



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE MECATRÓNICA**

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE GRÚA EN  
TECHO PARA EL TRASLADO DE PACIENTES CON PROBLEMAS  
DE MOVILIDAD DENTRO DE VIVIENDAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en Mecatrónica

**AUTORES:** Joshuar Antony Ramirez Pincay  
Britney Pamela Ureta Arias  
**TUTOR:** Ing. José Alexander Zambrano García, Msc.

Guayaquil - Ecuador  
2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Joshuar Antony Ramirez Pincay** con documento de identificación N° **0928431451** y **Britney Pamela Ureta Arias** con documento de identificación N° **0941492407**; manifestamos que:

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

Guayaquil, 09 de abril del año 2024

Atentamente,

*Joshuar Ramirez*

---

Joshuar Antony Ramirez Pincay  
0928431451

*Britney Ureta A.*

---

Britney Pamela Ureta Arias  
0941492407



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

Nosotros, **Joshuar Antony Ramirez Pincay** con documento de identificación N° 0928431451 y **Britney Pamela Ureta Arias** con documento de identificación N° 0941492407, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE GRÚA EN TECHO PARA EL TRASLADO DE PACIENTES CON PROBLEMAS DE MOVILIDAD DENTRO DE VIVIENDAS**, 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, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 09 de abril del año 2024

Atentamente,

*Joshuar Ramirez*

---

Joshuar Antony Ramirez Pincay  
0928431451

*Britney Ureta A.*

---


Britney Pamela Ureta Arias  
0941492407

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **José Alexander Zambrano García**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE GRÚA EN TECHO PARA EL TRASLADO DE PACIENTES CON PROBLEMAS DE MOVILIDAD DENTRO DE VIVIENDAS**, realizado por **Joshuar Antony Ramirez Pincay** con documento de identificación N° **0928431451** y por **Britney Pamela Ureta Arias** con documento de identificación N° **0941492407**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 09 de abril del año 2024

Atentamente,



---

Ing. José Alexander Zambrano García, Msc.  
0703175521

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mi padre Holger Antonio Ramirez Calero, por apoyarme en todas mis decisiones; a mi querida madre Tanya Susana Pincay Rocohano por haber puesto su confianza en mi desde el inicio de esta ardua travesía, sé que estaría orgullosa de ver que estoy cumpliendo una de mis metas; a mis hermanos Tayron Stiven Ramirez Pincay, Holger Estuardo Ramirez Pincay y a toda mi familia por estar pendiente al avance de este proyecto.

**Joshuar Antony Ramirez Pincay**

Este trabajo de titulación se lo dedico a mis queridas madres Flor Arias Arévalo y Mayra Arévalo Navarro, mi eterna fuente de amor, sabiduría y fortaleza. Gracias por ser mi inspiración constante, por alentarme a perseguir mis sueños y por ser mi sostén incondicional en cada paso de este camino. A mi padre Ney Ureta Alcívar que me inspiro a estudiar esta carrera, me enseñó a trabajar arduamente para conseguir mis objetivos y no decaer ante los obstáculos. A mis hermanos Joyce, Ney y Maru por su amor incondicional y paciencia durante el trayecto de mi carrera profesional. A mi querida Jessica Tomala Costales que me apoyo hasta el final para poder conseguir mis sueños y seguir adelante en todo lo que me proponga.

Dedico este trabajo a mi novio Carlos Romo y a nuestros niños Benji, Otto, Kai y Olivia que han sido mi inspiración a lo largo de estos años para poder terminar la carrera.

**Britney Pamela Ureta Arias**

## AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mi amado padre, cuyo constante aliento, sabiduría y apoyo inquebrantable han sido la fuerza motriz detrás de cada logro alcanzado. Tú dedicación y confianza en mí han sido la luz que me ha guiado en los momentos más desafiantes.

A mi querida madre, aunque físicamente ya no está entre nosotros, su amor y enseñanzas perduran en cada paso que doy. Su recuerdo es mi inspiración diaria y su amor sigue siendo mi refugio en los momentos de duda.

A mis valiosos hermanos, quienes han sido mi roca durante los altibajos de este viaje académico. Su apoyo incondicional y palabras de aliento han sido un recordatorio constante de que no estoy solo en este camino.

A Maria Viviana Rocohano López, a pesar de las circunstancias cambiantes, tú presencia y apoyo emocional han sido una fuente de fortaleza para mí. Agradezco sinceramente tú disposición para estar presente cuando más te necesité.

A todos ustedes, mi familia y seres queridos, les dedico este logro. Sin su amor, apoyo y comprensión, este sueño no hubiera sido posible.

**Joshuar Antony Ramirez Pincay**

Agradezco a Dios quién me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante y poder concluir mi carrera y cada uno de mis proyectos, a mis padres por su apoyo incondicional, por su amor y paciencia en cada etapa de mis estudios, a mis hermanos porque sin su empuje no lo habría logrado, a mi abuelita Mayra que gracias a sus consejos me alentaba a no abandonar, a mi novio que me enseñó a luchar por lo que quiero y no dejar las cosas inconclusas.

Finalmente agradezco a todas las personas que creyeron en mí y en todo lo que puedo lograr.

**Britney Pamela Ureta Arias**

## RESUMEN

El presente proyecto cumple con el objetivo principal de proporcionar una solución segura y eficiente para facilitar el movimiento y traslados de personas con discapacidad en entornos interiores, especialmente en casas.

Para la implementación de este prototipo, se requiere de varios elementos y consideraciones, entre los cuales se pueden incluir un dispositivo de elevación, viga techo, accesorios, dispositivo de traslación y estructura portante.

Este sistema se ha diseñado para facilitar y desarrollar la independencia de la persona con problemas de movilidad, el mismo consta con una estructura instalada en el techo de un espacio interior. Consiste en una estructura que se instala en la habitación y su viga riel sirve como guía para el desplazamiento del polipasto, el cual permite levantar y trasladar a la persona a un lugar específico según la trayectoria del riel de manera segura y sin esfuerzo físico. Este sistema ayuda a promover la autonomía y reducir el riesgo de lesiones.

La implementación exitosa de este sistema de grúa requiere un proceso de instalación profesional y selección adecuada de dispositivos de elevación según las necesidades individuales de la persona con discapacidad. El análisis de comparación de costos y tiempos de traslados, demuestran la factibilidad del sistema.

**Palabras claves:** Discapacidad, Elevación, Hogar, Viga, Arnés.



## ABSTRACT

Successful implementation of this lift system requires a professional installation process and proper selection of lifting devices according to the individual needs of the disabled person.

For the implementation of this prototype, several elements and considerations are required, which may include a lifting device, roof beam, accessories, translation device and supporting structure.

This system has been designed to facilitate and develop the independence of the person with mobility problems, it consists of a structure installed on the ceiling of an interior space. It consists of a structure that is installed in the room and its rail beam serves as a guide for the displacement of the hoist, which allows lifting and moving the person to a specific place according to the trajectory of the rail safely and without physical effort. This system helps to promote autonomy and reduce the risk of injury.

Successful implementation of this lift system requires a professional installation process and proper selection of lifting devices according to the individual needs of the disabled person. The cost and travel time comparison analysis shows the feasibility of the system.

**Keywords:** Disability, Elevation, Home, Harness, Disability.

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>Introducción</b>	1
<b>II.</b>	<b>Problema</b>	2
<b>III.</b>	<b>Justificación</b>	3
<b>IV.</b>	<b>Objetivos</b>	4
IV-A.	Objetivo general . . . . .	4
IV-B.	Objetivos específicos . . . . .	4
<b>V.</b>	<b>Fundamentos Teóricos</b>	5
V-A.	Discapacidad motriz humana . . . . .	5
V-B.	Grúa en rieles o techo para persona con discapacidad . . . . .	5
V-C.	Estado de la técnica . . . . .	6
V-C1.	Grúa techo Handi move . . . . .	6
V-C2.	Grúa motor fix . . . . .	7
V-C3.	Grúa motor fix-s . . . . .	7
V-D.	Dispositivo para sostener al paciente . . . . .	7
V-E.	Altura de elevación regulable y controlada . . . . .	8
V-F.	Resistencia de estructura . . . . .	8
V-G.	Siemens PLC Logo8.3 . . . . .	8
V-G1.	Funcionamiento del PLC . . . . .	9
V-H.	Raspberry Pi 3 . . . . .	9
V-I.	Node-Red . . . . .	9
V-J.	Relé . . . . .	9
<b>VI.</b>	<b>Marco Metodológico</b>	10
VI-A.	Diseño de habitación promedio . . . . .	10
VI-B.	Diseño Mecatrónico del Sistema de grúa en techo . . . . .	10
VI-B1.	Requisitos del sistema . . . . .	10
VI-B2.	Capacidad máxima de carga . . . . .	11
VI-C.	Diseño de forma del sistema . . . . .	11
VI-C1.	Diseño y trayectoria del riel . . . . .	12
VI-D.	Análisis de estructura completa . . . . .	12
VI-E.	Selección de cable de izaje . . . . .	22
VI-F.	Cálculo de la potencia del motor del polipasto . . . . .	23
VI-G.	Cálculos de potencia para el traslado de la carga del Trolley . . . . .	24
VI-H.	Selección de rodamientos . . . . .	27
VI-I.	Selección de la cadena . . . . .	29
VI-J.	Arnés . . . . .	30
VI-K.	Validación de sistema grúa techo para el traslado de pacientes . . . . .	30
VI-K1.	Capacidad de carga . . . . .	31
VI-K2.	Costos . . . . .	31
VI-K3.	Tiempo de traslado . . . . .	31
VI-L.	Programación logo confort . . . . .	31
VI-M.	Programación Node red . . . . .	32
<b>VII.</b>	<b>Resultados</b>	34
VII-A.	Procedimiento para la fabricación de la base y viga curva para el trolley y polipasto . . . . .	34

<b>VIII. Cronograma</b>	38
<b>IX. Presupuesto</b>	39
<b>X. Conclusiones</b>	40
<b>XI. Recomendaciones</b>	41
<b>Referencias</b>	42
<b>Anexo A: Acero</b>	43
<b>Anexo B: Cadena</b>	44
<b>Anexo C: Potencia de la Cadena</b>	45
<b>Anexo D: Planos</b>	46
<b>Anexo E: Manufactura</b>	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Mecanismo de carrito, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	5
2.	Grua Handi move, Fuente: Surehands . . . . .	6
3.	Grua motor fix, Fuente: Erreka . . . . .	7
4.	Grua motor fix, Fuente: Erreka . . . . .	7
5.	PLC, Fuente: Electrotec . . . . .	8
6.	Relé, Fuente: Voltione . . . . .	9
7.	Habitación estándar, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	10
8.	Sistema de grúa en techo, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	11
9.	Valores referenciales de estructura y riel, Fuente: Software de diseño . . . . .	12
10.	Valores referenciales de estructura y riel, Fuente: Software de diseño . . . . .	13
11.	Análisis considerando las cargas en el primer punto critico, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	14
12.	Coficiente de seguridad primer punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	14
13.	Desplazamiento de estructura primer punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	15
14.	Análisis considerando las cargas en el segundo punto critico, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	16
15.	Coficiente de seguridad del segundo punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	16
16.	Desplazamiento de estructura del segundo punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	17
17.	Análisis considerando las cargas en el tercer punto critico, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	17
18.	Coficiente de seguridad del tercer punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	18
19.	Desplazamiento de estructura simulación del tercer punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	18
20.	Análisis considerando las cargas en el cuarto punto critico, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	19
21.	Coficiente de seguridad del cuarto punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	19
22.	Desplazamiento de estructura del cuarto punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	20
23.	Valores referenciales de elasticidad y resistencia a tracción del trolley, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	20
24.	Tensión de Von Mises de trolley, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	21
25.	Coficiente de seguridad de trolley, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	21
26.	Desplazamiento de trolley, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	22
27.	Característica polipasto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	24
28.	Diagrama del cuerpo libre del trolley, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	25
29.	Ficha técnicas del motor del trolley, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	26
30.	Selección de rodamiento, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	28
31.	Arnés de seguridad, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	30
32.	Programación con logo confort, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	32
33.	Programación con node red, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	33
34.	Trolley , Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	35
35.	Trolley acabado, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	36
36.	Estructura con trolley . . . . .	36
37.	Resistencia del acero . . . . .	43
38.	Factor de servicio . . . . .	44
39.	Potencia de la Cadena . . . . .	45
40.	Estructura, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	46
41.	Estructura, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	47
42.	Viga ruta, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	48
43.	Polipasto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	49
44.	Vista explosionada trolley, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	50
45.	Diseño de arnés, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	51
46.	Ensamblaje de estructura, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta . . . . .	52

ÍNDICE DE TABLAS

I. Cronograma . . . . . 38



## I. INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se prioriza la atención y cuidado de las personas con discapacidad por lo que la implementación de un sistema de asistencia se ha convertido en una necesidad para garantizar el bienestar y calidad de vida.

Para cubrir esta necesidad se implementa el sistema como una solución innovadora y eficaz diseñada para facilitar la transferencia y movilidad de personas con discapacidad en entornos interiores. A través de la combinación de la tecnología y el diseño, este sistema ofrece una alternativa segura y cómoda para superar las barreras físicas y promover la autonomía de quienes enfrentan limitaciones de movilidad. En esta perspectiva, esta introducción explora detalladamente el funcionamiento y los beneficios de este sistema, destacando su importancia en la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad y sus cuidadores.

Con un control preciso, el cuidador puede dirigir el movimiento del dispositivo para trasladar a la persona con discapacidad a otro lugar dentro del mismo espacio.

El sistema se maneja con un programa en la nube por ende puede ser utilizado no solo dentro de la misma casa, sino también desde el exterior.

## II. PROBLEMA

La reducción o pérdida total de la movilidad en las personas puede deberse a enfermedades congénitas como el cáncer, enfermedades crónicas como la obesidad y enfermedades metabólicas como la aterosclerosis que afecta a las arterias del corazón, del cerebro y de las articulaciones inferiores [1] por medio de la diabetes existen ciertos casos que pueden llegar a medidas extremas como la amputación de extremidades. También puede deberse a accidentes dentro del hogar o fuera de este [2].

En un estudio realizado por Paz & López [3] a 295000 personas con discapacidad de todas las provincias del Ecuador, determinó que de todos los tipos de discapacidad, la de tipo físico-motora alcanzó una prevalencia mayor en el periodo 2009 a 2010. En otras palabras, 7 de cada 1000 habitantes padece este tipo de discapacidad. Dada su condición, las personas con discapacidad y movilidad reducida se enfrentan a diferentes clases de obstáculos físicos en el transcurso de sus vidas, lo que las obliga a quedarse en casa y depender de una tercera persona que los ayude a moverse dentro de la vivienda [4].

Mientras tanto las limitaciones físicas a las que se enfrentan dependiendo de la personalidad de los individuos con discapacidad, pueden causar adicional a los problemas físicos, también problemas de índole psicológico, tales como depresión, sensación de soledad, cambios del estado de ánimo, ansiedad en diferentes niveles, y déficit en desarrollo de habilidades sociales. Todo esto puede afectar su calidad de vida significativamente al punto de disminuir su esperanza de vida [5].

Al tratarse de un problema mundial, se han desarrollado diferentes clases de mecanismos que tratan de dar una solución parcial a los problemas de movilidad para estas personas. Entre estos mecanismos se encuentran las sillas de ruedas con o sin motor, andaderas, bastones, muletas, dispositivos de prótesis, plataformas [6]. Sin embargo, el acceso a estos elementos depende del nivel de discapacidad física que mantiene la persona, así como su poder adquisitivo. Además, las soluciones actuales para el traslado de pacientes pueden ser inadecuadas en términos de comodidad, seguridad y facilidad de uso en un contexto doméstico, ya que cada contexto es único [7].

### III. JUSTIFICACIÓN

La movilidad reducida en usuarios que tienen discapacidad física es un problema de carácter mundial. La OMS actuando bajo lo que dispone la legislación internacional, ha realizado convenciones en beneficio de las personas con discapacidad para exigir se garanticen sus derechos y en ese sentido el acceso a una vida de calidad donde pueda acceder a una variedad de servicios y actividades en su diario vivir [8].

La movilidad es un aspecto fundamental para mantener la independencia y salud física y mental de las personas, es decir con una calidad de vida aceptable, especialmente aquellas que enfrentan limitaciones físicas y problemas de movilidad. En el contexto del hogar, los pacientes con estas dificultades a menudo encuentran obstáculos significativos para realizar actividades cotidianas básicas, como desplazarse de la cama a una silla, acceder al baño o moverse dentro de su residencia. Esta situación no solo impacta negativamente en la psicología del paciente y en su salud, sino que puede alcanzar a los cuidadores y familiares, quienes enfrentan desafíos adicionales al asistir en el traslado y cuidado de sus seres queridos [9].

La presente investigación busca abordar esta problemática al desarrollar un prototipo de un sistema automatizado de grúa diseñado específicamente para el traslado de pacientes con problemas de movilidad en el entorno del hogar. La justificación de este proyecto se fundamenta en los siguientes puntos: cambios fundamentales en la salud física con afectación directa a la calidad de vida de los usuarios con discapacidad móvil, seguridad para pacientes y cuidadores, facilitar la labor del cuidado, automatización del proceso de traslado, reducción de costos en un sistema de traslado, reducción de la fatiga física tanto para el paciente como para el cuidador.

La investigación se enfocará en la conceptualización, diseño y construcción del prototipo de la grúa automatizada teniendo en cuenta aspectos cruciales como la capacidad de carga, la adaptabilidad a espacios residenciales, la seguridad tanto del paciente como de los cuidadores, y la facilidad de uso. Además, de tomar en cuenta los aspectos técnicos y tecnológicos, como los materiales apropiados, la automatización del sistema de elevación, los controles intuitivos y la integración armoniosa en el diseño interior del hogar.

El éxito de este proyecto se evaluará según la efectividad del prototipo en términos de facilitar el traslado seguro y cómodo de los pacientes en su entorno residencial, así como por su viabilidad práctica, tecnológica y su capacidad para beneficio de su movilidad, de manera que puedan ser más autónomos y esto afecte directamente en su mejora de la calidad de vida.

## IV. OBJETIVOS

### *IV-A. Objetivo general*

Desarrollar el prototipo de un sistema automatizado de grúa en techo para el traslado de pacientes con problemas de movilidad dentro de viviendas.

### *IV-B. Objetivos específicos*

- Diseñar el sistema mecatrónico del prototipo automatizado de grúa en techo.
- Implementar el prototipo del sistema de manera que funcione según las especificaciones requeridas.
- Validar la factibilidad del sistema mediante un análisis de comparación de características del sistema que muestre la variación de costos y de tiempos de traslado.

## V. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### V-A. Discapacidad motriz humana

Se refiere a una condición en la que una persona experimenta limitaciones o dificultades en la función física y la movilidad de su cuerpo debido a una variedad de causas. Estas limitaciones pueden afectar las extremidades superiores e inferiores, la capacidad de moverse, coordinar los movimientos o mantener el equilibrio. Las discapacidades motoras pueden ser de origen congénito (presentes desde el nacimiento) o adquiridas debido a lesiones traumáticas o enfermedades neuromusculares, degenerativas, congénitas, cerebrovasculares, amputaciones [10].

### V-B. Grúa en rieles o techo para persona con discapacidad

Las grúas en rieles o techo para personas con discapacidad son dispositivos de asistencia que se utilizan para mover y transferir a personas con movilidad reducida de un lugar a otro de manera segura y cómoda. Estas grúas son especialmente beneficiosas en entornos como hospitales, centros de rehabilitación, hogares de cuidado a largo plazo y residencias privadas, donde pueden ser necesarias para asistir a personas con discapacidades físicas o limitaciones de movilidad. Algunas de las aplicaciones más comunes para estas grúas son la transferencia de cama a silla, baño y cuidado personal, traslado en el hogar, levantamiento en silla de ruedas. Estas grúas están fijadas mediante una estructura específica y tienen dos mecanismos: uno que permite el desplazamiento a lo largo de los rieles en el techo por lo que facilita el movimiento suave y controlado de la grúa a lo largo de la habitación y otro que permite subir y bajar al paciente para ajustar la altura de suspensión del paciente de acuerdo con los requisitos específicos. Estas grúas se llaman así porque los rieles se colocan en el techo, lo cual tiene la ventaja de no interferir con el mueble existente. Aunque se debe tener en cuenta que su instalación puede resultar ser muy invasiva al requerir la sujeción de rieles al techo de la edificación [11].

El desplazamiento de la grúa se dará mediante un carrito que tiene cuatro llantas, dos adelante y dos atrás. Las llantas traseras ejercen el movimiento mediante un mecanismo de cadena piñón y las de adelante son de guía. En la figura 1 se visualiza el carrito [12].



Figura 1. Mecanismo de carrito, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta



### V-C. Estado de la técnica

En la actualidad, las grúas de techo para el traslado de pacientes se encuentran disponibles en el mercado en una variedad de diseños y configuraciones, adaptadas para satisfacer las necesidades específicas de diferentes entornos clínicos y requerimientos de los pacientes. Estos sistemas generalmente consisten en un riel de techo instalado en la estructura del edificio, sobre el cual se desliza una unidad automatizada que sostiene un arnés para el paciente. Una de las principales ventajas de las grúas de techo es su capacidad para facilitar el traslado de pacientes de manera segura y cómoda, tanto para el personal médico como para el paciente mismo. Estos dispositivos reducen significativamente el riesgo de lesiones asociadas con el manejo manual de pacientes, proporcionando un soporte estable y controlado durante el proceso de traslado. Además, las grúas de techo permiten una mayor eficiencia en el movimiento dentro de las instalaciones médicas, al tiempo que minimizan el esfuerzo físico requerido por el personal médico.

V-C1. *Grúa techo Handi move*: La grúa de techo portátil Handi-Move serie 2540 fue desarrollada con el fin de realizar un traslado cómodo del paciente en espacios pequeños. Una de sus principales características es que es de tamaño ligero y diseño compacto, puede utilizarse con el Sure Hands o arneses, ya que tiene ganchos integrados en ambos lados de la grúa y también al cáncamo situado en la parte central inferior.



Figura 2. Grúa Handi move, Fuente: Surehands

V-C2. *Grúa motor fix*: La Grúa Fix cuenta con un diseño sencillo y compacto, su sistema se destaca por tener arranque y frenado ligero y suave, permite un movimiento transversal automatizado.

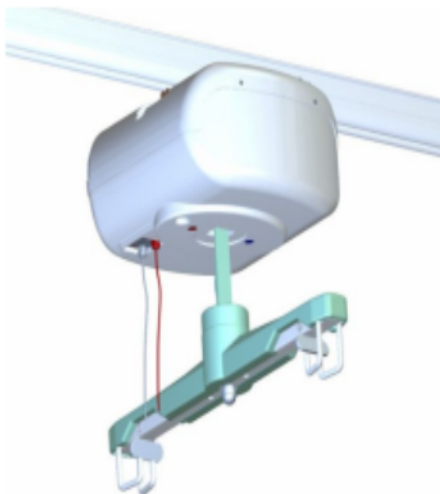


Figura 3. Grúa motor fix, Fuente: Erreka

V-C3. *Grúa motor fix-s*: La Grúa Fix-S es ligera y fácil de usar, cuenta con un cargador en pared inalámbrico, tiene una capacidad de elevación hasta 200 kg, cuenta con una batería recargable 2 x 12 vds. Tiene un motor adecuado para usarse en zonas húmedas y un mando con botones con relieve.



Figura 4. Grúa motor fix, Fuente: Erreka

#### V-D. *Dispositivo para sostener al paciente*

Para esta función es fundamental el uso de arnés ya que estos arneses están hechos de una pieza de tela de malla de hilo de poliéster que está recubierta con PVC. Las partes exteriores de la tela están ribeteadas y reforzadas en las áreas donde se cosen los tirantes de cinta de polipropileno. Los tirantes tienen una variedad de bucles que permiten al usuario colocarse en la posición correcta para realizar la transferencia y cambiar su posición con respecto a la barra de suspensión de la grúa. Los arneses están disponibles en dos tallas: la talla mediana para personas de hasta 90 kilogramos y la talla grande para personas de 90 kilogramos hasta 250 kilogramos [13].

La mayoría de las personas se adaptan al arnés que se proporciona porque es el más común, pero hay personas que tienen necesidades especiales y necesitan arneses adaptados. Además, pueden servir como un segundo arnés para facilitar el trabajo del cuidador.

1. Arnés más grandes para las personas obesas.
2. Arnés que incluyen un soporte para la cabeza.
3. Arnés de hamaca para personas que han perdido la pierna.
4. Arnés de redcilla especiales para lavado y ducha del paciente.
5. Arnés envolvente para personas más agitadas.

#### V-E. *Altura de elevación regulable y controlada*

La altura de elevación será regulable y controlada por varias razones fundamentales.

1. Adaptación a las necesidades del paciente: La regulación de la altura permite ajustar el sistema según la estatura y posición del paciente, garantizando un traslado cómodo y seguro [14].
2. Seguridad y prevención de lesiones: La altura regulable y controlada contribuye a evitar lesiones tanto en el paciente como en los cuidadores, al permitir un manejo adecuado durante los traslados, evitando esfuerzos innecesarios y posturas incorrectas.
3. Mejora en la calidad del traslado: Al controlar la altura, se mejora la calidad del traslado del paciente, evitando el uso de la mecánica corporal.

#### V-F. *Resistencia de estructura*

La resistencia de la estructura es crucial para asegurar que el sistema pueda soportar el peso del paciente sin riesgo de colapso, evitando accidentes y lesiones durante su uso, como se sabe na estructura robusta y resistente asegura la durabilidad del sistema a lo largo del tiempo, reduciendo la necesidad de reparaciones frecuentes y garantizando su funcionamiento óptimo.

#### V-G. *Siemens PLC Logo8.3*

Un controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo de control industrial que permite la automatización de procesos mediante la ejecución de instrucciones programadas. Los PLCs son comunes en la industria debido a su fiabilidad y durabilidad, y se utilizan para la automatización de bajos niveles y el control de equipos y máquinas. [15].

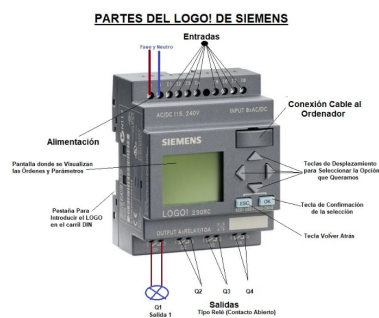


Figura 5. PLC, Fuente: Electrotec

*V-G1. Funcionamiento del PLC:* Los PLC operan siguiendo un ciclo de ejecución que incluye la lectura de entradas, la evaluación de las condiciones lógicas y la generación de salidas. La programación de los PLC se realiza mediante lenguajes de programación estandarizados [15].

#### *V-H. Raspberry Pi 3*

La Raspberry Pi 3 es una placa de computadora que se ha convertido en una herramienta popular para una amplia variedad de proyectos [16]. La función principal para este proyecto es aplicar la integración adecuada con el PLC (Logo8.3) ya que la Raspberry Pi 3 ofrece varias ventajas y funcionalidades clave:

1. **Conectividad:** La Raspberry Pi 3 cuenta con WiFi integrado y Bluetooth, lo que facilita la comunicación inalámbrica con otros dispositivos, incluidos los PLCs.
2. **Interfaces de entrada/salida:** Con puertos USB, HDMI, Ethernet, GPIO y otras interfaces, la Raspberry Pi 3 ofrece la flexibilidad necesaria para conectar y controlar dispositivos externos, incluidos los PLCs, a través de Node-RED.
3. **Sistema Operativo:** Al ser compatible con sistemas operativos basados en Linux como Raspbian, la Raspberry Pi 3 puede ejecutar Node-RED y servir como plataforma central para la programación y control de PLCs mediante interfaces intuitivas y visualmente atractivas.

#### *V-I. Node-Red*

Node-RED es una herramienta de código abierto y visual para conectar dispositivos físicos, APIs y servicios en línea mediante flujos, creando aplicaciones de IoT o automatizando procesos de manera sencilla ya que es una plataforma de desarrollo bajo código con interfaz gráfica de usuario, donde los usuarios pueden conectar nodos representativos de funcionalidades como sensores, actuadores, bases de datos y más [17].

#### *V-J. Relé*

Un relé es un componente eléctrico versátil y de vital importancia en una amplia gama de aplicaciones. Su capacidad para controlar un circuito de alta potencia con un circuito de baja potencia lo convierte en una herramienta indispensable en la electrónica moderna [18].

En este tipo de relé encontramos dos tipos de contactos que son: abierto y otro cerrado que se activan cuando circula corriente por la bobina esta crea un campo magnético creando un electroimán que atrae el contacto haciéndolo cambiar de posición.

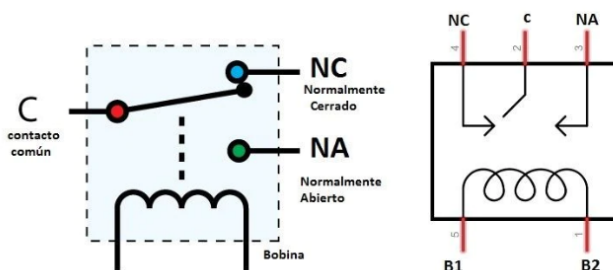


Figura 6. Relé, Fuente: Voltione

## VI. MARCO METODOLÓGICO

De acuerdo al nivel de conocimiento se trata de un estudio descriptivo, puesto que se describirán a detalle cada una de las etapas del desarrollo del sistema de grúa automatizada, desde su diseño con todos los componentes que intervienen hasta la validación del mismo. De igual forma se trata de un estudio cuasiexperimental dado que como investigadores se controla hasta cierto punto los componentes que se van a usar para la construcción del sistema de grúa, dado que serán los que aporten en el abaratamiento de costos y se moldeen a las necesidades del contexto físico del hogar.

De acuerdo al enfoque es un tipo de estudio cuali-cuantitativo, ya que a la vez que la construcción del sistema se centra en que guarde cualidades de confort, también se regirá por normas de seguridad, lo que implica realizar cálculos numéricos en torno a diferentes variables presentes y que se pueden presentar tales como la estática, el esfuerzo admisible del cual depende en gran parte la seguridad del sistema. Se utiliza el método documental para recolectar información sobre el estado del arte de los sistemas de grúas que se han desarrollado con el fin de determinar los elementos e instrumentos usados para su construcción.

### VI-A. *Diseño de habitación promedio*

Para semejar el ambiente del hogar, se tomarán las medidas de una habitación promedio. Las medidas de la habitación son de 5,2 mts de largo x 4,3 de ancho x 2,2 de alto. El paciente irá suspendido en un arnés que recorrerá el riel distribuido por la habitación de manera que pueda llegar desde la cama al baño.

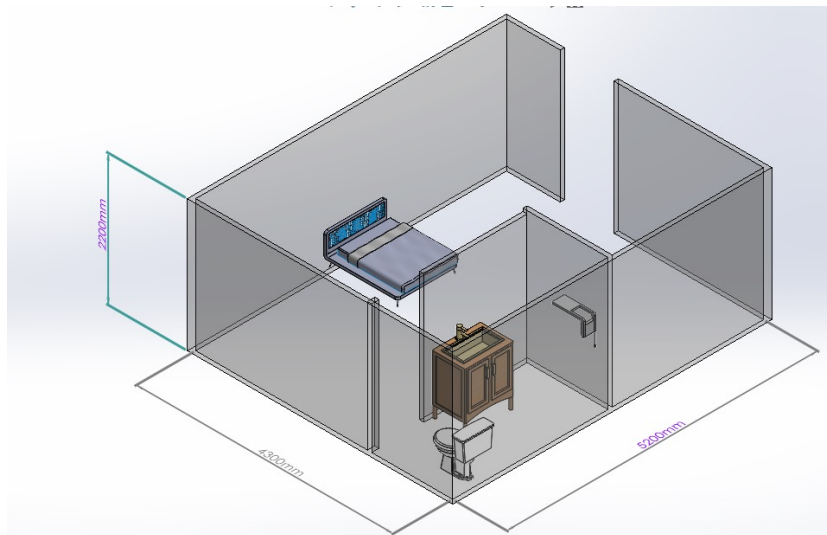


Figura 7. Habitación estándar, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

### VI-B. *Diseño Mecatrónico del Sistema de grúa en techo*

#### VI-B1. *Requisitos del sistema:*

1. El sistema debe ser capaz de levantar y trasladar el peso de una persona con obesidad.
2. El sistema debe ser seguro.
3. El sistema debe ser autosoportante y que se sujete a las columnas como en vigas existentes en la habitación.



4. La ruta debería ser lo más corto posible sin afectar el tránsito normal en el interior de la habitación.
5. Los movimientos de izaje y traslación deben ser suaves y lentos de manera que no afecten al paciente.
6. El arnés usado por el paciente debe ser ajustable según la necesidad.
7. El sistema debe ser semiautomático.

VI-B2. *Capacidad máxima de carga:* Para la carga máxima se deberá tener en cuenta el peso máximo de la persona, que será  $m_{persona} = 150kg$  por el hecho que este sistema abarca también a personas con problemas de obesidad. Dado esto se procede a buscar en el mercado un polipasto que cumpla con la capacidad de carga y varias normas para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento.

### VI-C. *Diseño de forma del sistema*

En la figura 8 se observa de manera detallada las partes del sistema. el cual funcionará de la siguiente manera: Se colocará el arnés alrededor del paciente. A través del control remoto, se activa la grúa que se desplaza hasta posicionarse sobre el paciente para proceder a enganchar al paciente. La grúa eleva suavemente al paciente mediante un sistema motorizado ajustando la altura según sea necesario.

Una vez elevado, la grúa puede desplazar horizontalmente al paciente a lo largo de la viga permitiendo su traslado a otra ubicación. Al llegar al destino deseado, se baja al paciente con cuidado y se retira el arnés. Este sistema garantiza un traslado seguro y cómodo para el paciente con controles intuitivos y medidas de seguridad para prevenir accidentes durante su uso. Es fundamental en la asistencia y movilidad de pacientes con discapacidades, facilitando sus desplazamientos con eficacia y cuidado.

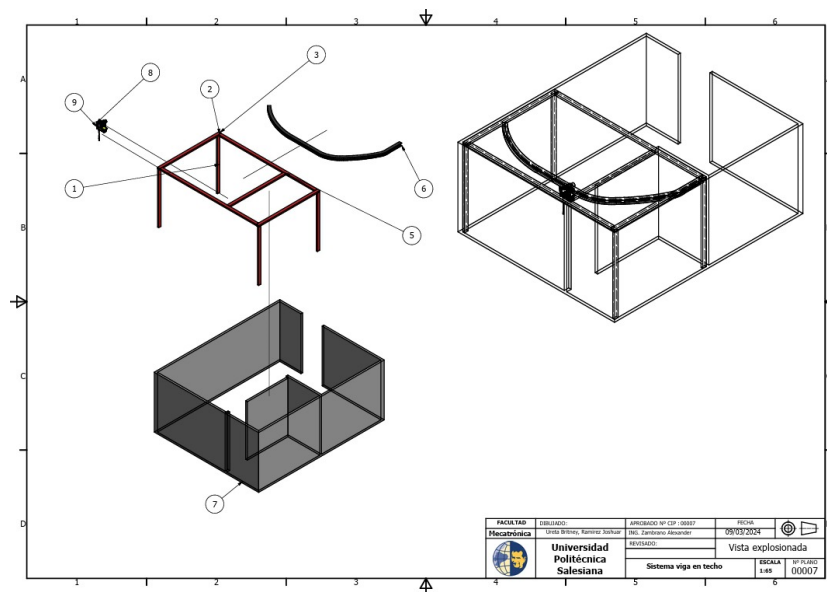


Figura 8. Sistema de grúa en techo, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

Especificando las partes del sistema que se observan en la figura 8.

- 1, 2, 3 y 5 corresponden a la estructura del sistema.

- 6 este elemento señala el riel que sirve como guía para el trolley y polipasto.
- 7 se hace referencia a la habitación del paciente.
- 8 y 9 estos dos elementos se los toma como una sola ya que su finalidad es realizar el trabajo juntos, el polipasto para dar los movimientos verticales y el trolley para los horizontales.

VI-C1. *Diseño y trayectoria del riel:* Basado en la distancia mínima que debe recorrer para trasladarse de la cama al baño y viceversa con efecto al tránsito normal de la habitación.

#### VI-D. *Análisis de estructura completa*

Los perfiles utilizados para la estructura se pueden visualizar en la Figura 9.

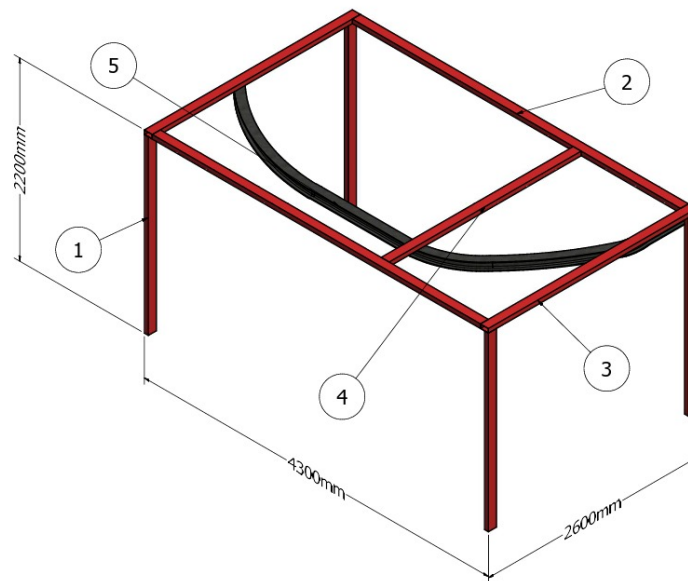


Figura 9. Valores referenciales de estructura y riel, Fuente: Software de diseño

Los perfiles tienen las siguientes medidas:

1. Tubo rectangular de acero inoxidable de 100x50x1,5mm, longitud de 2150mm.
2. Tubo rectangular de acero inoxidable de 100x50x1,5mm, longitud de 2600mm.
3. Tubo rectangular de acero inoxidable de 100x50x1,5mm, longitud de 4100mm.
4. Tubo rectangular de acero inoxidable de 100x50x1,5mm, longitud de 2400mm.
5. Viga IPE 120 de longitud 4060mm.

A continuación se procede a realizar el análisis de la tensión de Von Mises, coeficiente de seguridad y del desplazamiento en cada uno de los cuatro puntos críticos de la estructura. Para el análisis de la tensión de Von Mises se utiliza como referencia los valores de Límite de elasticidad y la Resistencia máxima a tracción del acero inoxidable que son de 250 MPa y 540 MPa respectivamente, como se muestran en la Figura 10 que son las propiedades del acero que nos muestra el programa:

Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	74,2308 GPa
Nombre(s) de pieza	viga refuerzo 2200mm.ipt viga refuerzo 2200mm.ipt viga refuerzo 2200mm.ipt viga refuerzo 2200mm.ipt viga refuerzo 4100mm.ipt viga refuerzo 4100mm.ipt viga refuerzo 2600mm.ipt viga refuerzo 2600mm.ipt viga soldada refuerzo.ipt	
Nombre	Acero ASTM A36	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	248,225 MPa
	Resistencia máxima a tracción	399,9 MPa
Tensión	Módulo de Young	199,959 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	76,9073 GPa
Nombre(s) de pieza	invento.ipt	

Figura 10. Valores referenciales de estructura y riel, Fuente: Software de diseño

Para cada simulación, las flechas de color amarillas indican el área de contacto o de presión que se ejerce en la parte superior.

Por consiguiente se va a ir presentando cada uno de los puntos de acuerdo a la magnitud de tensión, coeficiente de seguridad y desplazamiento.

En el primer punto crítico analizado, resultó una magnitud de tensión de 16,2MPa, lo cual está dentro de los parámetros aceptables dado que la resistencia del acero es de 248MPa a la elasticidad.

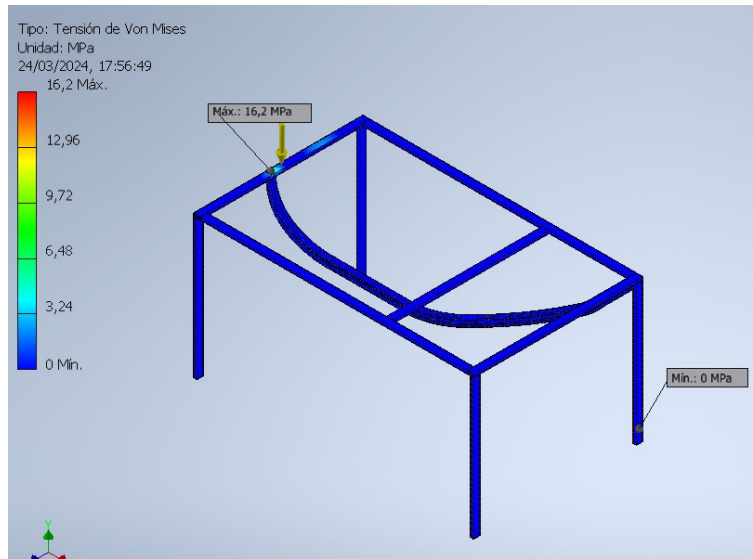


Figura 11. Análisis considerando las cargas en el primer punto crítico, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

Conjunto con el coeficiente mínimo y máximo de seguridad resultó en 15 ul lo cual está dentro del valor mínimo de referencia que soporta la estructura, considerándola segura.

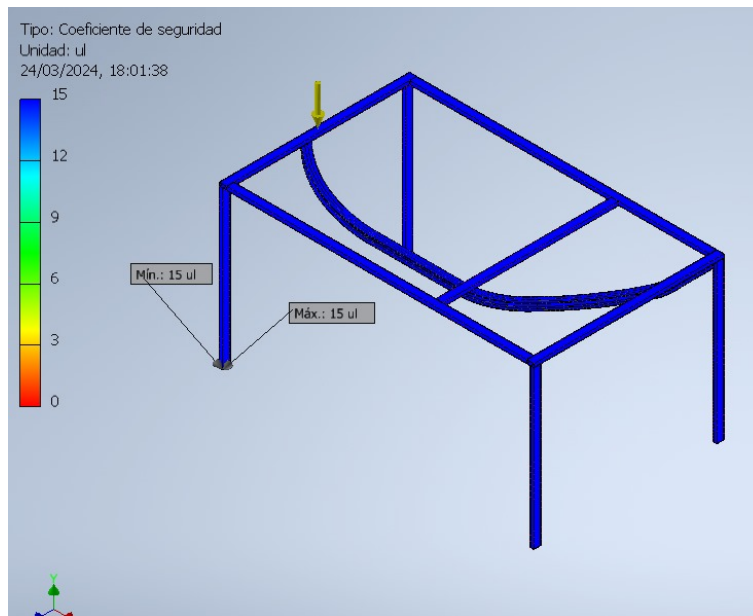


Figura 12. Coeficiente de seguridad primer punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

Mediante la fórmula de máxima deflexión permisible se obtuvo que:

$$d_{max} = \frac{L}{800} \quad (1)$$

Donde:

$$L = 4500mm$$

$$d_{max} = \frac{4500mm}{800}$$

$$v = 5,63mm$$

Por tanto, el desplazamiento máximo permisible es de 5,63mm; en cambio el obtenido con un valor máximo fue de 0,1576mm lo cual indica que el desplazamiento no afecta ni deforma la estructura en respuesta a la carga impuesta.

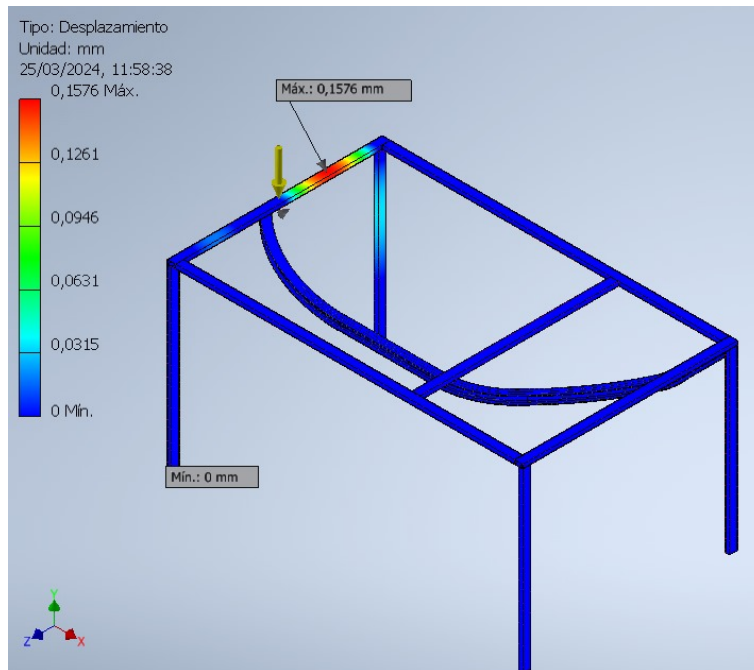


Figura 13. Desplazamiento de estructura primer punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

En el segundo punto analizado, resultó una magnitud de tensión de 29,04MPa, lo cual está dentro de los parámetros aceptables dado que la resistencia del acero es de 248MPa a la elasticidad.

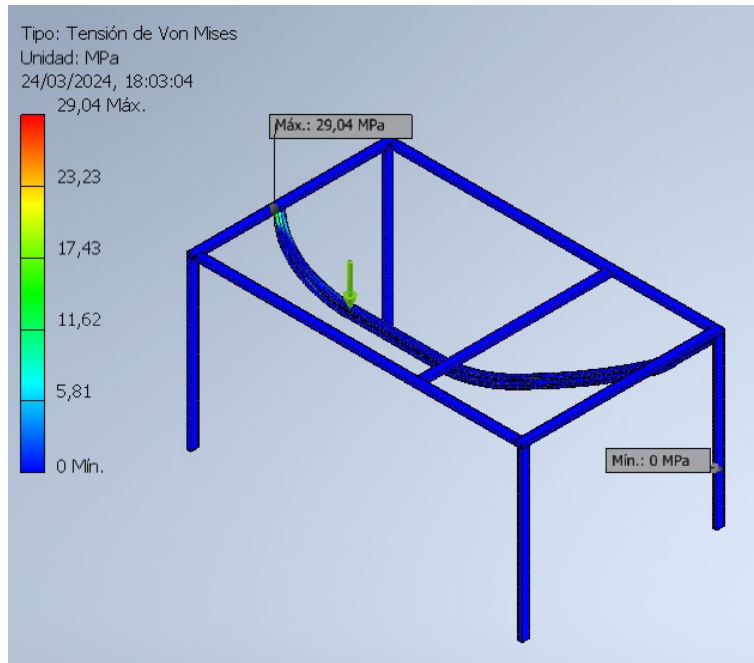


Figura 14. Análisis considerando las cargas en el segundo punto crítico, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

En este punto crítico es 8,55 ul como mínimo y 15 ul como máximo del coeficiente de seguridad.

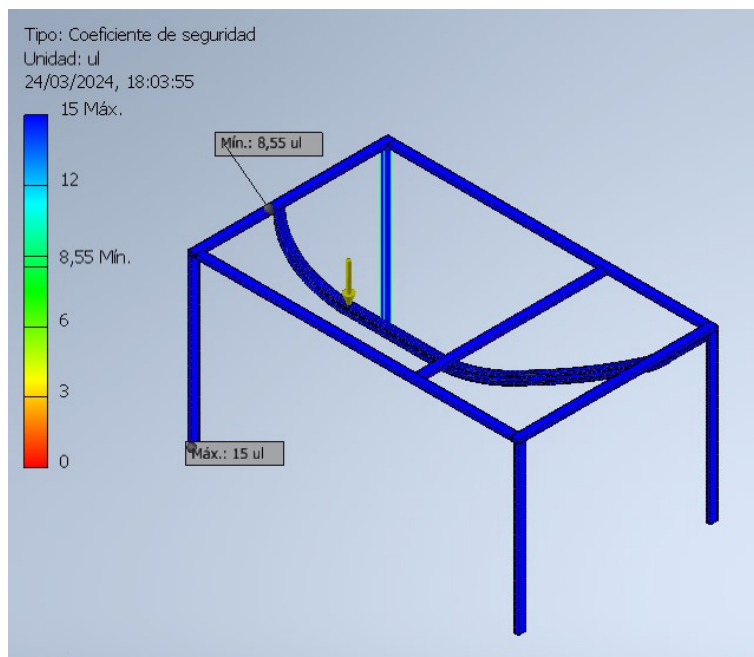


Figura 15. Coeficiente de seguridad del segundo punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

Además el valor máximo fue de 1,019mm lo cual es un desplazamiento mínimo que no afecta ni deforma la estructura en respuesta a la carga impuesta.

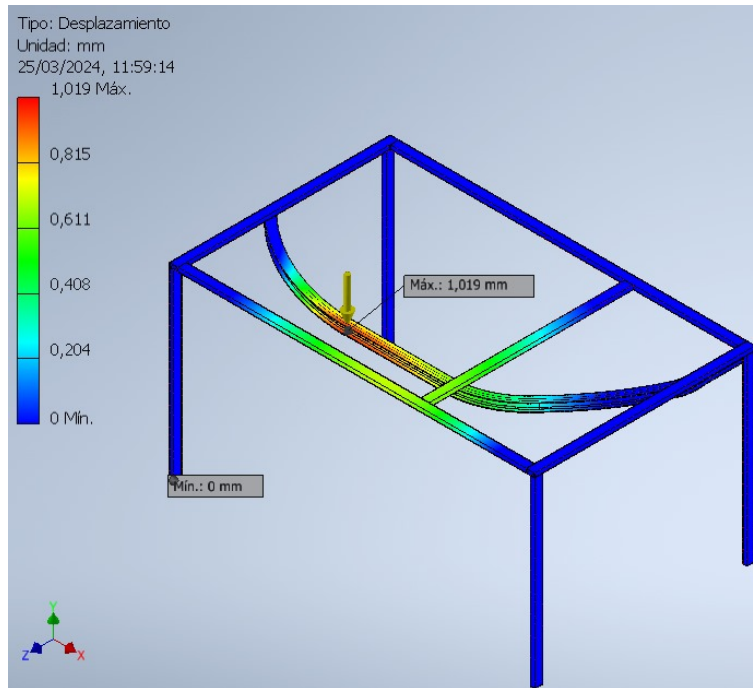


Figura 16. Desplazamiento de estructura del segundo punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

En el tercer punto analizado, resultó una magnitud de tensión de  $40,73\text{MPa}$ , lo cual está dentro de los parámetros aceptables dado que la resistencia del acero es de  $248\text{MPa}$  a la elasticidad.

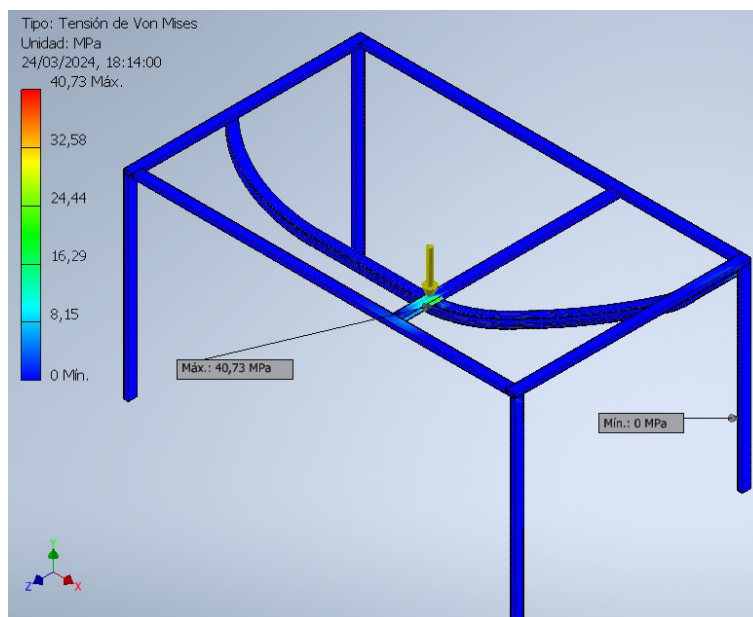


Figura 17. Análisis considerando las cargas en el tercer punto crítico, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

En este punto crítico fue de 6,14 ul como mínimo y 15 ul como máximo del coeficiente de seguridad.



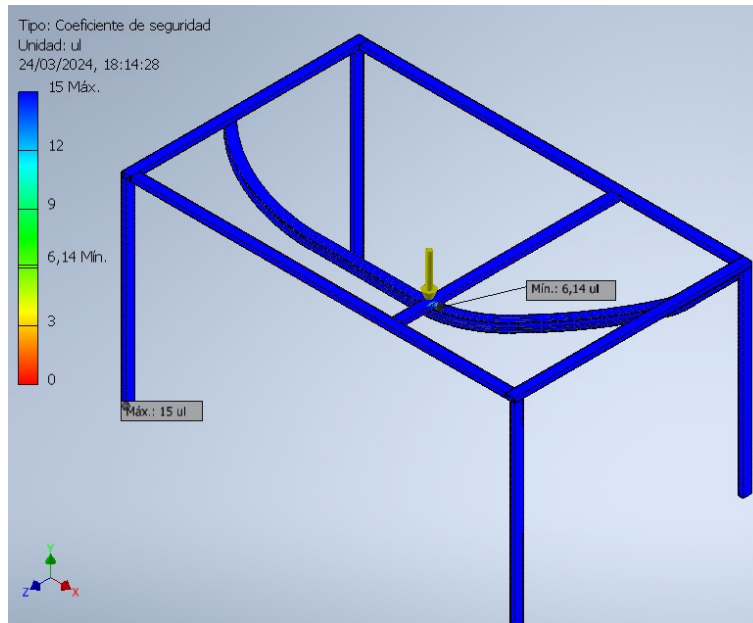


Figura 18. Coeficiente de seguridad del tercer punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

En este punto, en cambio el valor máximo fue de 2,18mm lo cual es un desplazamiento mínimo que no afecta ni deforma la estructura en respuesta a la carga impuesta.

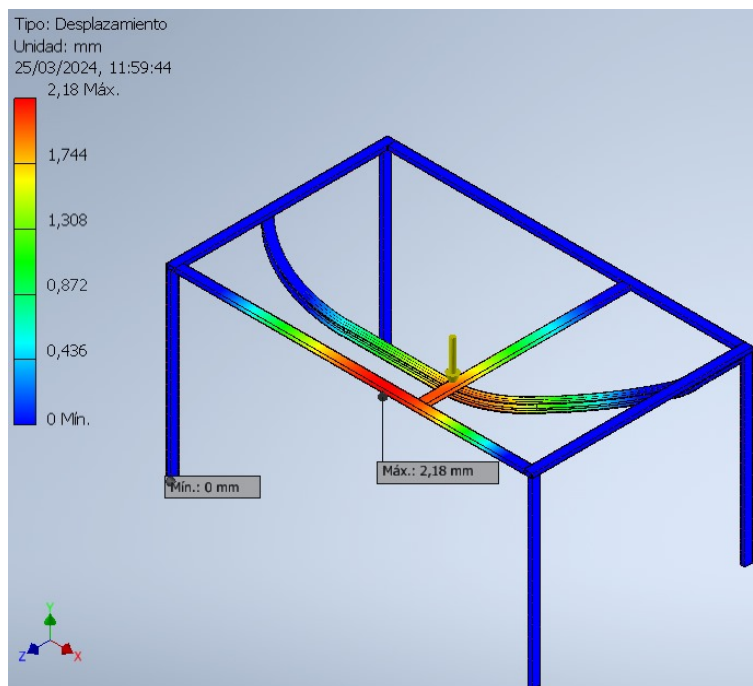


Figura 19. Desplazamiento de estructura simulación del tercer punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

En el cuarto punto analizado, resultó una magnitud de tensión de 35,57MPa, lo cual está dentro de los parámetros aceptables dado que la resistencia del acero es de 248MPa a la elasticidad.



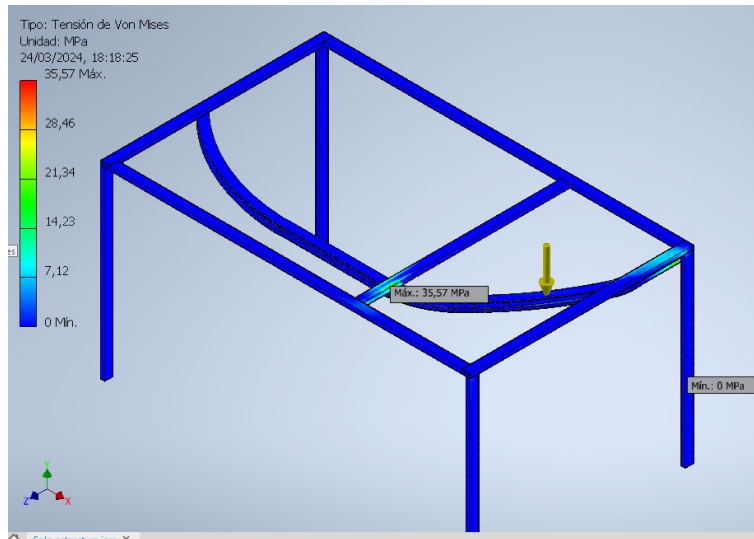


Figura 20. Análisis considerando las cargas en el cuarto punto crítico, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

Y en este punto crítico es 7,03 ul como mínimo y 15 ul como m aximo del coeficiente de seguridad.

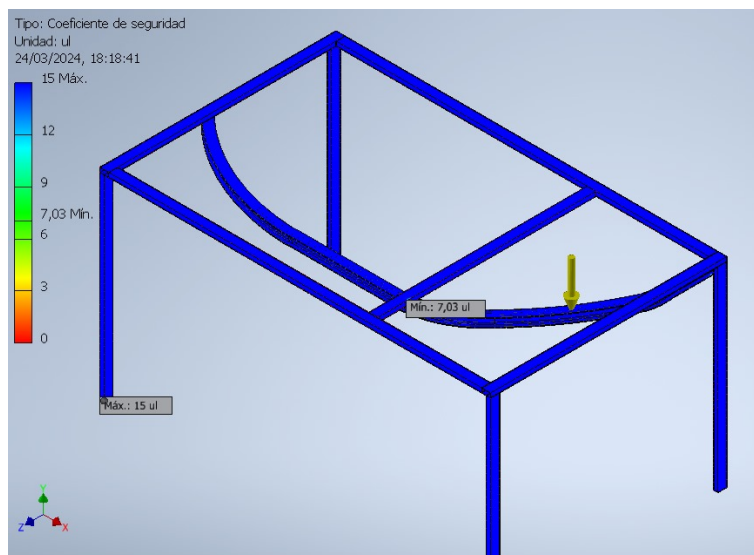


Figura 21. Coeficiente de seguridad del cuarto punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

En cambio aquí el valor m aximo fue de 1,959mm lo cual es un desplazamiento m imo que no afecta ni deforma la estructura en respuesta a la carga impuesta.

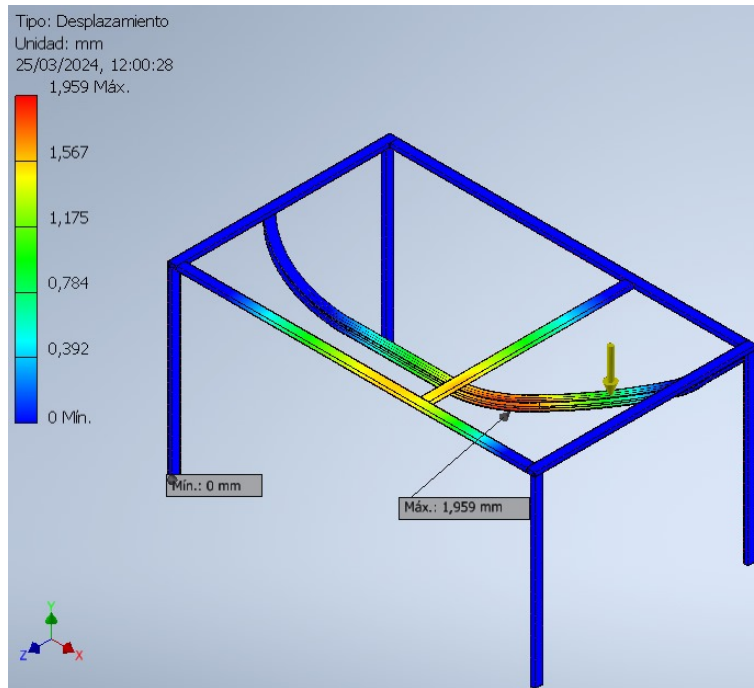


Figura 22. Desplazamiento de estructura del cuarto punto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

A continuación se analiza la tensión, coeficiente de seguridad y desplazamiento en el trolley:

General	Densidad de masa	2,7 q/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	275 MPa
	Resistencia máxima a tracción	310 MPa
Tensión	Módulo de Young	68,9 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo cortante	25,9023 GPa
Nombre(s) de pieza	placa con entrada motor.ipt placa sin entrada motor.ipt eje soldado.ipt eje soldado.ipt eje soldado.ipt eje soldado.ipt eje lado a lado.ipt eje de union.ipt	

Figura 23. Valores referenciales de elasticidad y resistencia a tracción del trolley, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

En la Figura 23 se muestra los valores referenciales de elasticidad y resistencia a tracción del trolley, estos valores se comparan con la simulación.

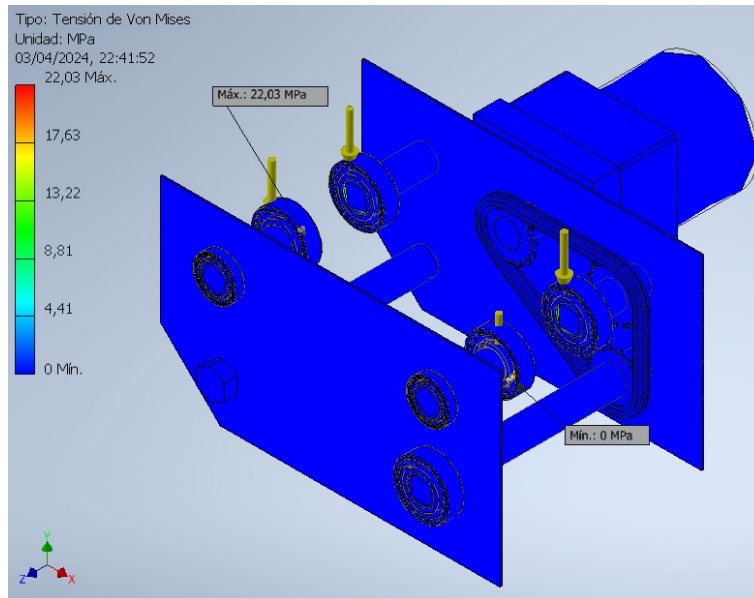


Figura 24. Tensión de Von Mises de trolley, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

En las Figuras 24, 25 y 26 se aplicó una fuerza de 1667 N sobre los cuatro puntos de apoyo del trolley, es decir sobre las ruedas. La fuerza se distribuye en los cuatro puntos de apoyo.

En cuanto a la tensión, se obtuvo una tensión máxima de 22,03 MPa.

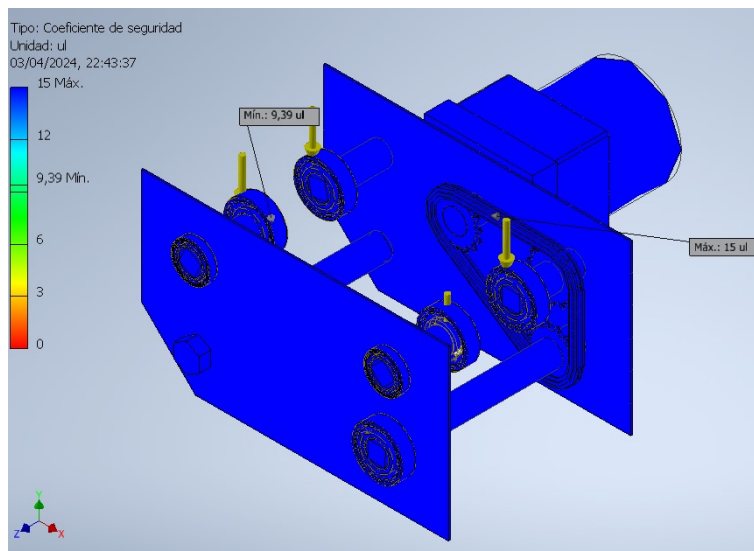


Figura 25. Coeficiente de seguridad de trolley, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

En cuanto al coeficiente de seguridad, se obtuvo un valor mínimo de 9,39 ul y máximo de 15 ul, lo que significa que el trolley soporta entre 9 y 15 veces más la carga referencial.

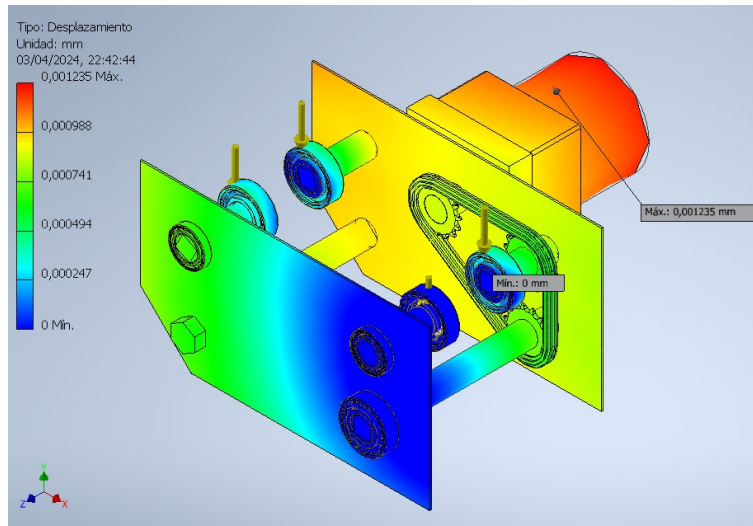


Figura 26. Desplazamiento de trolley, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

Referente al desplazamiento, se obtuvo un desplazamiento mínimo máximo de 0,001235mm lo cual está permitido. Con este valor se puede asegurar que el trolley no se va a deformar en ninguno de los 4 puntos de apoyo.

#### VI-E. Selección de cable de izaje

Para calcular el diámetro del cable de acero para el izaje se debe de tener en cuenta el par de impacto que es de 1,3 al levantar la carga entonces los cálculos se realizan de la siguiente manera.

$$150kg * 1,3 = 195kg$$

$$195kg * 9,8 \frac{m}{s^2} = 1913N$$

Para aplicar la ecuación 2 se tendrá en cuenta que la resistencia del cable de acero según la tabla del anexo A.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Donde:

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

$$A = \frac{1913N}{210 \times 10^6}$$

$$A = 9,10 \times 10^{-6} m$$

Una vez calculado el área se procede a usar la ecuación 3 para poder simplificarla.

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \quad (3)$$

Donde:

$$D = \sqrt{\frac{A*4}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{9,10 \times 10^{-6} \times 4}{\pi}}$$

$$D = 3,40 \text{ mm}$$

Sabiendo esto entonces se recomienda que el cable de izaje tenga aproximadamente un diámetro mínimo de 3,5mm.

#### VI-F. Cálculo de la potencia del motor del polipasto

Donde la velocidad recomendada según [19] la velocidad apropiada sería de 0,15m/s para pacientes con condiciones graves o sensibles al movimiento.

En la que:

$$t = \text{tiempo}$$

$$d = \text{desplazamiento} = 1 \text{ m}$$

$$v = \text{velocidad} = 0,15 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{d}{v} \quad (4)$$

$$t = \frac{1 \text{ m}}{0,15 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$t = 6,67 \text{ seg}$$

Para el cálculo del izaje se debe especificar los siguientes valores, para un peso máximo.

$$\text{Carga} = 150 \text{ kg}$$

$$\text{Tiempo} = 6,66 \text{ sg}$$

$$\text{Distancia} = 1 \text{ m}$$

Aplicando la ecuación 5, donde:

$$W = F * d \quad (5)$$

$$W = (150 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 1,3) * 1 \text{ m}$$

$$W = 1913 \text{ J}$$

Una vez obtenido el trabajo mecánico se procede a encontrar la potencia mecánica con la siguiente ecuación 6:

$$P = \frac{W}{t} \quad (6)$$

$$P = \frac{1913 \text{ J}}{6,66 \text{ seg}}$$

$$P = 287,23Watts$$

El motor que se encontró en el mercado fue de 650 Watts. Las especificaciones de este motor se muestran en los datos del poliplasto en la figura 27.

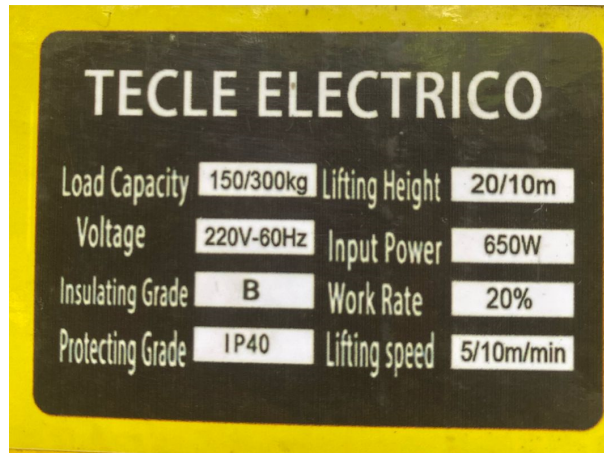


Figura 27. Característica poliplasto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

El motor que se encontró en el mercado fue de 650 Watts. Las especificaciones de este motor se muestran en los datos del poliplasto en la figura 27.

#### VI-G. Cálculos de potencia para el traslado de la carga del Trolley

Realizar este cálculo es importante porque nos permite determinar la fuerza mínima necesaria para poder mover al sistema y realizar el traslado de manera eficiente y segura.

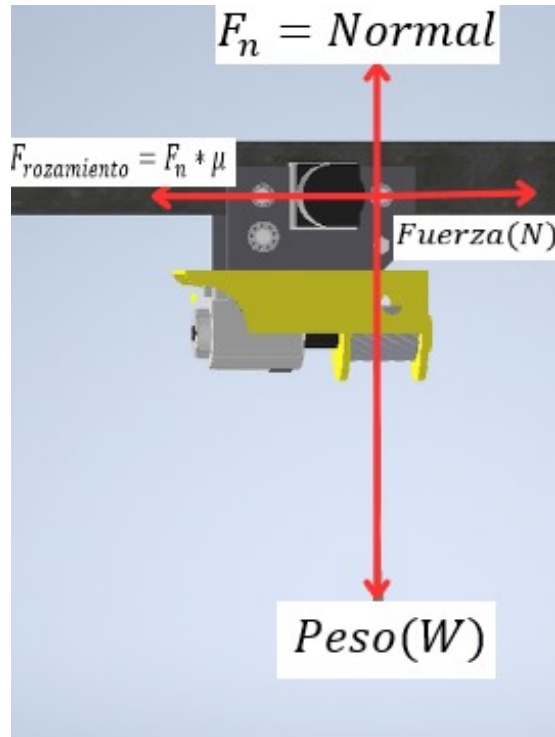


Figura 28. Diagrama del cuerpo libre del trolley, Fuente:J.Ramirez, B.Ureta

Donde se puede observar en la figura 28 el diagrama de cuerpo libre del sistema este nos permite realizar los cálculos y saber cual es la mínima fuerza requerida para poder dar el movimiento de traslación horizontal a la persona.

$$\sum F_y = 0 \quad (7)$$

$$-W + Fn = 0$$

$$Fn = 150 * 9,81$$

$$Fn = 1471,5N$$

En eje  $x$ :

$$\sum F_x = 0 \quad (8)$$

$$-Fs + F = 0$$

$$F = Fs$$

Donde:

$$Fs = \mu * Fn$$

$$F = 0,1 * 1471,5$$

$$F = 147,15N$$

Una vez obtenida la Fuerza se procede a realizar el cálculo del trabajo con la ecuación 5.

$$W = 147,15 * 4m$$

$$W = 588,6J$$

Con la siguiente ecuación se calcula el tiempo

$$t = \frac{e}{v} \tag{9}$$

Donde

$$t = \frac{4m}{0,15seg}$$

$$t = 26,6seg$$

Una vez obtenido el trabajo mecánico se procede a encontrar la potencia mecánica con la ecuación 6 donde el tiempo máximo para el traslado de una persona de un punto a otro es de  $0,15m/s$  según la Norma UNE-EN 13000:2011 por lo que el tiempo deseado para este sistema sería de un promedio de  $26,6seg$  en 4 metros:


$$P = \frac{12,26watts}{774}$$

$$P = 0,0296HP$$

Como resultado se requiere un motor con una potencia de  $0,0296HP$  para colocarlo en el trolley y así poder realizar el desplazamiento sin ningún tipo de problema.

Por lo que se procede a buscar en el mercado un motor que cumpla con cuyas características de potencia, en la figura 29 se observa que el motor seleccionado que tiene  $0,027HP(1/37HP)$  permite una potencia suficiente para hacer trabajar el trolley; además de cumplir con los requisitos necesarios.

**REVERSIBLE MOTORS**  
Single-Phase  
**20w (1/37 HP)**  
Frame Size 3.15 in.sq. (80mm sq.)



GEAR SAFETY STD.

■ Specifications — 30 Minutes Rating

Model		Output Power		Voltage	Frequency	Current	Starting Torque		Rated Torque		Rated Speed	Capacitor
Pinion Shaft Type	Round Shaft Type	HP	W	V AC	Hz	A	oz-in	mN-m	oz-in	mN-m	r/min	μF
<b>4RJ20GB-AUL</b>	<b>4RJ20A-AULA</b>	1/37	20	115	60	0.48	14.6	105	18.7	135	1500	6.0

•Values shown for starting torque and rated torque are measured for operation without the brake applied.  
•The product contains a built-in thermal protector. When a motor overheats for any reason, the thermal protector is opened and the motor stops. When the motor temperature drops, the thermal protector closes and the motor restarts. Be sure to turn the motor off before inspecting.

Figura 29. Ficha técnicas del motor del trolley, Fuente:J.Ramirez, B.Ureta

Despues de realizar varias pruebas de desplazamiento de trolley, se llega a la conclusión que como resultado para el traslado del trolley desde el punto A al B, se hará todo el recorrido a una velocidad constante de  $0,15m/sg$ .



con una velocidad baja por lo que se busca reducir los balanceos al usuario.

Ahora tratando de encontrar la relación entre velocidad lineal y velocidad angular se aplicará la siguiente fórmula:

$$v = r * w \quad (10)$$

Donde:

$v$  = Velocidad lineal.

$r$  =radio.

$w$  =velocidad angular.

Entonces:

$$w = \frac{v}{r}$$

$$w = \frac{0,15 \frac{m}{sg}}{0,0508m}$$

$$w = 2,95 \frac{rad}{sg}$$

$$w = 28,19rpm$$

Al saber la velocidad angular se puede sacar el ratio necesario para la caja reductora del motor del trolley. Se conoce que el motor del trolley gira a 1200rpm por lo cual:

$$N = \frac{1200rpm}{28,19rpm}$$

$$N = 42,56 = 43$$

Como resultado se tiene que la caja reductora debe tener un ratio de 43:1.

#### VI-H. Selección de rodamientos

Para la selección de los rodamientos que se implementaran se deberá tener en cuenta que la vida útil de un rodamiento de bola para un sistema de grúa techo puede variar entre 10.000 y 50.000 horas [20] entonces se requiere que la vida útil de los rodamientos sea  $ld = 50000$  y tendrá una velocidad angular de  $nd = 15rpm$  y la vida nominal es de  $lr = 10^6$  donde habrá una carga de  $1471,5N$  para los 4 rodamientos y el eje tiene un diámetro de  $25mm$ .

Debido a que más adelante para que las ecuaciones se calcula en  $F_d$ , es por ende que se cambia a unidades  $F_d$  la carga.

$$\text{Carga} = \frac{1471,5N}{4}$$

$$\text{Carga} = F_d = 367,87N$$

Entonces para la selección de rodamiento se usara la siguiente ecuación 11:

$$Ld = 60 * \ell d * nd \quad (11)$$

$$Ld = 60 * 50000 * 28,19$$

$$Ld = 84,57 \times 10^6$$

Ahora se procede a realizar la otra ecuación 14 donde  $a = 3$  porque se quiere usar rodamientos de bola.

$$C_{10} = Fd \left( \frac{Ld}{lr} \right)^{1/a} \quad (12)$$

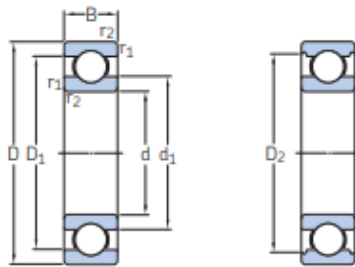
$$C_{10} = 367,87 \left( \frac{84,57 \times 10^6}{1 \times 10^6} \right)^{1/3}$$

$$C_{10} = 2,99 Kn$$

Con el valor obtenido se procede a buscar en el catálogo de rodamientos que se observa en la figura 30 para seleccionar el adecuado.

El rodamiento seleccionado es el 61805 – 2RS1.

### 1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas d 25 – 30 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	Velocidad de referencia	Velocidad límite <sup>1)</sup>		Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado <sup>1)</sup>
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-	
25	37	7	4,36	2,6	0,125	-	11 000	0,022	▶ 61805-2RS1	-
	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	19 000	0,022	▶ 61805-2RZ	-
	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	▶ 61805	-
	42	9	7,02	4,3	0,193	-	10 000	0,045	▶ 61905-2RS1	-

Figura 30. Selección de rodamiento, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

### VI-I. Selección de la cadena

#### 1. Factor de servicio

Para el Factor de servicio se tomó como valor de referencia el siguiente, según la tabla del anexo B .

$$Fa = 1,3$$

#### 2. Potencia de diseño

La potencia de diseño se calculó con la siguiente fórmula:

$$Pd = P * Fa \quad (13)$$

Donde:

$$Pd = 20w * 1,3$$

$$Pd = 26w$$

$$Pd = 0,026Kw$$

#### 3. Relación de transmisión

El cálculo de la Relación de transmisión se realizó de la siguiente forma:  $2,95(\frac{rad}{s}) = 28,17rpm$

Donde:  $i = \frac{n_1}{n_2}$

$$i = \frac{28,17rpm}{28,17rpm}$$

$$i = 1$$

#### 3.a. Dientes de catalina, según la tabla 9

$$Z_1 = 15$$

$$i = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Donde:

$$Z_2 = i * Z_1$$

$$Z_2 = 1 * (15)$$

$$Z_2 = 15$$

#### 4. Potencia y selección de cadena

- Cadena 06B-1 paso 9,53mm

$$\frac{x-0,11}{28,17-50} = \frac{0,11-0,06}{50-25}$$

$$x = 0,066KN < 0,026KN$$

- Cadena 08B-1 paso 12,70mm

$$\frac{x-0,28}{28,17-50} = \frac{0,28-0,18}{50-25}$$

$$x = 0,19KN > 0,026KN$$

Se selecciona la cadena 08B-1 P 12,70mm

5. Diametro - catalina, de acuerdo a la tabla del anexo C

$$D_1 = \left(\frac{180}{Z_1}\right)^{-1}P \quad (14)$$

Donde:

$$D_1 = 61,08mm$$

#### VI-J. Arnés

Arnés para pacientes hipotónicos que no pueden moverse por afección muscular, con cinturón delantero de ajuste rápido, con dos hebillas traseras de 87 cm de largo y dos hebillas delanteras de 105 cm de largo, para circunferencia de pecho de 90 a 115 cm. Muy fácil de utilizar en el baño y la bañera gracias al tejido de fácil secado.

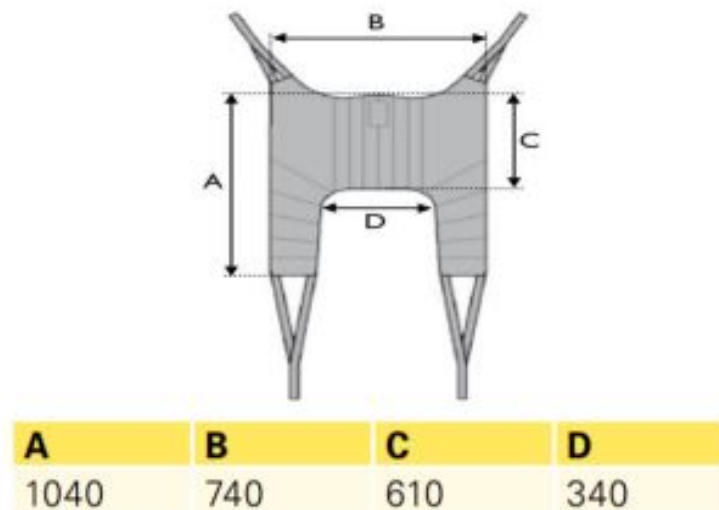


Figura 31. Arnés de seguridad, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

Esta constituido con una eslinga que soporta de hasta 150 kg, constituida en tela de algodón suave - impermeable para uso en el baño o bañera. Además se utilizarse en posición de decúbito dorsal, incorporado para el sistema grúa techo de acuerdo a las medidas en la Figura 31.

#### VI-K. Validación de sistema grúa techo para el traslado de pacientes

Para este resultado se compara el sistema grúa de techo para facilitar el traslado en el hogar de pacientes de Stsmedical [21].

VI-K1. *Capacidad de carga:* Para la evaluación se deberá aclarar que el Sistema A será el de Stsmedical y el sistema B será el de los autores este documento.

- Sistema A: Capacidad de carga de 270Kg Sencilla función.
- Sistema B: Capacidad de carga de 150Kg Sistema de control avanzado.

VI-K2. *Costos:*

- Sistema A: Costo inicial de adquisición \$2090(*imp.incluido*).
- Sistema B: Costo inicial de adquisición \$2576(*imp.incluido*).

VI-K3. *Tiempo de traslado:*

- Sistema A: Traslado promedio de 12sg en linea recta.
- Sistema B: Traslado promedio de 26sg en recorrido lineal con curva.

Basándonos en esta información hipotética, se puede observar que el sistema A tiene una mayor capacidad de carga, más económico y un tiempo de traslado más rápido que el sistema B. Sin embargo, el Sistema B un sistema de control avanzado, inalámbrico considerando todas las variables relevantes.

Evidentemente el sistema más factible en cuestión de capacidad de carga y costo inicial es el sistema A, pero si se desea realizar un recorrido no tan sencillo sería mejor el sistema B, ya que este sistema se adapta al tipo de recorrido que se desea implementar y no solo eso si no que también se tiene una mayor comodidad a la hora de controlar los movimientos requeridos del dispositivo para su respectivo funcionamiento.

VI-L. *Programación logo confort*

Este tipo de software de Siemens para programar se caracteriza por su facilidad de uso y su amplia gama de funciones, como por ejemplo:

- El diagrama de bloques de la programación es intuitiva.
- En la programación se puede usar las funciones básicas como AND, OR, NOT, temporizadores, contadores, etc.
- El programa incluye funciones para control de motores, comunicación con otros dispositivos, etc.
- Permite probar y verificar el programa mediante simulaciones.

En la figura 32 muestra la programación en bloques para el control del sistema grúa techo, donde se puede encontrar las siguientes variables:

- $I_n$  son entradas físicas puesta como para probarlos en caso de emergencia con alguna botonera para accionarlos en caso de que el control con el dispositivo fallase o si se quiera controlar el sistema de una manera física.
- $M_n$  es una marca digital que realizara la función de una botonera de acción.
- $N_n$  este tipo de variable permite relacionar los canales de dirección por ethernet es decir que cada  $N$  sería como una IP diferente para vincularlo con NODE RED.
- $Q_n$  estas asignaciones indican las salidas que tendrá la programación.

Para explicar el funcionamiento del código es que mediante la activación de las marcas  $M$  se enviara un 1 o más bien una señal en alto donde dicha señal sigue hasta encontrarse con una comparación donde dice que si la señal de entrada es igual a 1 o mayor abre el paso, en caso contrario cierra el circuito, como sí hay una señal en alto entonces se pasa a la siguiente función que es una *and* o también conocida como multiplicación donde hará una comparación de entradas, la primera entrada es una señal negada es decir un *not* lo que significa que si la señal antes de llegar al *not* es 1 entonces la función invertirá el resultado a 0, a lo que se quiere llegar es, que para que la función de *and* deje pasar la señal, ambas señales de entrada deben estar en 1.

Se consigue como resultado al usar esas dos funciones combinadas eliminar un posible corto al querer usar las 2 marcas al mismo tiempo, por lo que con esto solo permanecerá activa una sola salida  $Q$ . Las salidas  $Q$  tienen como asignación:

- Q1 hará la función de subir.
- Q2 hará la función de bajar.
- Q3 hará la función de adelante.
- Q4 hará la función de atrás.

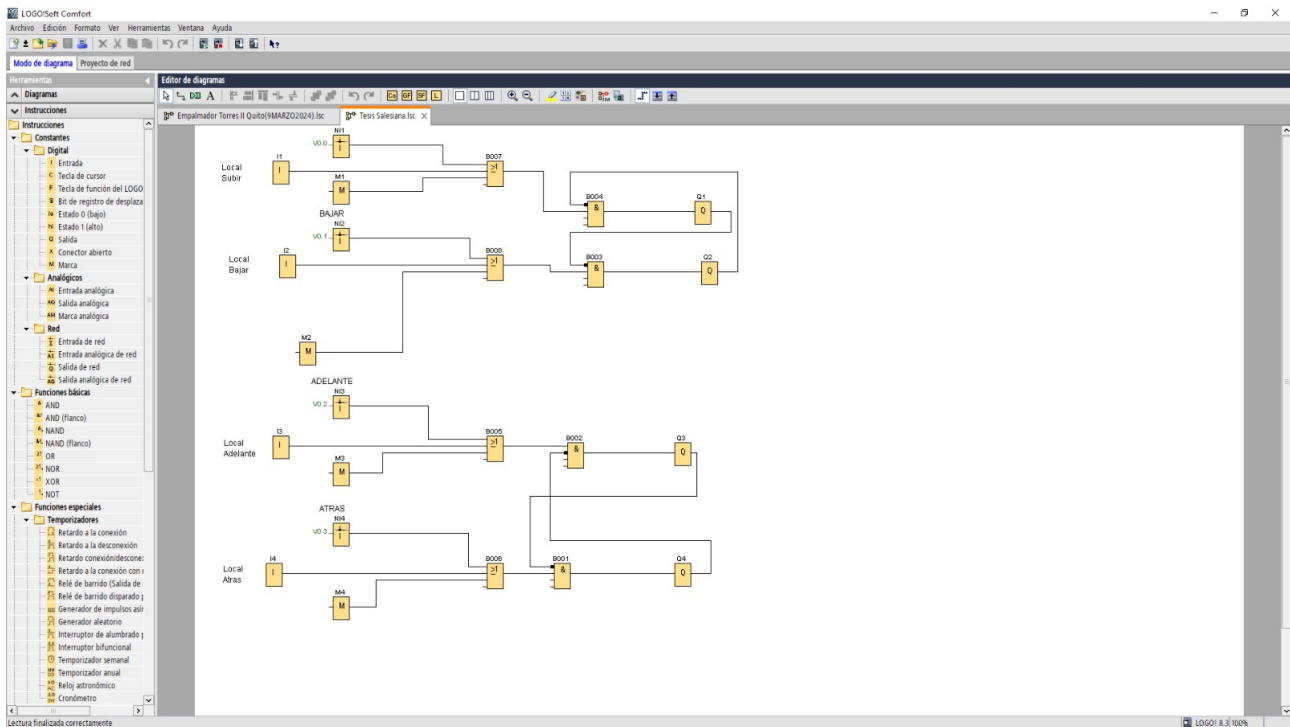


Figura 32. Programación con logo confort, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

#### VI-M. Programación Node red

Este tipo de programación permite a los usuarios crear flujos de trabajo arrastrando y soltando nodos en una interfaz gráfica, lo que facilita la automatización de procesos y la conexión de dispositivos en el Internet de las cosas más conocido también como (IoT). En la figura 33 muestra el tipo de lógica que se uso en la programación.

- Vinculamos el nombre *subiendo* con la variable creada en la programación de logo confort.
- La siguiente acción es la que permite comparar si la señal es True o False.
- En la tercera función de la primera línea nos permite relacionar dicho valor con la nube para poder enlazar la variable.
- Como último tenemos el mensaje de la nube, es decir que esta primera línea nos permite ver si en realidad se encuentra en línea el sistema, funciona como un indicador.
- En la segunda línea se procede a crear la variable.
- Una vez este enlazadas la última línea con las variables  $n$  del logo se deberá colocar un debug para poder completar el enlace para poder cambiar el valor dado en la otra programación.
- En la siguiente columna se observa otra función donde se compara el valor si es 1 o si es 0.
- Se activa subir dando paso a que la variable de salida cambie de estado.

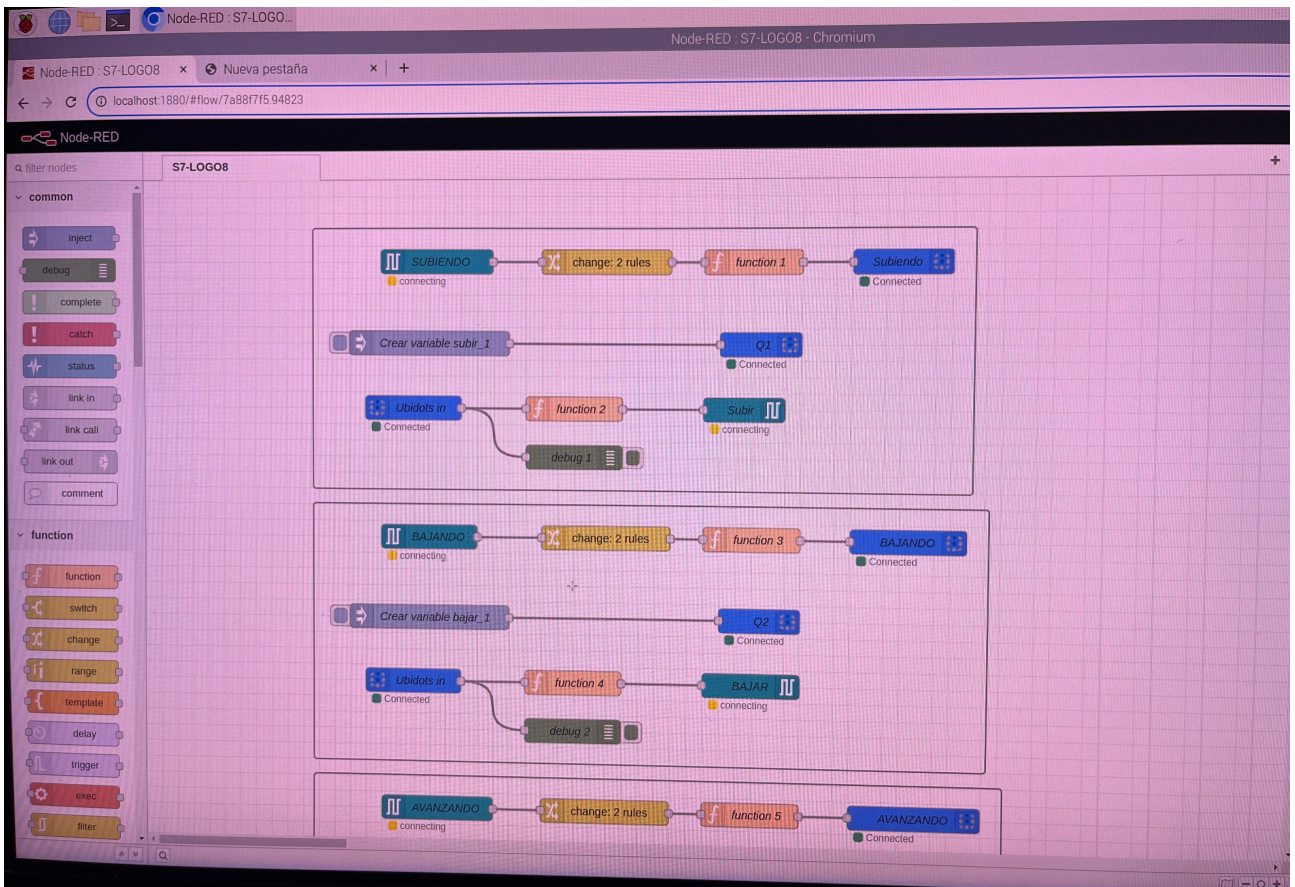


Figura 33. Programación con node red, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

## VII. RESULTADOS

### VII-A. *Procedimiento para la fabricación de la base y viga curva para el trolley y polipasto*

- 1 .Corte y preparada de materiales.
- 2 .Armada de marco de acuerdo a plano.
- 3 .Soldada de todo el marco con soldadura proceso mig mag.
- 4 .Fabricación de plantilla para llegar a la curva indicada en plano.
- 5 .Fabricación y soldadura de viga curva.
- 6 .Montaje de viga sobre bases existentes.
- 7 .Pulida y pintada de todo lo fabricado.
- 8 .Montaje y prueba de trolley hasta que haga su buen recorrido sobre la viga.
- 9 .Colocación de polipasto sobre trolley y prueba total de los 2 equipos.
- 10 .Corrección de fallas y detalles de funcionamiento.

En la figura 34, se identifica el montaje del trolley funcional, evidenciando que ya que no cuenta con fallos. Además que es de fácil uso, también permite resistir el peso del asiento y del usuario; sin interrumpir el uso común y funciones del asiento.





Figura 34. Trolley , Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

En cuanto a la figura 35 permite que se cuente con un sistema de ruedas que permiten trasladar a cualquier lugar. El sistema de cables del dispositivo cuenta con dos puntos de sujeción, el cual evita el tambaleo o inestabilidad.

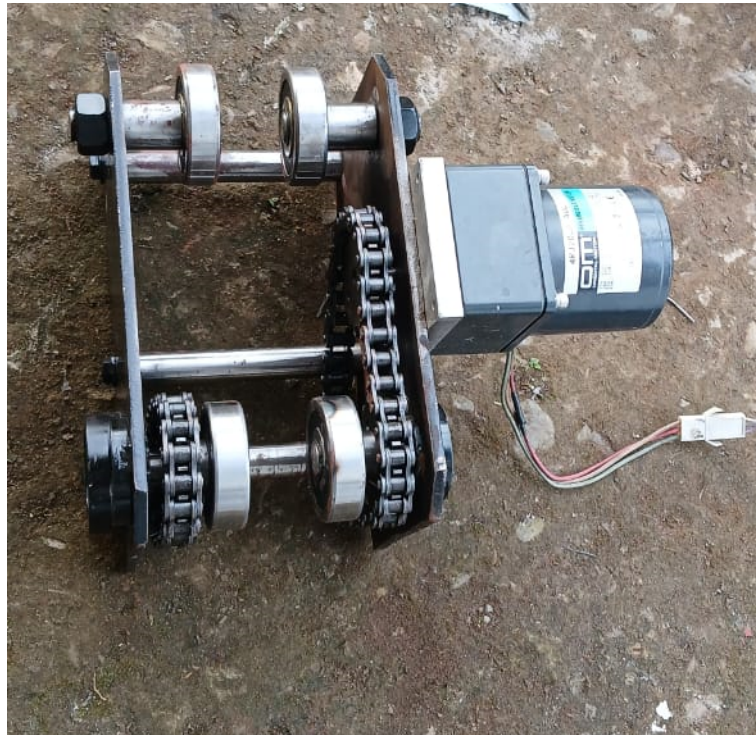


Figura 35. Trolley acabado, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

Siendo estos componentes los indispensables para que se logre la movilidad de la persona facilitando el traslado, conjunto con movimientos suaves y lentos. Este dispositivo podrá modificar su altura para realizar distintas actividades, además de adaptarse a las dimensiones del lugar en donde sea utilizado. Con el cual se levantará a cualquier paciente sin problema y mantendrá estable al paciente durante el traslado. Soportara un peso máximo de 150 kg y un mínimo de 80 kg.



Figura 36. Estructura con trolley

Dentro del sistema incluye un riel con curva que ayudara a el traslado del paciente de un ambiente dentro de la

habitación a otro como puede ser el baño, en nuestro prototipo tuvimos que realizar un sin número de pruebas y modificación al material utilizado para poder obtener la curva deseada, para que en el momento en que el paciente esté usando el sistema al momento de girar no se genere ningún movimiento brusco que pueda causar algún tipo de molestia al paciente.

El prototipo es de escala 1:2 con respecto a la estructura real; el mismo realizo un levantamiento suave de muy poco impacto debido a que el paciente que utilice la estructura requiere de movimientos regulares para no afectar su padecimiento. Además el traslado fue suave, consiguiendo que llegue a su lugar de manera cómoda y segura.

En el prototipo se utilizó con una carga de 50kg en el que se observó que permite elevar y trasladar al paciente. Por lo que la estructura con los cálculos realizados no presento deformación alguna, por ende su comportamiento para el traslado para el paciente es adecuado.

Para el traslado del trolley se implementó una viga con curvatura a fin de resolver la carga a la que estará sometida la estructura, fue por medio del cálculo de límites y ángulos de carga con el que sea idóneo el comportamiento aerodinámico para el traslado. Además que se aplicó unos pequeños rulimanes como guía para que el trolley no salga de la guía.

En cuanto al consumo eléctrico que se tuvo en comparación de los motores tanto del polipasto fue de 287,23Watts consumido, frente al amperaje nominal de placa que es 650Watts, permitiendo que este motor aporte toda la potencia necesaria para el polipasto; y para el trolley fue de 0,0296HP, frente al motor seleccionado de 0,027HP permite el traslado necesario para trabajar del trolley.

El movimiento como se muestra en la Figura 36 consta de un motor que permite que al activarse se realice los movimientos verticales de forma correctos y no presentó trabas ni enredos en el cable; seguidamente se comprueba que el trolley en la Figura 35 con el que permite a los movimientos horizontales sigan la trayectoria de los raíles del sistema del techo con facilidad.

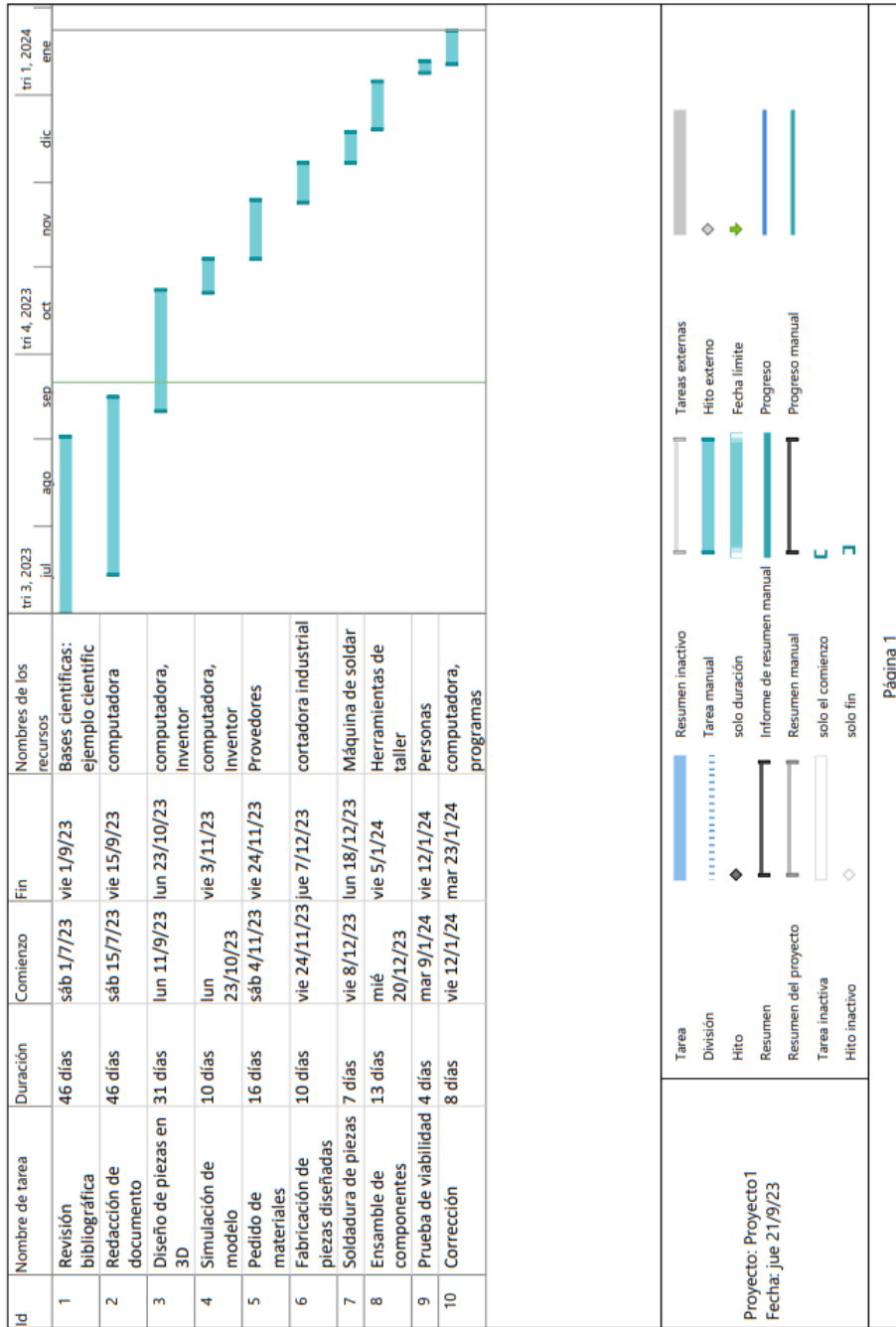
En cambio al valor máximo nos indica que cuando se aplica la máxima fuerza en la cual el esfuerzo de tensión que le aplique no perjudica, ni causa algún daño a la estructura ya que no se observa que la estructura llegue a sus valores máximos de ruptura.

El mecanismo realizado fue por el software Inventor a fin de que los esfuerzos y deformación presentan similares valores de los calculados al prototipo, sobre todo al facto de seguridad y desplazamiento.

### VIII. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo en la figura I.

Tabla I  
CRONOGRAMA



## IX. PRESUPUESTO

Arnes	\$ 220,00
Polipasto	\$ 86,00
Trolley eléctrico	\$ 600,00
Mano de obra	\$ 500,00
Planchas de playwood	\$ 65,00
Ambiente de maqueta	\$ 100,00
Material de estructura	\$ 100,00
Material de viga	\$ 100,00
raspberry pi 3	\$ 125,00
Llogo + Componentes	\$ 680,00
Total	\$ 2.576,00

## X. CONCLUSIONES

Con este proyecto se busca cubrir la necesidad de aumentar la independencia de las personas que sufren de discapacidad y más aún facilitar el trabajo a la persona que se encarga de ellos. El prototipo desarrollado busca poder ser implementado dentro de las viviendas sin causar un daño o cambio en la estructura de las mismas, es decir el prototipo cuenta con sus propias bases y vigas para poder ser instalado dentro del hogar, fabricadas a base de tubo cuadrado de 2x2 y sujetas con pernos de expansión a las vigas propias de la casa, generando un refuerzo a las mismas.

El desarrollo del proyecto se logró a través de un exhaustivo proceso de diseño, pruebas y comprobación de resultados, a base de esto se pudo desarrollar el sistema de grúa en techo cumpliendo normas establecidas, la selección cuidadosa de materiales resistentes y duraderos, junto con el uso de tecnología avanzada en la mecánica y los controles, garantiza un funcionamiento confiable y sin problemas, proporcionando a los usuarios una experiencia segura y cómoda en todo momento.

La implementación de este sistema de grúa en techo ofrece ventajas significativas sobre los métodos de traslado convencionales, como la reducción del riesgo de lesiones para el personal médico y el paciente, así como una mayor eficiencia en la movilización dentro de las instalaciones de atención médica y dentro de las viviendas. La implementación de este sistema se hizo según las especificaciones requeridas.

El análisis de comparación de características del sistema muestra que en términos de capacidad de carga y costo inicial de adquisición, el sistema desarrollado tiene menos capacidad de carga y su tiempo de traslado es mayor, sin embargo, se debe considerar que en el sistema desarrollado cuenta de una estructura donde está colocado el riel, en cambio el otro sistema el riel tiene que ir empernado a la losa de la habitación. Por lo anterior, el sistema desarrollado tiene un costo de adquisición mayor, aunque su portabilidad y las pruebas de seguridad realizadas demuestran la facilidad del sistema.

Se reconoce la importancia de continuar con la investigación y el desarrollo de este tipo de tecnologías para mejorar la calidad de la atención médica y la experiencia del paciente en entornos clínicos y hospitalarios. Debido a que el sistema de techo convirtió la transferencia de un adulto mayor en una actividad mucho más rápida, eficaz y fluida como también la adaptación a distintas elevaciones y alturas según lo requiera el personal que lo asiste.

Los materiales sobre todo del arnés está adaptado a las condiciones del paciente, pues este al perder su conocimiento tienden a comportarse de manera errática o con miedo y por ende facilidad más su traslado con este tipo de arnés que cuenta con una tela de algodón impermeable para su cómoda limpieza y duración.

## XI. RECOMENDACIONES

Para desarrollar e implementar un sistema de riel en techo se deben tener en cuenta varios aspectos como el diseño de la estructura, diseño del sistema, medidas, capacidad y potencia de los motores, y realizar una ardua investigación comparativa con respecto a otros sistemas que ya están en mercado; por eso luego de una ardua investigación nosotros decidimos realizar este diseño de estructura antes mencionado, ya que es más factible y rentable económicamente.

El prototipo cuenta con un sistema de elevación y traslación que es controlado mediante un app que se encuentra en la nube, es decir puede ser controlado no solo por los familiares que estén dentro de la vivienda sino también por familiares que se encuentren en otro sitio.

Se recomienda realizar estudios adicionales, incluyendo pruebas piloto en entornos clínicos reales, para evaluar la efectividad y la aceptación del sistema de grúa en techo por parte del personal médico y los pacientes, así como su impacto en la eficiencia operativa y la seguridad en la atención médica.

Se recomienda adquirir un arnés de tipo vertical el mismo que facilitará la rehabilitación del paciente que aún no pierden la totalidad de su movilidad en sus extremidades inferiores.

Es recomendable realizar más pruebas, con diferentes pacientes debido a que se observará la necesidad del mismo y como este tipo de grúa a tiende a las mismas con ligeras modificaciones como las uniones de los tramos curvos por ello.

Se recomienda engrasar los rieles una vez al mes y verificar que se encuentren nivelados, además de revisar el estado de todo el sistema con fin de que cumpla el propósito de su construcción.

Se requiere que sea desmontable la estructura debido a que la misma que pueda adaptar a diferentes espacios donde se colocará y que permita su movilidad rápida, dependiente del requerimiento del paciente.

## REFERENCIAS

- [1] F. V. Viles-González JF, *Atherothrombosis: a widespread disease with unpredictable and life-threatening consequences*. 2004.
- [2] Constantin, Socea, Severus, Epistatu, y Paunica, *Automatismos Eléctricos*, file:///C:/Users/micha/Downloads/elementos-electromecanicos.pdf, 2022.
- [3] Paz & López, *Automatismos Eléctricos*, [https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/06/999791/ao\\_01.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/06/999791/ao_01.pdf), 2015.
- [4] Díaz, C., *Condiciones de accesibilidad para las personas con discapacidad física en los atractivos turísticos patrimoniales del centro histórico de la ciudad de Ibarra*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8348>, 2018.
- [5] Carty, y otros, *The First Global Physical Activity and Sedentary Behavior Guidelines for People Living With Disability*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8348><https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33395628/>, 2021.
- [6] Sharmila, Saini, Choudhary, Yuvaraja, & Rahul, *Solar Powered Multi-Controlled Smart Wheelchair for Disabled: Development and Features*. <https://doi.org/10.1166/jctn.2019.8401>, 2019.
- [7] Hernández, B., *Percepción espacial y movilidad de personas con discapacidad en Cuernavaca*, <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/2075>, 2022.
- [8] Organización Mundial de la Salud, *Discapacidad*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>, 2022.
- [9] David & Argüello., *Desarrollo de un sistema grúa de techo para facilitar el traslado en el hogar de pacientes con distrofia muscular de Duchenne*. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/12714>, 2022.
- [10] Burr & Choudhury, *Fine Motor Disability*. StatPearls Publishing. Cargoflet basant, <https://cfblasant.com/>, 2022.
- [11] Pavón, L., *Diseño y construcción de una grúa para transferencia de personas con discapacidad motriz*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5963>, 2016.
- [12] Navas, E., *Desarrollo de un sistema grúa de techo para facilitar el traslado en el hogar de pacientes*. <https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/>, 2020.
- [13] O. Moliner, *Arnes dorso lumbar piernas separadas baño winncare*, 2019.
- [14] medicalexpo, *Sistema de grúa de techo UNILIFT*, 2024. dirección: <https://pdf.medicalexpo.es/pdf/horcher-medical-systems/sistema-grua-techo-unilift/68764-71582.html>.
- [15] Fan Mo, Miriam Ugarte Querejeta, Joseph Hellewell, Hamood Ur Rehman, Miren Illarramendi Rezabal, Jack C. Chaplin, David Sanderson a, Svetan Ratchev., *PLC orchestration automation to enhance human-machine integration in adaptive manufacturing systems*, 2023.
- [16] Yajaira Villamizar Silva, *DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PREVENCIÓN DE INTRUSOS SOBRE RASPBERRY PI 3, ORIENTADO A DISPOSITIVOS DE LA INTERNET DE LAS COSAS*, 2017. dirección: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:194575462>.
- [17] *Node-RED*. dirección: <https://nodered.org/>.
- [18] Moreno-Eguilaz, J.A., et al., *Relés: Fundamentos y aplicaciones*, 2014.
- [19] L. Morales, J. Caro, B. Amador, J.García, *Diseño de dispositivo mecánico para el traslado de pacientes con discapacidad motriz*, 2022. dirección: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias>.
- [20] Asociación Española de Fabricantes de Grúas, *Manual de diseño de grúas*.
- [21] Stsmedical, *Grúa de techo fija*. dirección: <https://stsmedical.com/212-grua-de-techo-fija>.



ANEXO A  
ACERO

Tabla de resistencia del acero

Tabla 1.1 Aceros de alta resistencia SAE J2340 <sup>(6)</sup>		
Acero	Grado/Tipo	Grado de resistencia MPa
Resistencia a la abolladura endurecido sin homeado.	A	180, 210, 250, 280
Resistencia a la abolladura endurecido por homeado.	B	180, 210, 250, 280
Alta resistencia endurecido por precipitación.	S	300,340
Alta resistencia baja aleación.	X, Y	300, 340, 380, 420, 490, 550
Alta resistencia recuperación por recocido.	R	490, 550, 700, 830
Alta resistencia avanzados.	Fig. 1	Fig. 1

Figura 37. Resistencia del acero

ANEXO B  
CADENA

Factor de servicio:

Table 1

Application service factor ( $F_a$ )		Type of prime mover		
Load classification	Driven equipment	Electric motor or turbine	Internal combustion engine > 6 cylinders, with flywheel, or hydraulic coupling	Internal combustion engine < 6 cylinders, with NO flywheel, or hydraulic coupling
<b>Uniform load (U)</b>	Agitators; centrifugal blowers; generators, centrifugal pumps; Uniformly loaded belt conveyor, lightly loaded chain conveyors	1.0	1.0	1.2
<b>Moderate shock (M)</b>	Centrifugal compressors; kilns and dryers; conveyors and elevators with intermittent, medium load fluctuations; Dryers; Pulverisers; machinery with moderate pulsating loads (machine tools paper, textiles)	1.3	1.2	1.4
<b>Heavy shock (H)</b>	Press, construction and mining equipment; reciprocating machinery, (compressors, reciprocating feeders, oil well rigs) rubber mixers, roll lines, machinery with heavy shock or reversing torques	1.5	1.4	1.7 – 1.9

12

SKF

Figura 38. Factor de servicio

ANEXO C  
POTENCIA DE LA CADENA

Potencia de la cadena:

## Power Rating Tables (kW) – BS / DIN Chains

Table 9a																	
06B-1; (9.53 mm Pitch) Power ratings in kilowatt (European standard)																	
No of teeth	Pitch circle Dia.	rpm of small (faster) sprocket $z_1$															
		Z	mm	25	50	75	100	200	400	500	750	1 000	1 200	1 440	1 750	2 000	2 250
13	39,80	0,05	0,10	0,14	0,18	0,35	0,67	0,76	1,14	1,49	1,73	2,05	2,67	2,95	3,30	3,55	4,31
15	45,81	0,06	0,11	0,15	0,19	0,37	0,71	0,80	1,22	1,59	1,83	2,17	2,82	3,12	3,50	3,76	4,57
17	51,84	0,07	0,13	0,19	0,23	0,46	0,87	0,99	1,48	1,95	2,25	2,68	3,47	3,83	4,30	4,62	5,61
19	57,87	0,08	0,15	0,22	0,27	0,54	1,01	1,15	1,73	2,27	2,62	3,11	4,04	4,46	5,00	5,38	6,53
21	63,91	0,09	0,18	0,24	0,30	0,59	1,11	1,27	1,91	2,49	2,87	3,42	4,44	4,90	5,50	5,91	7,18
23	69,95	0,10	0,19	0,26	0,32	0,64	1,22	1,38	2,08	2,72	3,14	3,73	4,84	5,36	5,99	6,45	7,84
25	76,00	0,10	0,21	0,28	0,35	0,70	1,31	1,50	2,25	2,95	3,40	4,05	5,25	5,80	6,50	6,99	9,21
Lubrication method		TYPE 1					TYPE 2										

Table 9b																	
08B-1; (12.70 mm Pitch) power ratings in kilowatt (European standard)																	
No of teeth	Pitch circle Dia.	rpm of small (faster) sprocket $z_1$															
		Z	mm	25	50	75	100	200	400	500	750	1 000	1 200	1 440	1 800	2 000	2 250
13	53,07	0,16	0,24	0,43	0,59	0,82	1,55	2,18	3,24	4,06	4,14	4,56	5,14	6,59	5,33	3,34	2,39
15	61,08	0,18	0,28	0,45	0,62	0,96	1,80	2,32	3,44	4,31	4,84	5,28	6,38	6,99	5,64	4,14	2,97
17	69,12	0,22	0,32	0,56	0,76	1,10	2,06	2,84	4,22	5,28	5,53	5,94	7,69	8,59	6,93	5,00	3,57
19	77,16	0,25	0,36	0,65	0,89	1,25	2,33	3,31	4,91	6,15	6,24	6,91	9,01	9,99	8,06	5,90	4,22
21	85,21	0,27	0,39	0,71	0,98	1,39	2,60	3,64	5,41	6,77	6,96	7,60	10,04	10,99	8,87	6,86	4,91
23	93,27	0,30	0,43	0,78	1,06	1,52	2,85	3,97	5,89	7,37	7,67	8,29	11,07	11,99	9,68	7,86	5,62
25	101,33	0,32	0,48	0,84	1,15	1,67	3,12	4,30	6,39	7,99	8,39	8,98	12,10	12,99	10,49	8,93	6,38
Lubrication method		TYPE 1					TYPE 2					TYPE 3					

Table 9c																
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figura 39. Potencia de la Cadena

ANEXO D  
PLANOS

Planos de las piezas acotadas en inventor 2021:

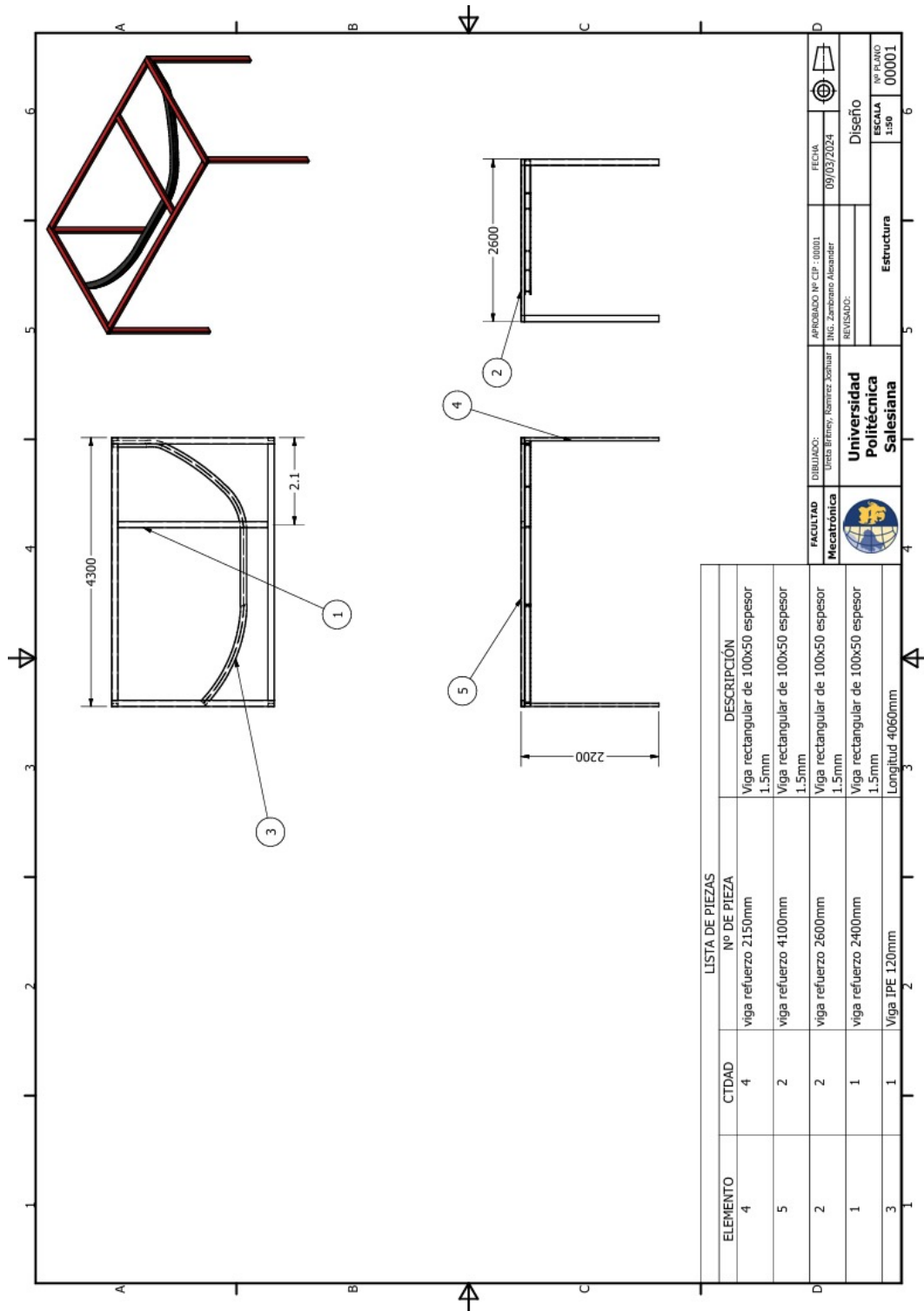


Figura 40. Estructura, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

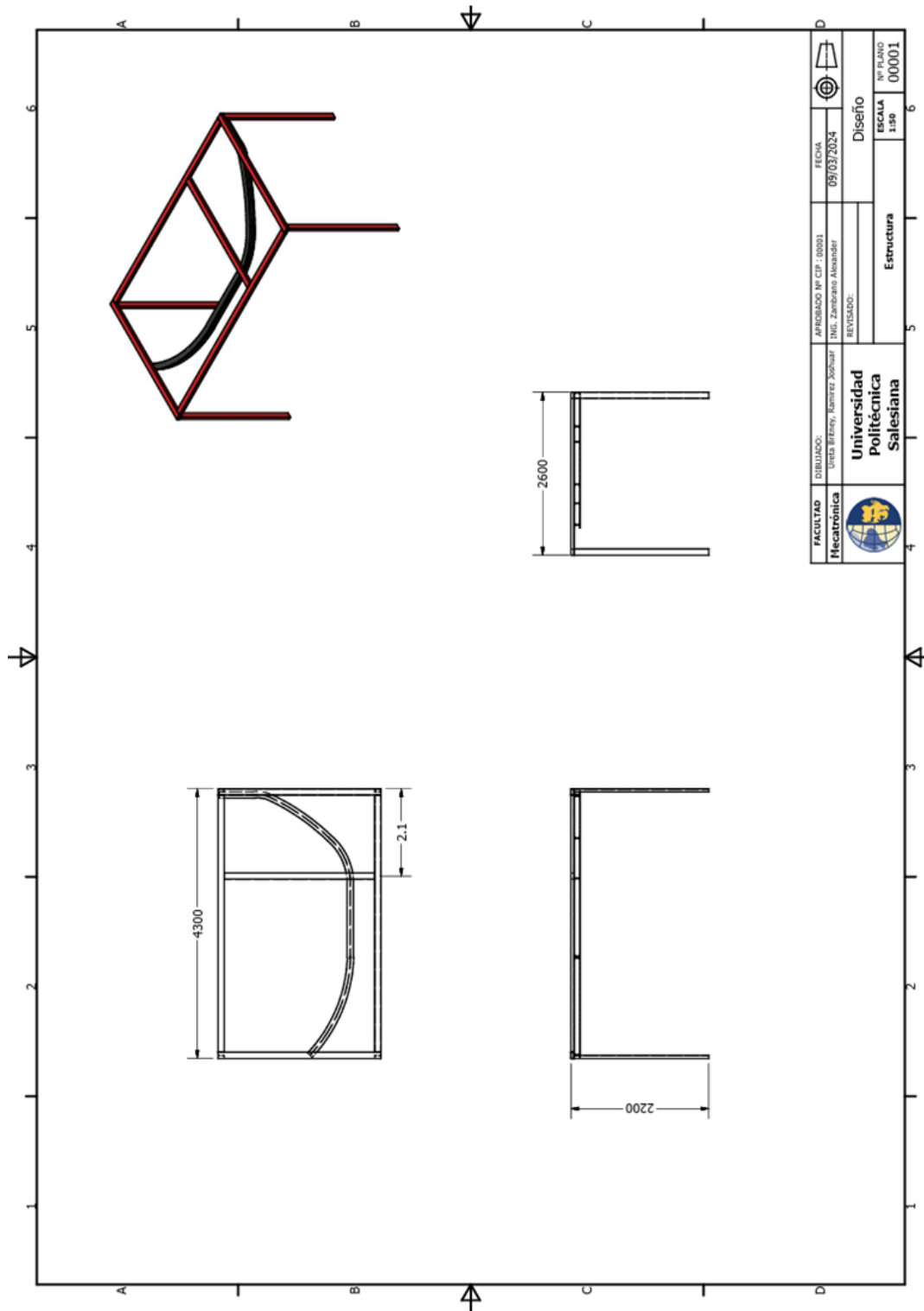


Figura 41. Estructura, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

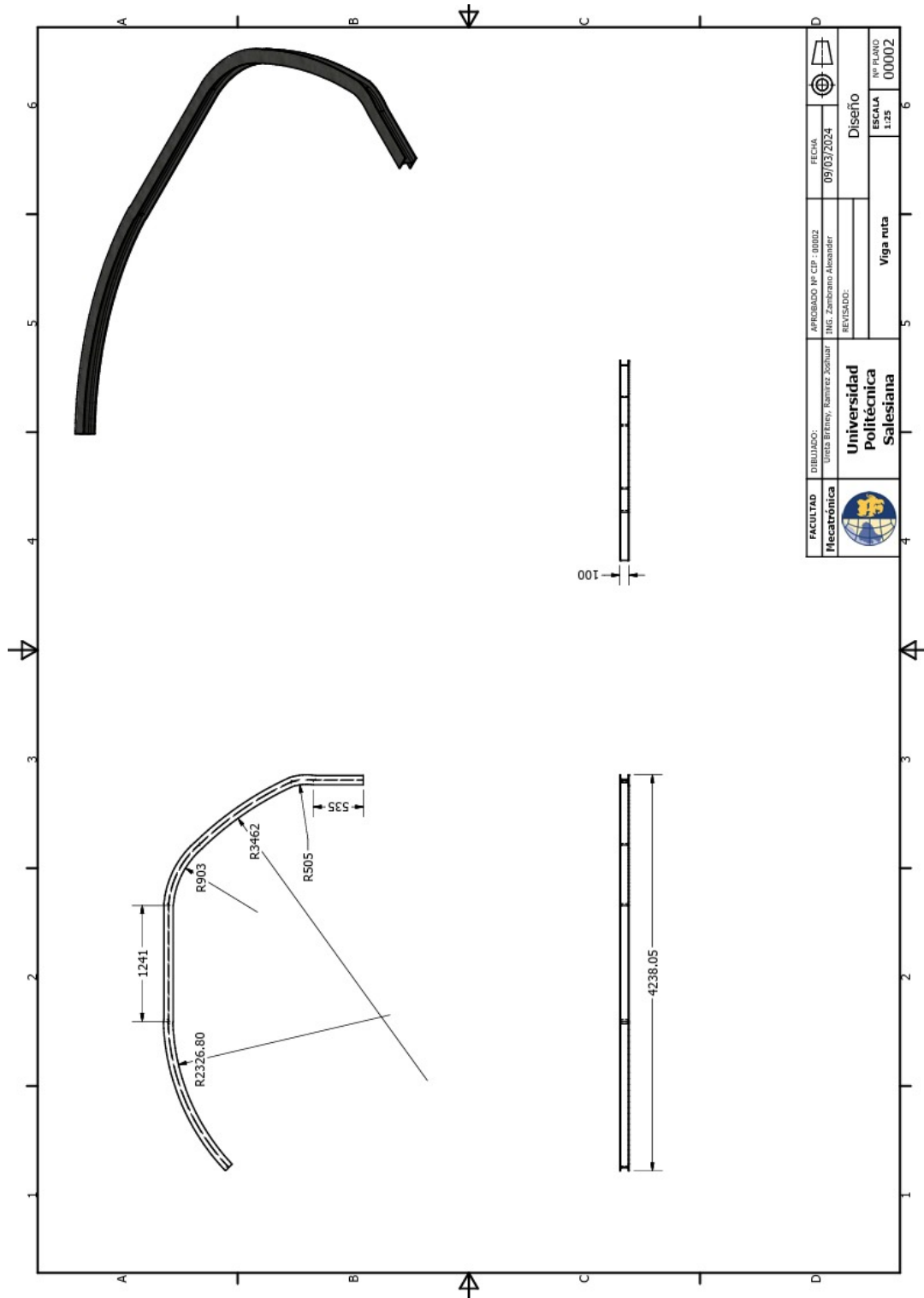


Figura 42. Viga ruta, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

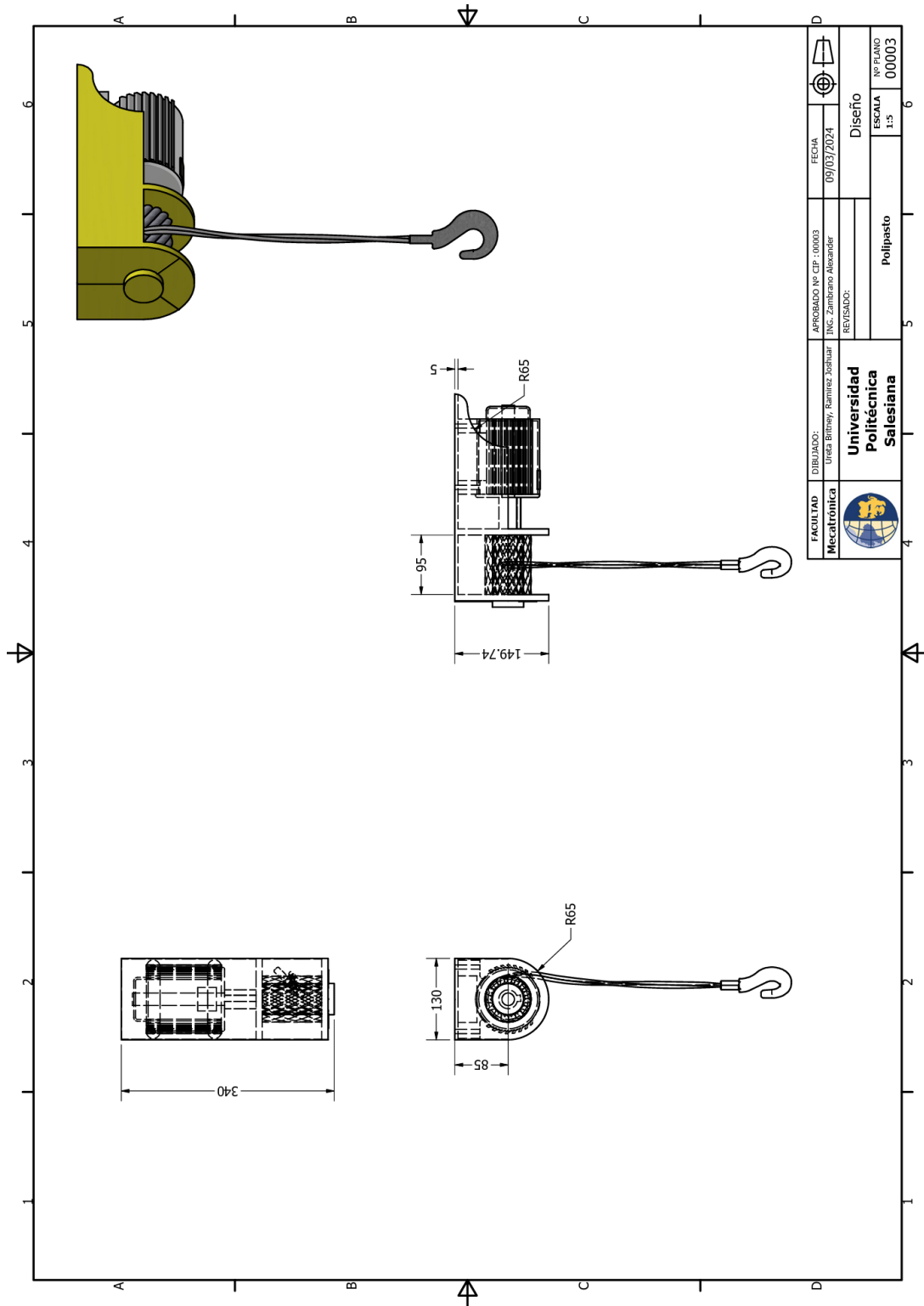


Figura 43. Polipasto, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta

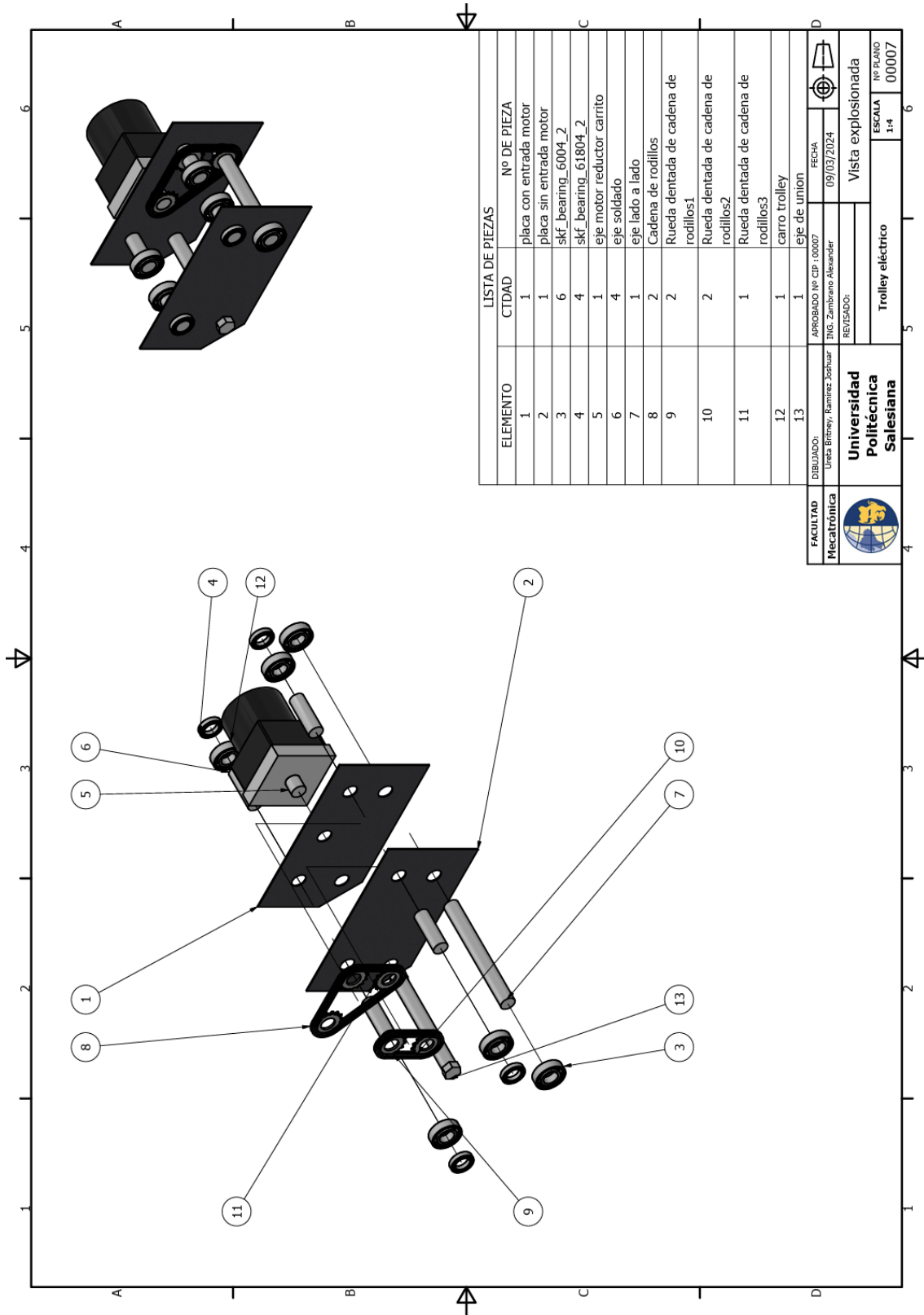


Figura 44. Vista explosionada trolley, Fuente:J.Ramirez, B.Ureta



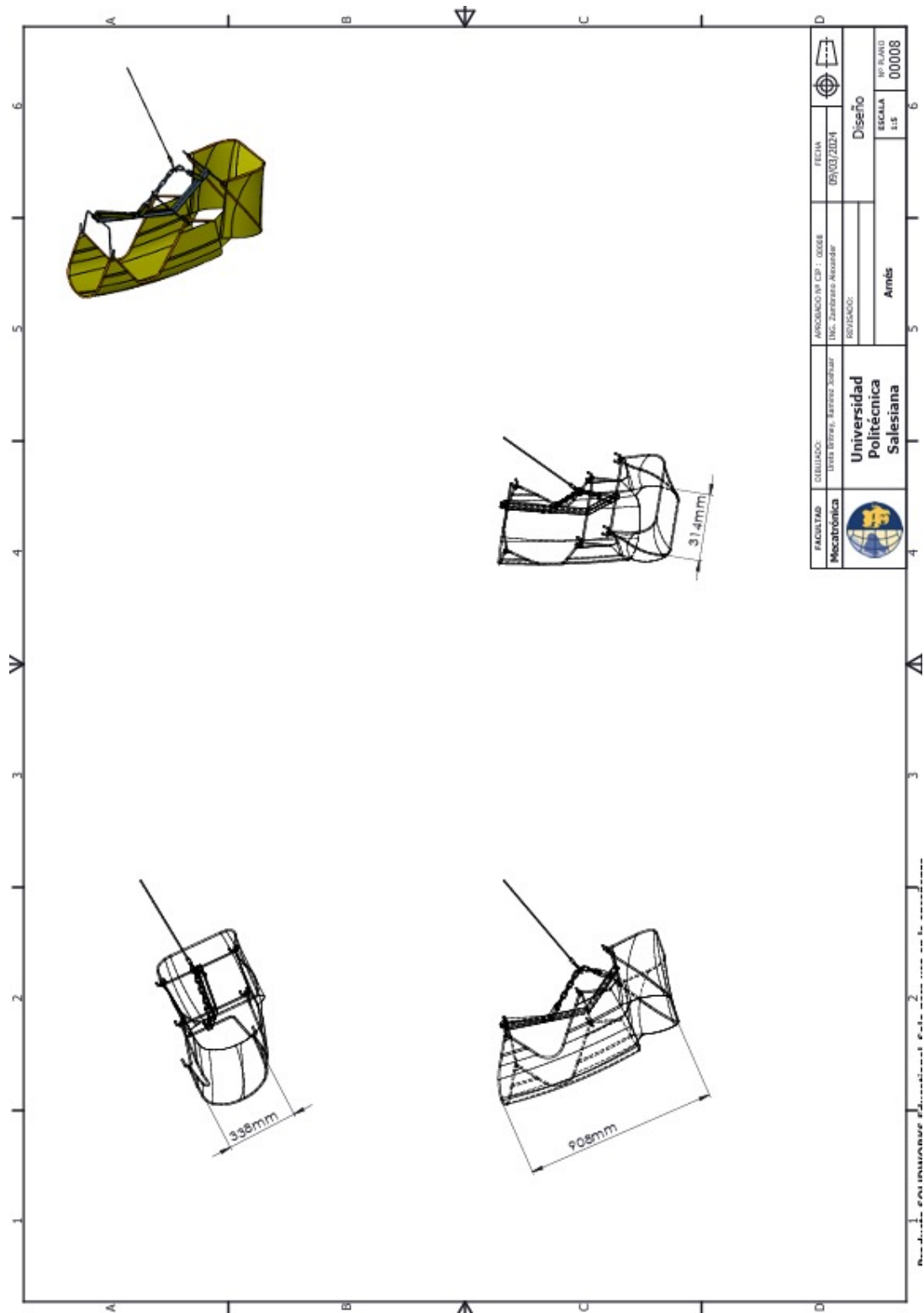


Figura 45. Diseño de arnés, Fuente: J. Ramirez, B. Ureta

ANEXO E  
MANUFACTURA



Figura 46. Ensamblaje de estructura, Fuente: J.Ramirez, B.Ureta