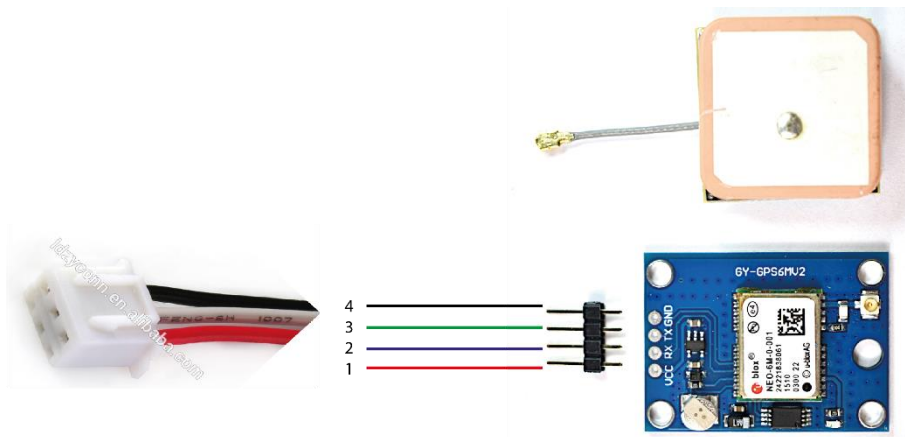


Figura 102. Conexión con módulo BTS 7960.

Conexiones con módulo Relé para lámpara acústica

El módulo tendrá que ser conectado como se muestra en la Figura 103, acoplándose a los conectores en la placa PCB.

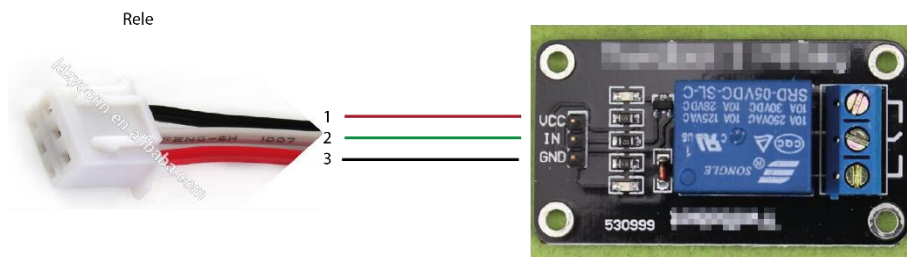


Figura 103. Conexión con módulo Relé.

ANEXO 2: Información del equipo

En la Figura 104 se tiene la información importante para el usuario del equipo, esta placa de información tendrá que estar sujeta a la parte lateral del equipo en un lugar donde no obstaculice el movimiento del mismo.

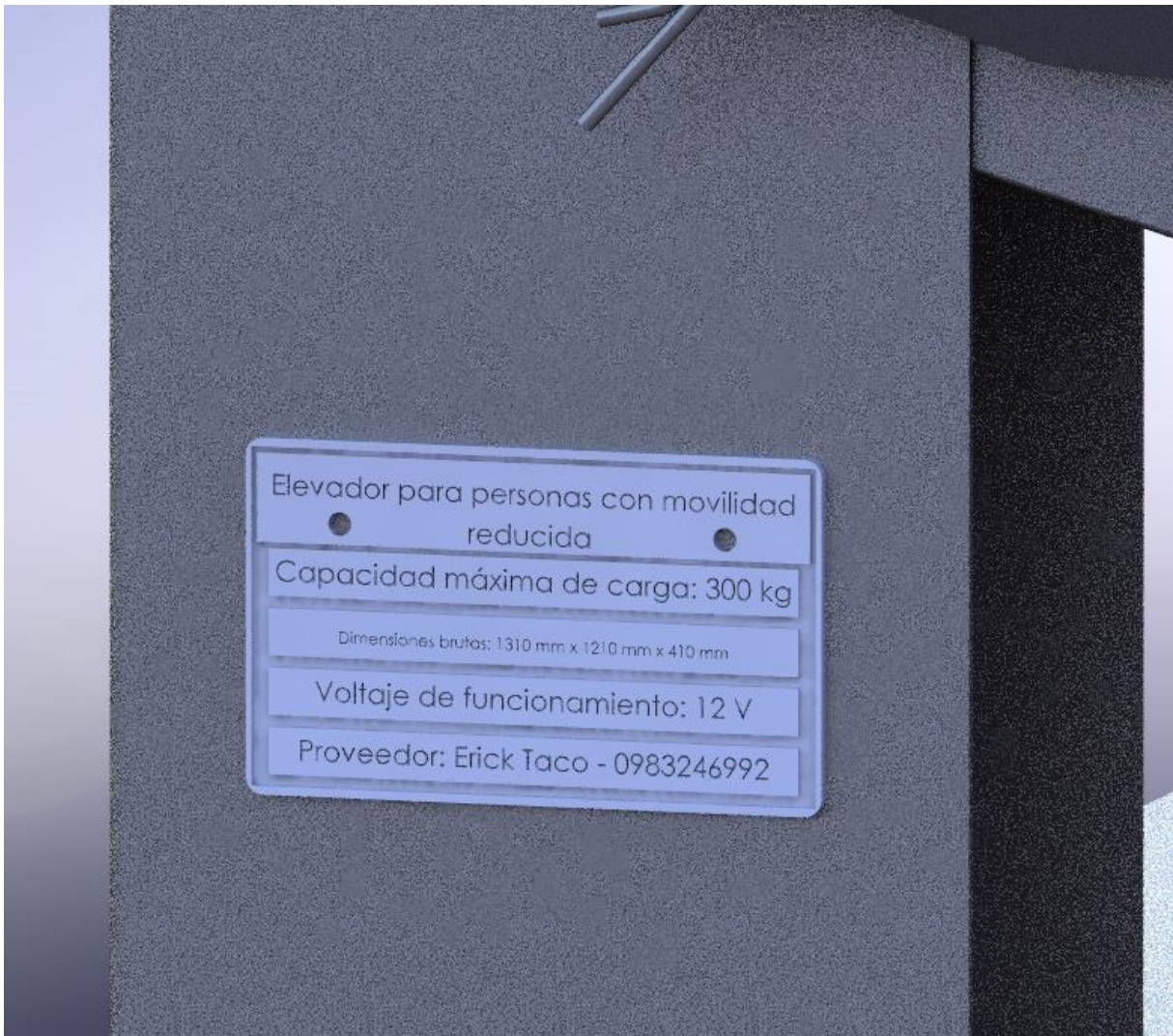


Figura 104. Placa de información colocada a un costado del equipo.

ANEXO 3: Batería de respaldo

Para este respaldo de energía se realizó un circuito simulando un juego de relés, en los que cuando uno se desactiva, se activa el otro y viceversa. Teniendo en cuenta la posición inicial como en la Figura 105 y simulando un corte de energía en forma de switch en la Figura 106.

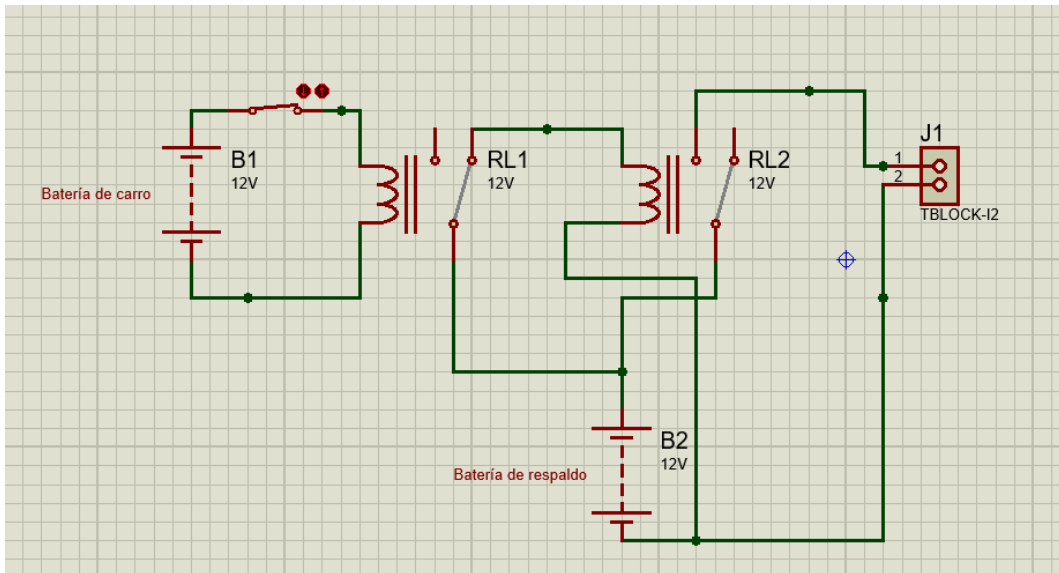


Figura 105. Posición inicial del circuito.

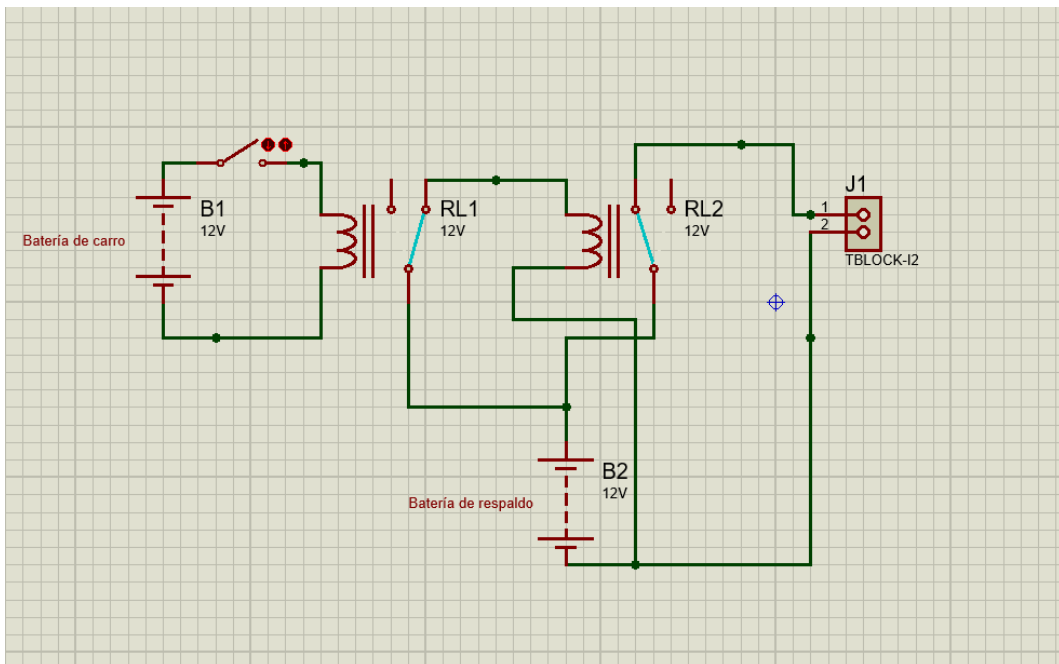
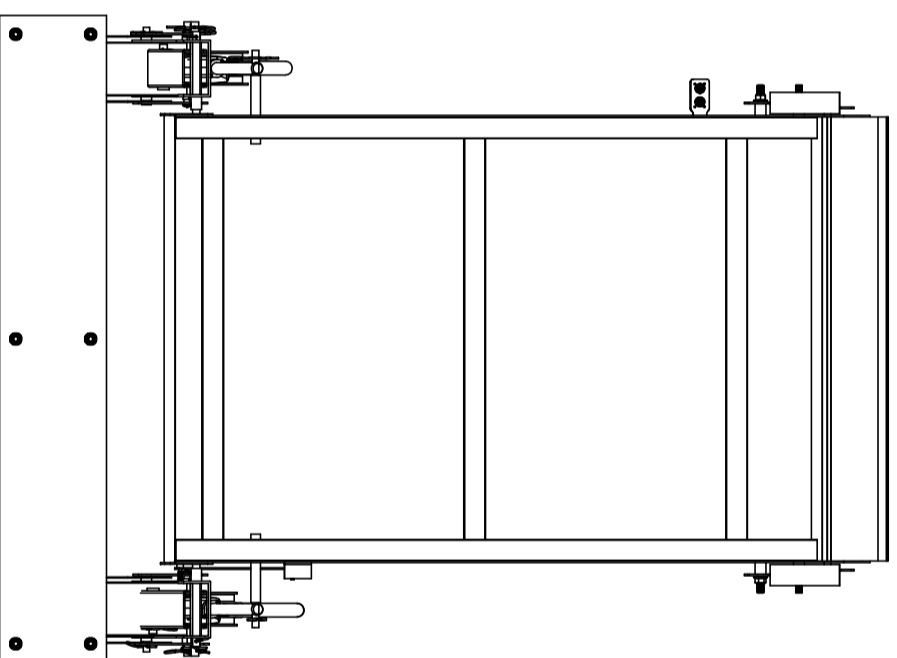
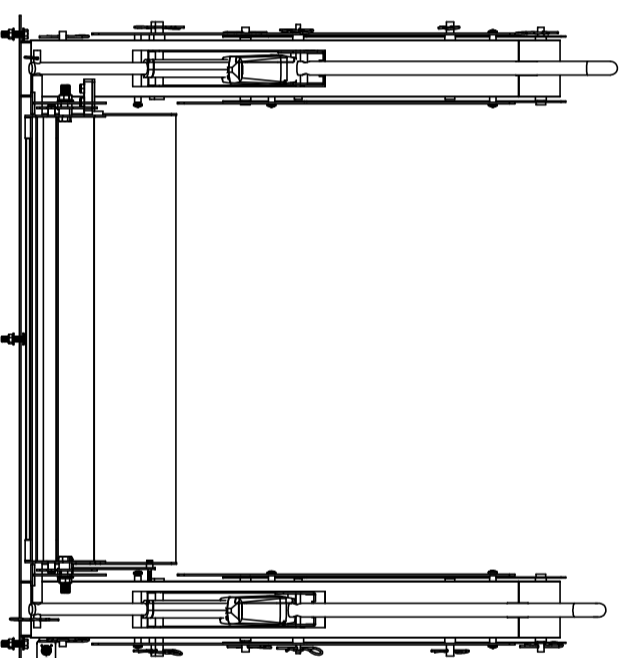
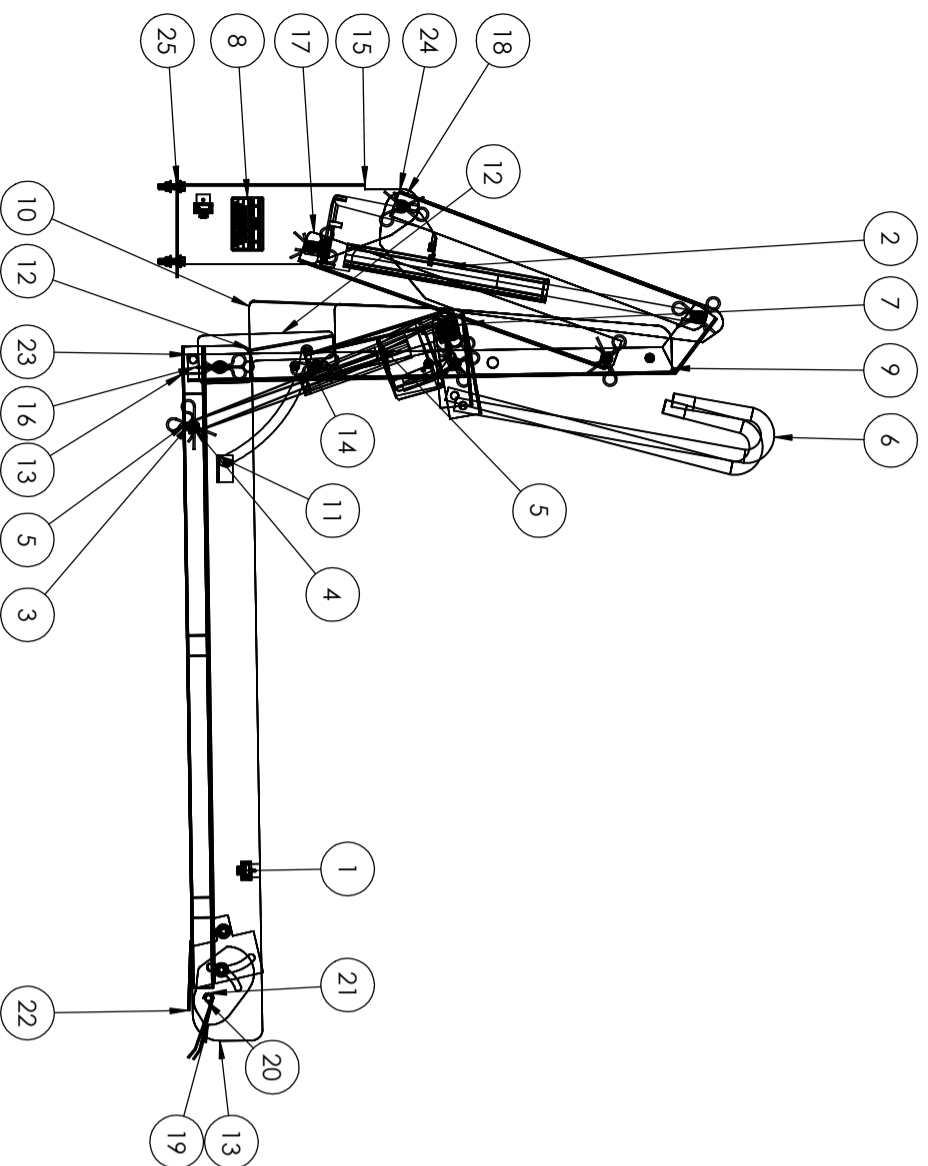


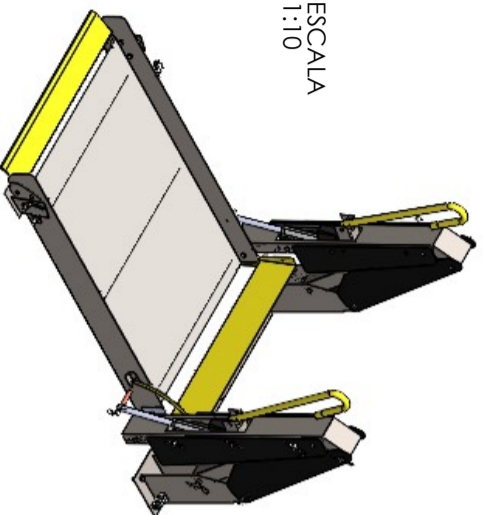
Figura 106. Posición 2 de circuito.

DIMENSIONES EXTREMAS

LARGO	ANCHO	ESPESOR
1310 mm	1210 mm	410 mm

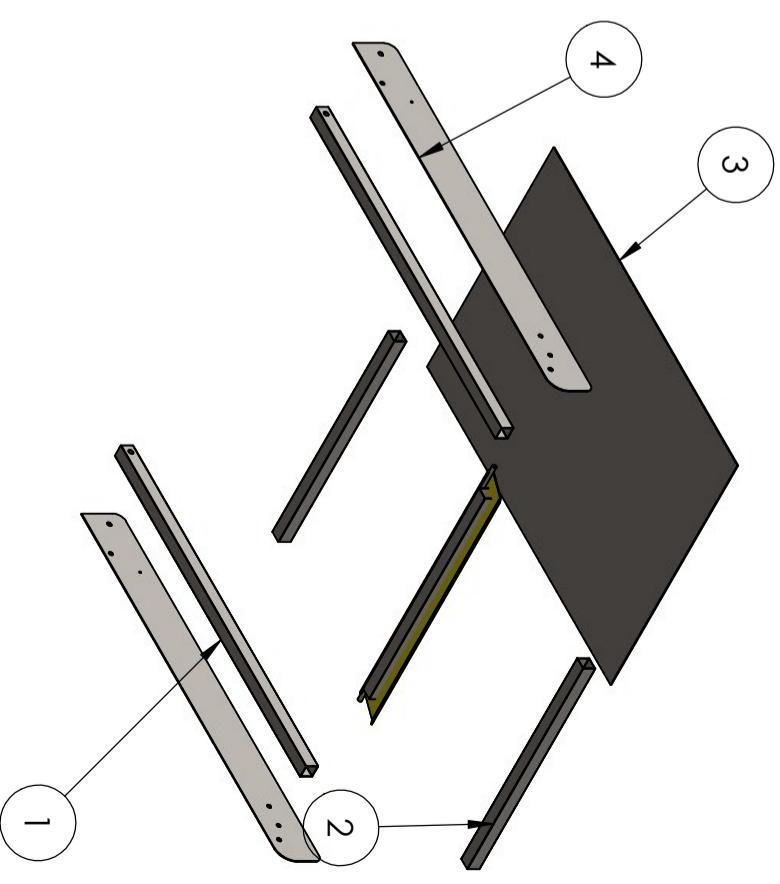
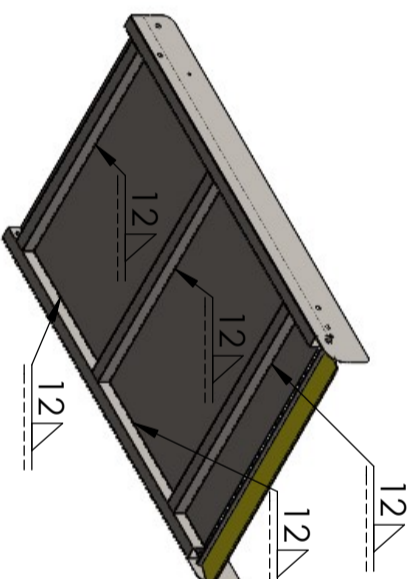
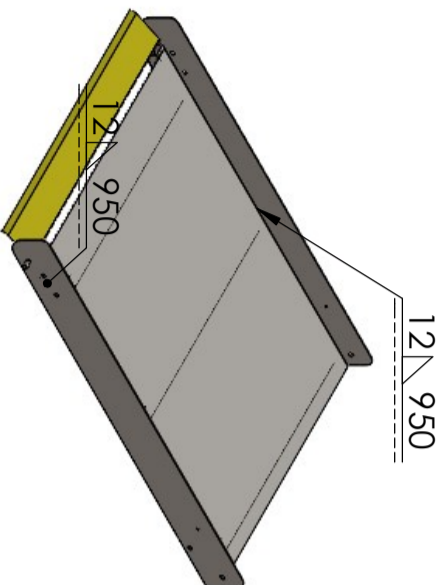
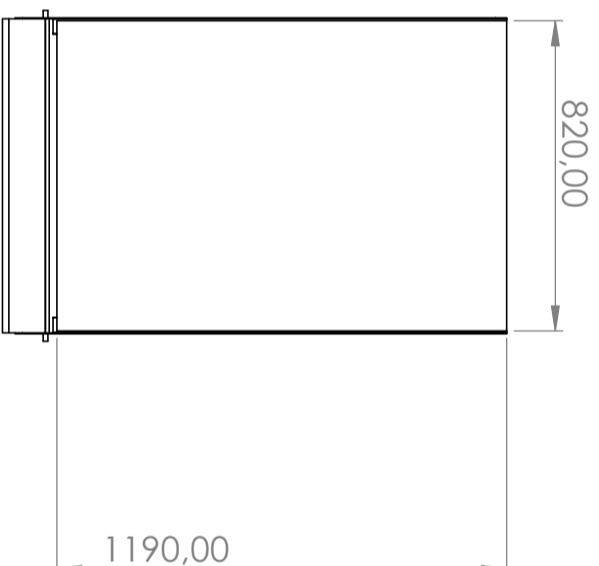
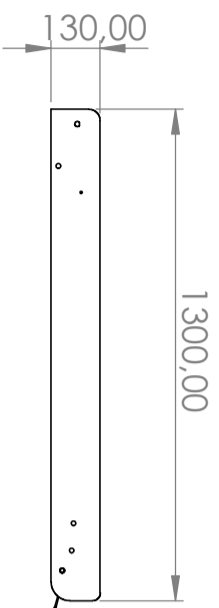


ESCALA
1:10



Zonf.	N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
11E	25	base a carro	Placa A36 1200mm*200mm*3mm	1
11F	24	perfil u 50cm	10.3349.00.01.01	2
11E	23	perfil u q 45 opcion 4	10.3349.00.01.04	2
8E	22	lateral fuerza	A36	2
8F	21	Plancha	A36	1
8E	20	Eje rotacion	AISI 1018	1
8E	19	lateral ranura 2	A36	2
11F	18	protector lateral 2 dentro	Acrílico	4
11F	17	perfil u 50cm opcion 2	10.3349.00.01.02	2
11E	16	pasador de chaveta	Pasador normalizado para 14mm	15
11F	15	vertical chapa metálica	10.3349.00.01.03	2
10F	14	lateral frente chapa metálica	10.3349.00.01.06	2
11E	13	plataforma prototipo 2	10.3349.00.01	1
11F	12	Ensamblaje protector delantero	Protector delantero de seguridad	1
10F	11	soposte de puerta delantera	A36	1
11F	10	protector lateral de acrílico 2	Acrílico	2
11G	9	protector lateral de acrílico por dentro 3	Acrílico	2
11F	8	Chapa de información	A36	1
11F	7	chapa metálica de sujecion	10.3349.00.01.07	2
10G	6	soposte brazos sujecion	10.3349.00.01.05	2
11F	5	Ensamblaje con solido	LINAK LA25 2506020000A0A0A=31A0002000 310_(200_0_0)	2
10E	4	pasador para actuador 2	Pasador 12 mm	2
10E	3	buje de cobre	Cobre	2
11F	2	Ensamblaje e motor	LINAK LA33 3315030000A0A0A=11A0003000 4600	1
9F	1	Ensamblaje de sensor con cdja	Sensor ultrasonico	2
ZONF.	N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

Epesor:	NA	Materia:	A36	Dm. bujass:	NA
Recubrimiento:	Pintura electrolítica				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRONICA		URB		Diseño: Taco Erick 2022-01-13	
Plano de conjunto		Escala: 1:20		Revisó: Ing. Paticio Quiroga MSC. 2022-01-14	
		Código: 10.3349.00		Tol. Gral: ±0.1	



N.º DE ELEMENTO	TAMAÑO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	MATERIAL DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	12	∇	38	E6013	11
2	12	∇	1190	E6013	2
3	12	∇	750	E6013	6
4	12	∇	950	E6013	2

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	base plataforma 1200 mm	Perfil cuadrado 40mm*40mm*2mm	2
2	base plataforma 800 mm	Perfil cuadrado 40mm*40mm*2mm	3
3	Suelo antideslizante	Aluminio 2mm antideslizante	1
4	Laterales	Plancha A36	2
5	Eje rotacion	AISI 1018	1
6	Plancha	A36	1

Espeesor:	NA	Materia:	A36	Dim. brutos:	NA
Recubrimiento:	Pintura electrostática				

CARRERA DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA



Diseño:	Taco Erick	2022-01-13
Dibujó:	Taco Erick	2022-01-13
Revisó:	Ing. Patricia Quiñaquez MSc.	2022-01-14

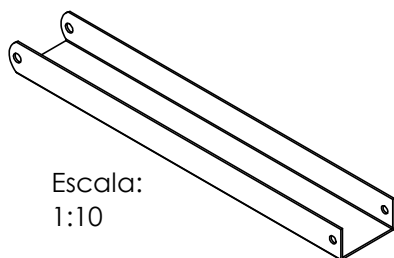
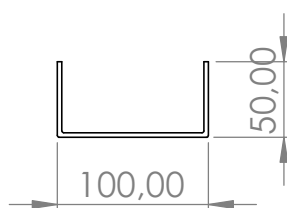
Plano de plataforma


Escala:
1:20

Código: 10.3349.00.01

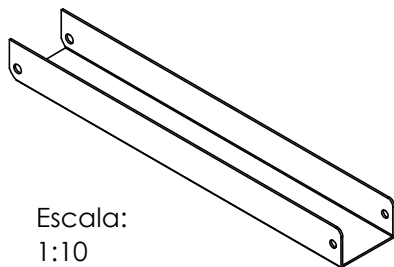
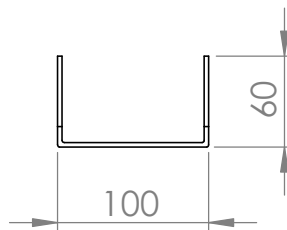
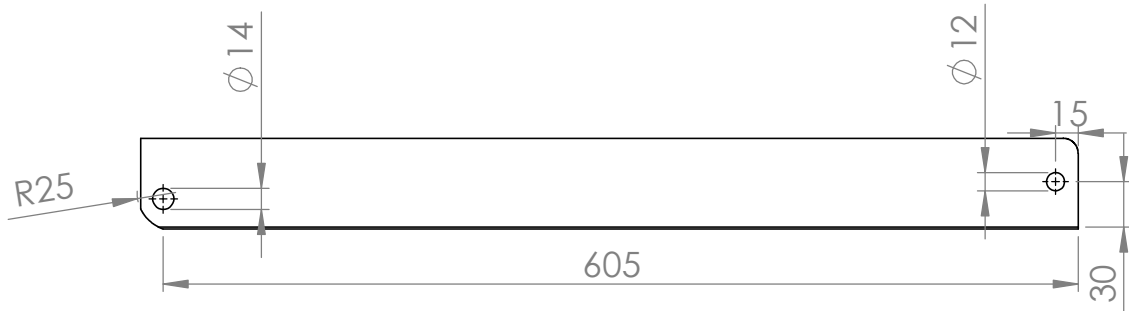
Tol. Gral.: ± 0,1

✓ N11




Espeor:	3 mm	Material:	A36	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	Pintura electrostática				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Taco Erick	2022-01-13	
		Dibujó:	Taco Erick	2022-01-13	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2022-01-14	
Plano de perfil N1	Escala: 1:5	Código:	10.3349.00.01.01	Tol. Gral.:	± 0.1

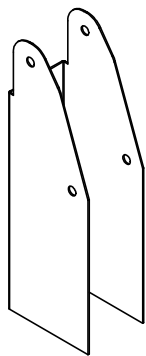
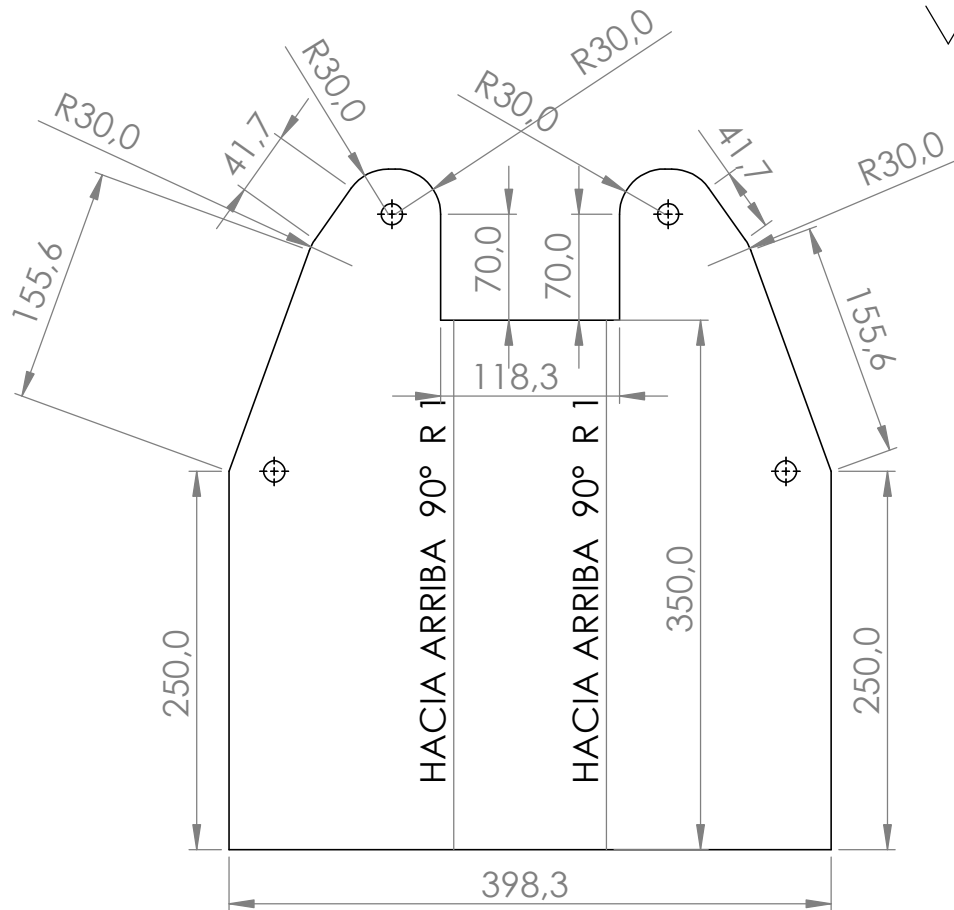
✓ N11




Escala:
1:10

Espeor:	3 mm	Material:	A36	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	Pintura electrostática				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Taco Erick	2022-01-13	
		Dibujó:	Taco Erick	2022-01-13	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2022-01-14	
Plano de perfil N2	Escala: 1:5	Código:	10.3349.00.01.02	Tol. Gral.:	± 0.1

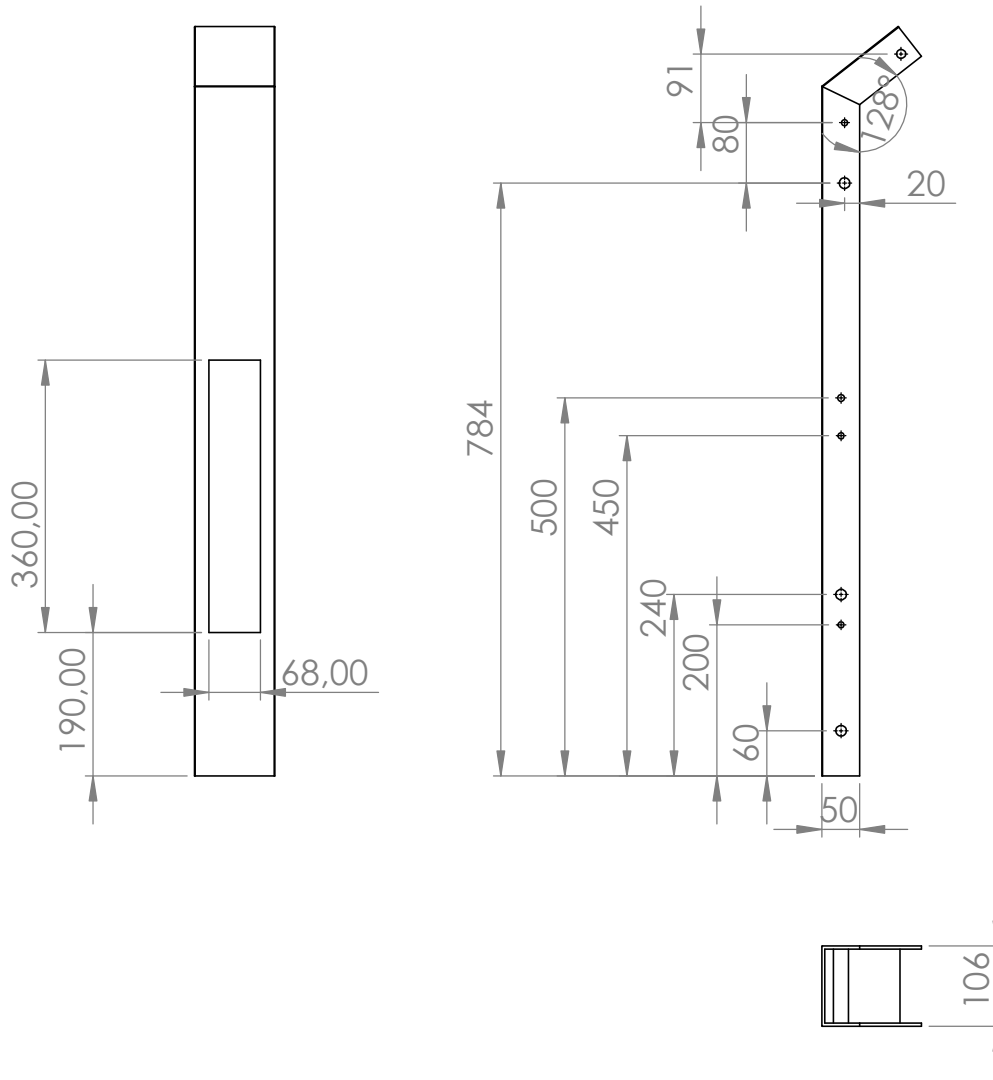
✓ (N11) N7




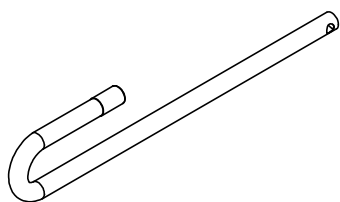
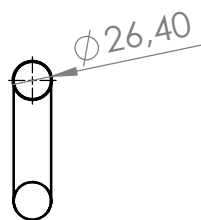
Escala:
1:10

Espeor:	3 mm	Material:	A36	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	Pintura electrostática				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Taco Erick	2022-01-13	
		Dibujó:	Taco Erick	2022-01-13	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2022-01-14	
Plano de soporte vertical	Escala: 1:5	Código:	10.3349.00.01.03	Tol. Gral.:	± 0.1


✓ (N11) N7

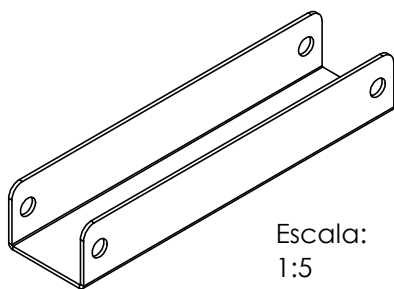
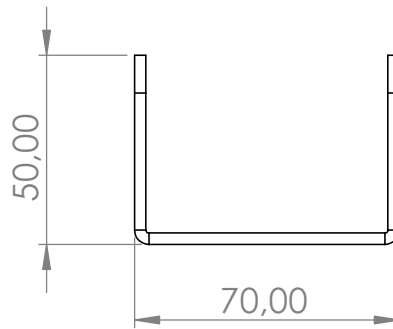
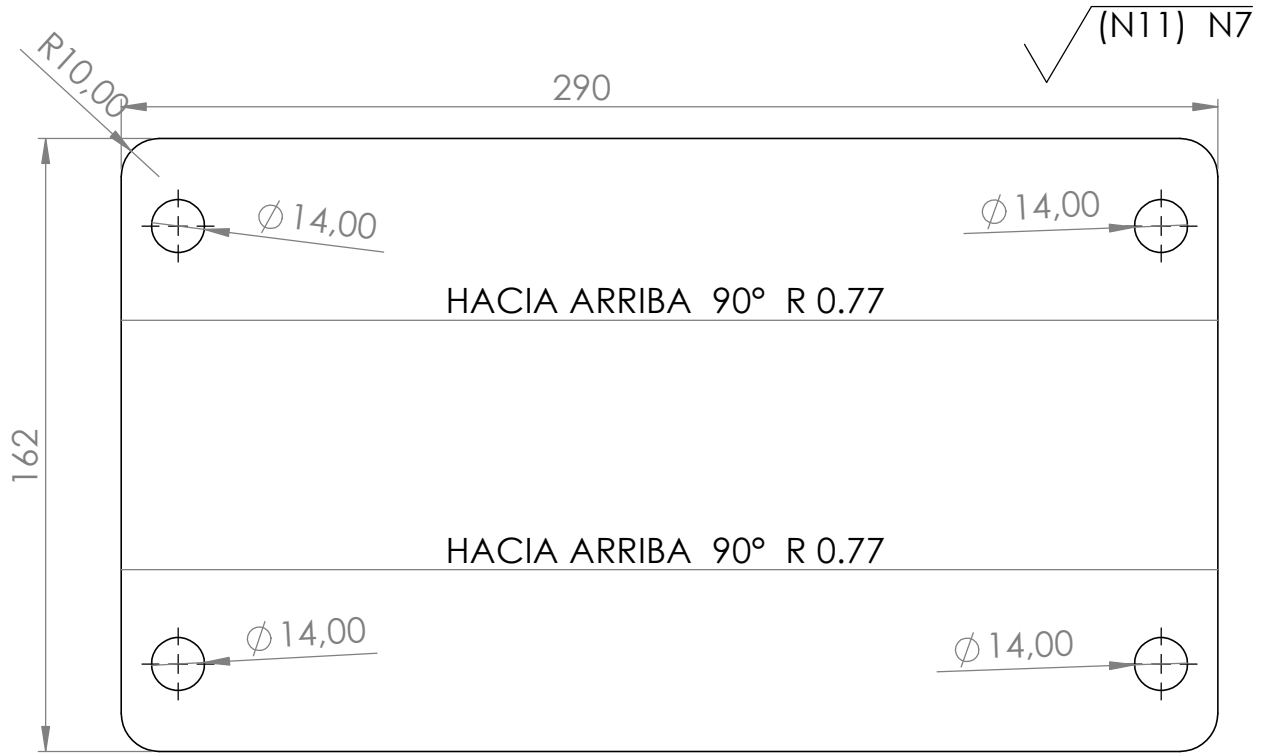



Espeor:	3 mm	Material:	A36	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	Pintura electrostática				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Taco Erick	2022-01-13	
		Dibujó:	Taco Erick	2022-01-13	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2022-01-14	
Plano de sopрте plataforma	Escala: 1:5	Código:	10.3349.00.01.04	Tol. Gral.:	± 0.1



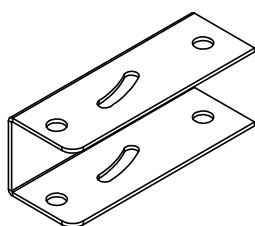
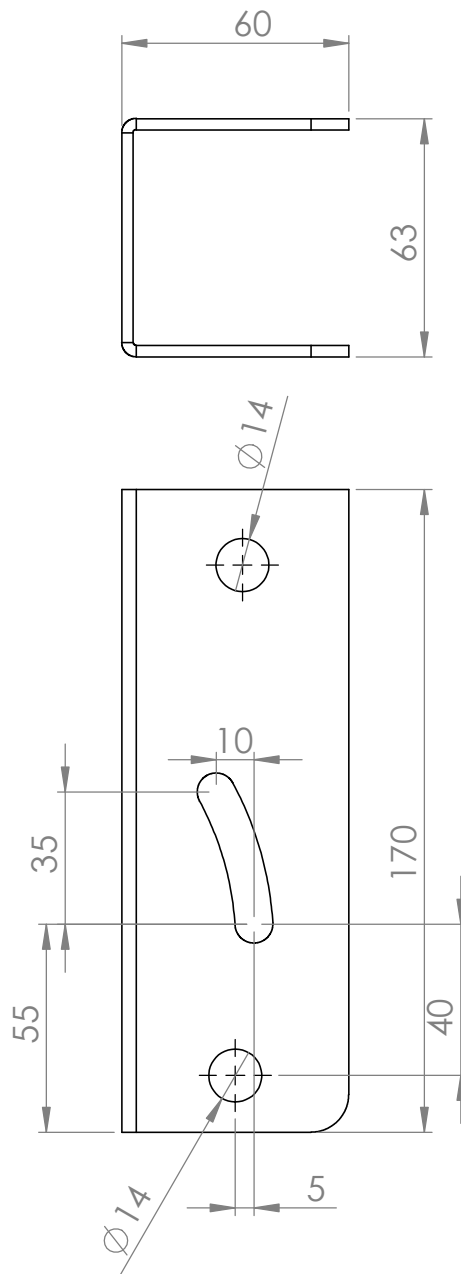
Escala:
1:10

Espeor:	1.10 mm	Material:	JIS 3141	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	Pintura electrostática				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Taco Erick	2022-01-13	
		Dibujó:	Taco Erick	2022-01-13	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2022-01-14	
Plano soporte brazos sujecion	Escala: 1:5	Código:	10.3349.00.01.05	Tol. Gral.:	± 0.1




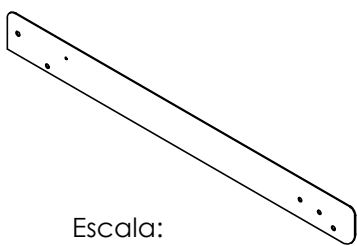
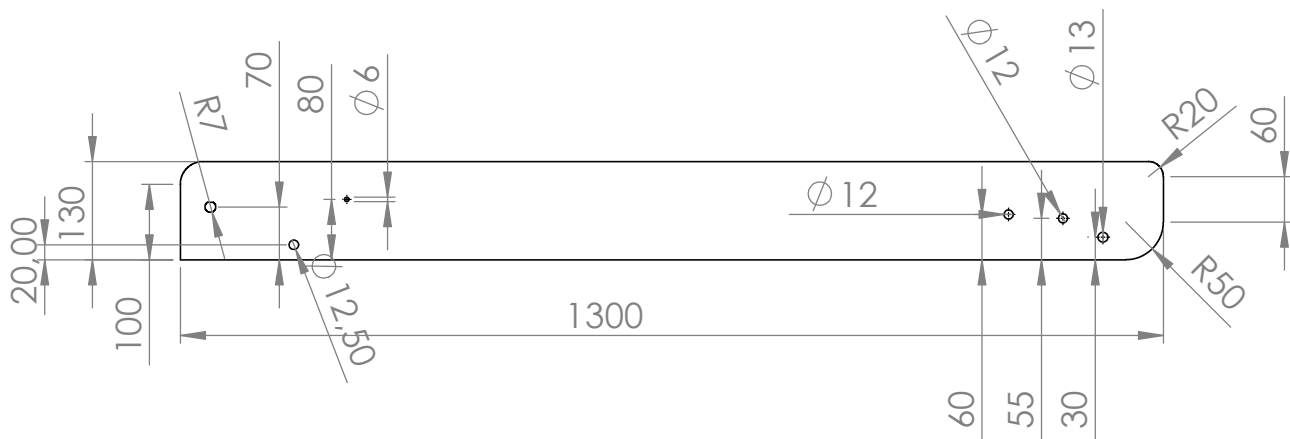
Espeor:	3 mm	Material:	A36	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	Pintura electrostática				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Taco Erick	2022-01-13	
		Dibujó:	Taco Erick	2022-01-13	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2022-01-14	
Plano sujecion 1	Escala: 1:2	Código:	10.3349.00.01.06	Tol. Gral.:	± 0.1

✓ (N11) N7




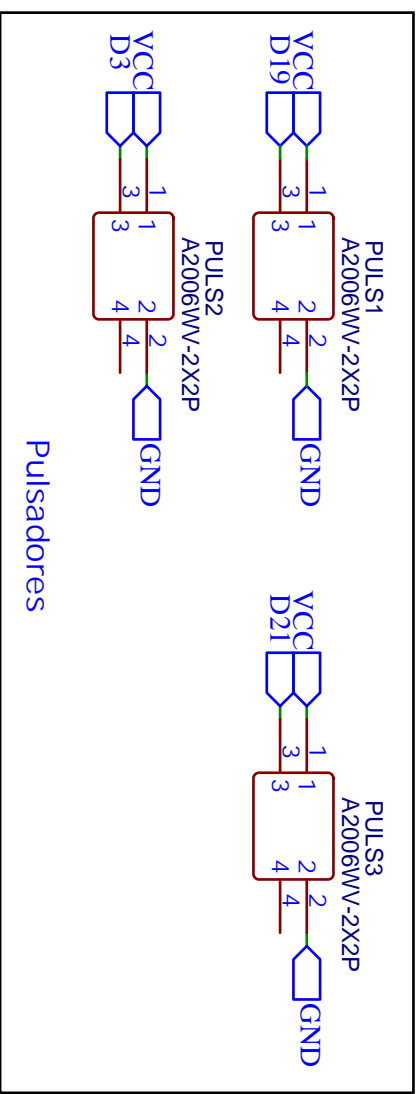
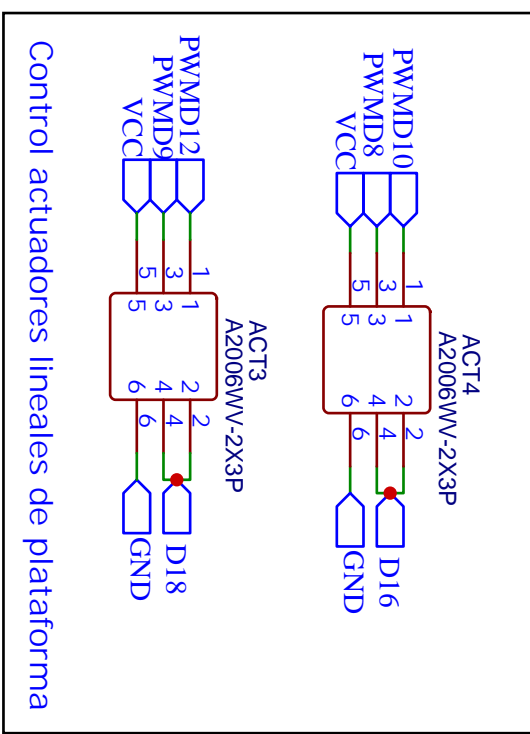
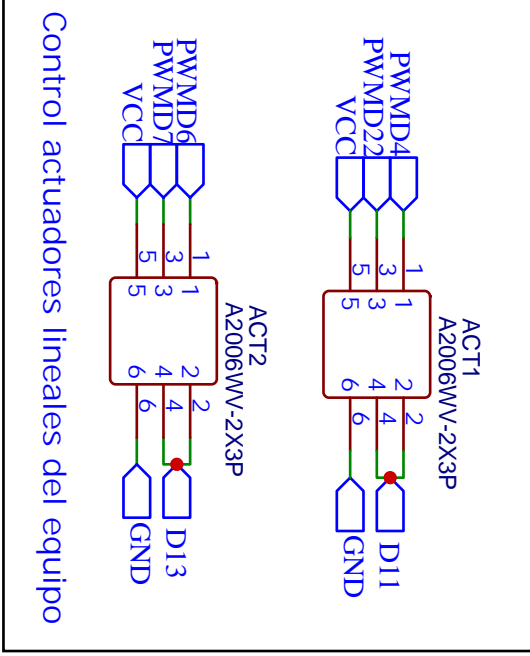
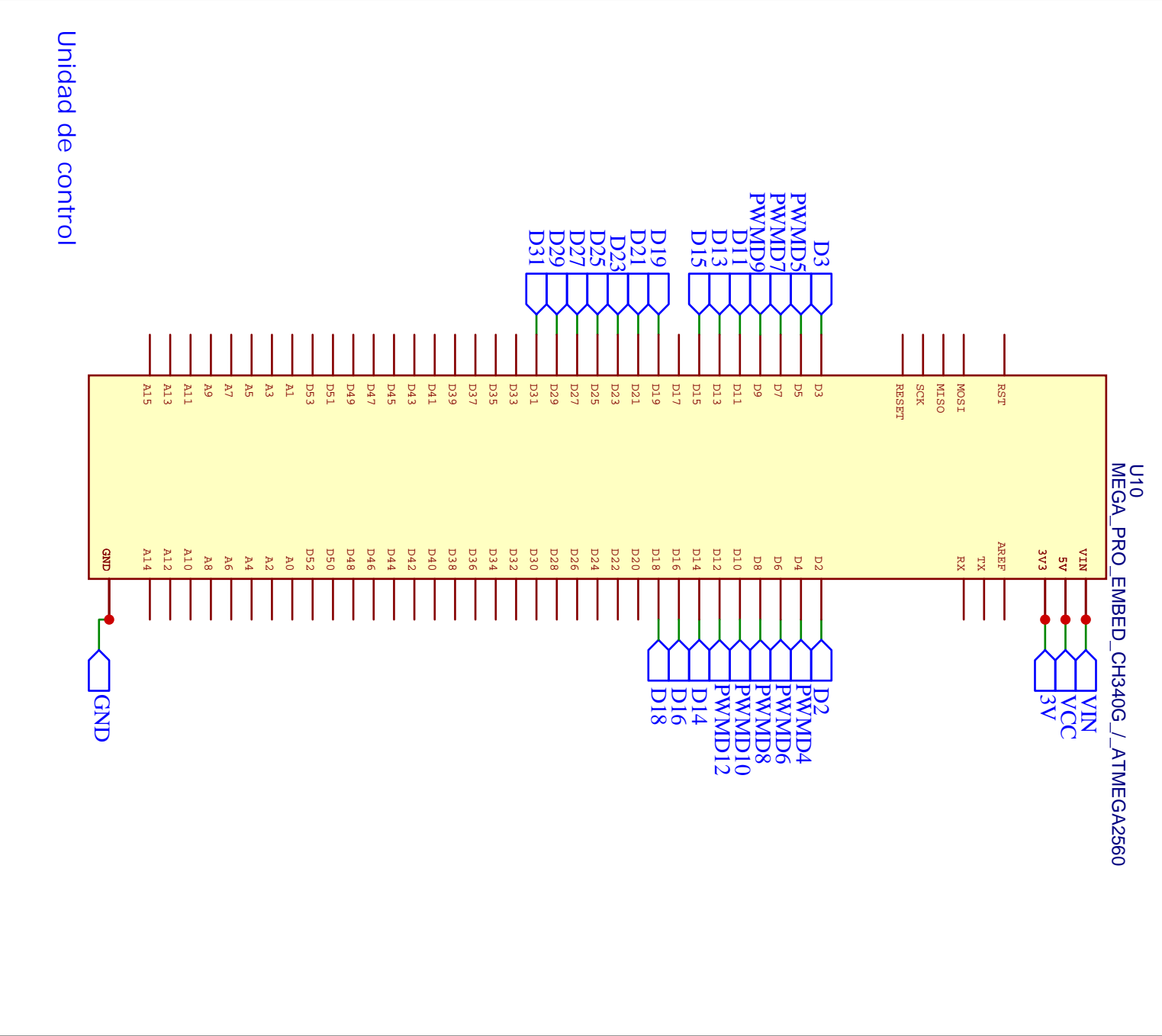
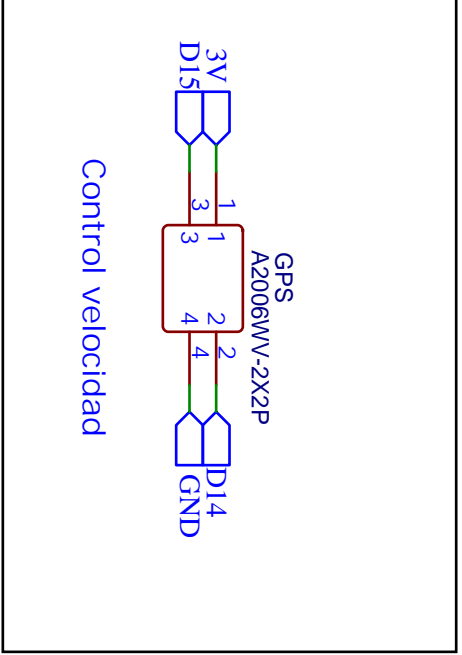
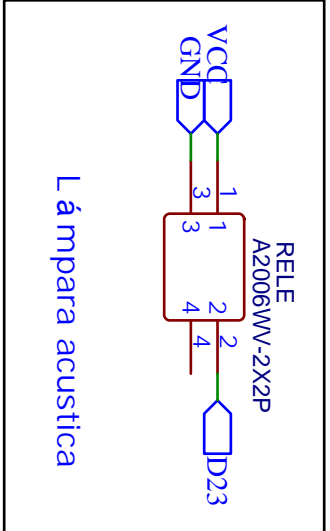
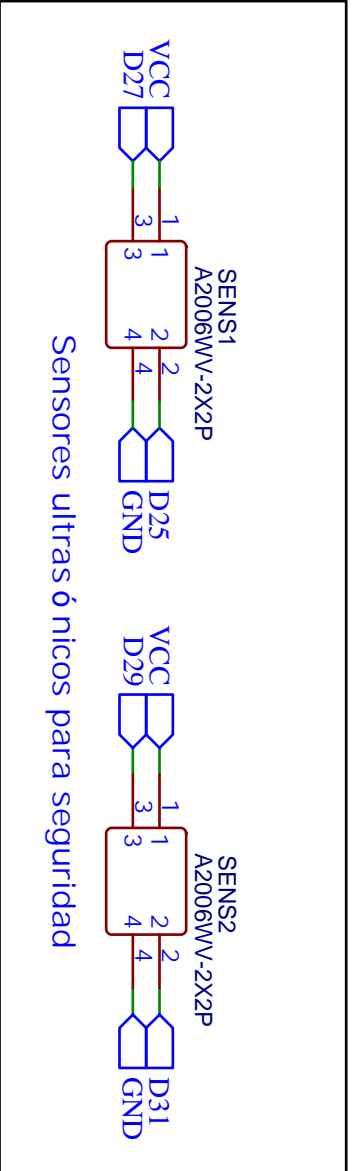
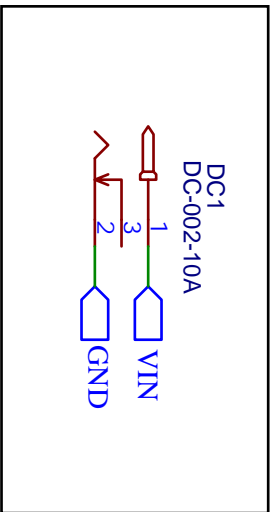
Escala:
1:5

Espeor:	3 mm	Material:	A36	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	Pintura electrostática				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Taco Erick	2022-01-13	
		Dibujó:	Taco Erick	2022-01-13	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2022-01-14	
Plano sujecion 2	Escala: 1:2	Código:	10.3349.00.01.07	Tol. Gral.:	± 0.1



Escala:
1:20

Esesor:	3 mm	Material:	A36	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	Pintura electrostática				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Taco Erick	2022-01-13	
		Dibujó:	Taco Erick	2022-01-13	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez MSc.	2022-01-14	
Planos laterales	Escala: 1:10	Código:	10.3349.00.01.08	Tol. Gral.:	± 0.1



TITLE:		REV: 1.0
PCB Elevador de personas en silla de ruedas		Sheet: 1/1
Company: UPS	Date: 2021-12-08	Drawn By: Erick Taco
EosyEDA		

