

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

*Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Mecánico*

PROYECTO TÉCNICO:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA GRÚA MÓVIL
PARA EL TRANSPORTE DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD”**

Autores:

Pedro Javier Avilez Arévalo
Klever Danilo Fajardo Sigua

Tutor:

Ing. John Calle Sigüencia, M. Sc.

Cuenca – Ecuador

2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Pedro Javier Avilez Arévalo, con documento de identificación N° 0104371091 y Klever Danilo Fajardo Sigua, con documento de identificación N° 0106416712 manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA GRÚA MÓVIL PARA EL TRANSPORTE DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2019.



Pedro Javier Avilez Arévalo
C.I.: 0104371091



Klever Danilo Fajardo Sigua
C.I.: 0106416712

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA GRÚA MÓVIL PARA EL TRANSPORTE DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD”, realizado por Pedro Javier Avilez Arévalo y Klever Danilo Fajardo Sigua, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2019



Ing. John Ignacio Calle Sigüencia, M. Sc.

C.I.: 0102118213

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Pedro Javier Avilez Arévalo, con documento de identificación N° 0104371091 y Klever Danilo Fajardo Sigua, con documento de identificación N° 0106416712 autores del trabajo de titulación: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA GRÚA MÓVIL PARA EL TRANSPORTE DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD” certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, enero del 2019



Pedro Javier Avilez Arévalo
C.I.: 0104371091



Klever Danilo Fajardo Sigua
C.I.: 0106416712

DEDICATORIA

Dedico especialmente este trabajo de titulación a mis padres Pedro y Adela, ya que gracias al apoyo de ellos y a su ejemplo logre culminar esta etapa tan importante en mi vida. Ellos son mis pilares fundamentales, quienes me brindaron su apoyo en mi proceso de formación personal y académica.

A toda mi familia que siempre me ha apoyado, en especial a mis hermanos: Adriana y Renato con los que he compartido tantos momentos de alegrías y tristezas, sus consejos me han ayudado a mejorar como persona y seguir adelante.

A mis amigos y compañeros quienes confiaron en mí y siempre han estado ahí brindando su apoyo.

Pedro.

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y regalarme la salud para cumplir las metas y objetivos que yo me proponga.

A mis padres Manuel y Esperanza, que son el orgullo de mi vida porque ellos me han guiado por un buen camino, por su apoyo incondicional en el trayecto de mi formación académica.

A mi esposa Isabel y amada hija Karla, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme día a día y por estar siempre en esos momentos difíciles brindándome su amor y comprensión.

A mi abuelita Julia (+) y a mi tía Salome, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mis hermanos: Geovanny, Andrés y Lenin, quienes han compartido y convivido momentos importantes en mi vida, entre tristezas y alegrías.

Danilo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado siempre salud para poder llegar hasta este punto importante de mi vida.

Quiero agradecer de manera especial a la Universidad Politécnica Salesiana y a todo su personal docente que me ayudo en mi formación como profesional durante mis años de universidad.

También agradecerle al Ing. John Calle por la confianza y consejos brindados en el transcurso de este proyecto de titulación.

Pedro.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, expectativas, y por confiar y creer en mí.

Gracias a la Universidad Politécnica Salesiana y a su cuerpo docente que conforma la carrera de Ing. Mecánica, por haberme permitido formarme en ella con los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra formación académica y personal.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. John Calle, tutor durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo del trabajo de titulación.

Danilo.

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra el diseño, construcción e implementación de una grúa móvil para personas con discapacidad, con la finalidad de obtener un producto final con características similares a otras grúas móviles existentes en el mercado. De manera inicial se realiza un levantamiento de la necesidad a través de un trabajo de campo donde se ejecuta una observación de la situación actual de la fundación y de los pacientes con discapacidad, además se realiza un estudio del arte de los dispositivos mecánicos existentes en la actualidad y sobre el tipo de discapacidades presentes en los pacientes de la fundación pequeños de OSSO.

Una vez identificados los problemas se procede al diseño del dispositivo el mismo que debe cumplir con ciertas características técnicas y mecánicas, que cumpla con las seguridades necesarias para su transporte, que sea ergonómica, de fácil mantenimiento y adaptable a las condiciones civiles actuales y posibles futuras instalaciones de la fundación; el diseño se realiza en base a las limitaciones físicas de la fundación (pasillos, puertas, dormitorios, etc.), de los cual se toman los datos que servirán para calcular cada una de las partes que conforma la grúa móvil.

Para el proceso de diseño y simulación se utiliza software de ingeniería: AutoCAD Mechanical y Autodesk Inventor, el mecanismo diseñado se valida a través de un análisis cinemático con el software Adams View sometidos a diferentes condiciones mecánicas, este análisis permite una correcta selección de material y dimensiones de los componentes teniendo en cuenta los procesos de manufactura existentes en el área local.

La construcción de la grúa móvil se lo lleva a cabo con procesos de manufactura convencional, obteniendo un producto final que cumple con las características técnicas y mecánicas determinadas que garantizan el transporte de las personas con discapacidad de forma segura y eficiente.

Finalmente se presenta un análisis económico de costos unitarios de la grúa móvil, en el cual se observa que el costo de la misma es más económico frente a otras grúas móviles del mercado internacional.

Palabras Clave: Fundación, grúa móvil, dispositivo, software de ingeniería.

ABSTRACT

The objective of this project was the design, build and implement a mobile crane for people with disabilities. The aim was to obtain a product with characteristics similar to other mobile cranes existing in the market.

The need for the foundation is known through an observation of its current situation and that of patients with disabilities. The analysis the state of the art of the mechanical devices existing today and the type of disabilities present in the patients of the OSSO Foundation were defined, the design fulfill the technical and mechanical characteristics, and the necessary security for its transport. It is ergonomic, easy to maintain and adaptable to current civil conditions and possible future installations of the foundation, the design of the parts of the crane considered the physical limitations of the foundation (corridors, doors, bedrooms, etc.).

Engineering software is used for the design and simulation process: AutoCAD Mechanical and Autodesk Inventor, the mechanism designed is validated through a kinematic analysis with Adams View software subjected to different mechanical conditions, this allowed a correct selection of material and dimensions of the components according the existing manufacturing processes in the local area.

The mobile crane was built with conventional manufacturing processes, obtaining a final product with the technical and mechanical characteristics that guarantee the transport of people with disabilities safely and efficiently.

Finally, an economic analysis of unit costs of the mobile crane was presented, where it was determined that the cost of it is more economical compared to other mobile cranes in the international market.

Keywords: Foundation, mobile crane, device, engineering software.

ÍNDICE

Cesión de derechos de autor	II
Certificación.....	III
Declaratoria de responsabilidad	IV
Dedicatoria.....	V
Agradecimientos.....	VI
Resumen	VII
Abstract.....	VIII
Índice	IX
Índice de figuras	XI
Índice de tablas.....	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. PROBLEMA	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Importancia y alcance	17
2.3. Delimitación.....	18
3. OBJETIVOS.....	18
3.1. Objetivo general	18
3.2. Objetivos específicos	18
4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	19
4.1. Discapacidad motriz.....	19
4.2. Grúas para personas con discapacidad.....	21
4.2.1. Tipos de grúas.....	21
4.2.2. Casas y grúas comerciales	25
4.3. Arnés	28
4.4. Perchas	29
4.5. Actuadores.....	29
4.6. Procesos de manufactura.....	31

4.7.	Normas de materiales [37].....	32
5.	MARCO METODOLÓGICO.....	33
5.1.	Levantamiento de la necesidad.....	34
5.1.1.	Encuesta para la obtención de datos.....	34
5.1.2.	Tabulación de datos de las encuestas.....	36
5.2.	Diseño del dispositivo.....	38
5.2.1.	Restricciones, movimiento y dimensionamiento del mecanismo.....	38
5.2.2.	Cálculos de la grúa móvil.....	43
5.2.3.	Centro de masa.....	65
5.2.4.	Selección de rodamientos.....	68
5.2.5.	Selección del actuador.....	70
5.2.6.	Consideraciones uniones de soldadura.....	71
5.2.7.	Accesorios de la grúa móvil.....	71
5.2.8.	Simulación de la grúa móvil en Autodesk Inventor.....	71
5.3.	Análisis de precios unitarios.....	76
5.4.	Construcción de la grúa móvil.....	79
5.5.	Implementación y pruebas de funcionamiento.....	86
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	89
	Conclusiones.....	90
	Recomendaciones.....	91
	Referencias.....	92
	Anexos.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de discapacidad [13].	20
Figura 2: Grúa empotrada al piso [15]	21
Figura 3: Grúas para discapacitados [16]	22
Figura 4: Grúa de transferencia para pacientes con discapacidad [17]	23
Figura 5: Grúa de techo [18]	23
Figura 6: Grúa de camilla [19]	24
Figura 7: Grúa de bipedestación [20].	24
Figura 8: Grúa Handi move 1630 [21].	25
Figura 9: Grúa ortopia low- cost con arnés [22].	26
Figura 10: Grúa ortopia low- cambia pañales [23].	27
Figura 11: Grúa eléctrica de traslado [24].	27
Figura 12: Arnés de elevación [25].	28
Figura 13: Arnés Standard [26].	28
Figura 14: Arnés de higiene [27].	29
Figura 15: Percha Universal [28]	29
Figura 16: Actuadores Festo [30].	30
Figura 17: Actuador LINAK [34].	31
Figura 18: Clasificación de los procesos de manufactura. [36]	32
Figura 19: Esquema de fabricación de la grúa móvil.	33
Figura 20: Probabilidad de accidentes.	36
Figura 21: Probabilidad de molestias físicas.	36
Figura 22: Molestias físicas y probabilidades.	37
Figura 23: Flexibilidad del tiempo.	37
Figura 24: Dimensiones de las instalaciones de la fundación.	38
Figura 25: Esquema de la grúa móvil.	39
Figura 26: Análisis cinemático de la grúa móvil.	40
Figura 27: Procedimiento para el análisis cinemático	40
Figura 28: Desplazamiento del brazo superior.	41
Figura 29: Esquema de fijación de los elementos de la grúa.	41
Figura 30: Desplazamiento de la grúa móvil.	42
Figura 31: Velocidad máxima.	42

Figura 32: Fuerza necesaria para levantar la carga.....	42
Figura 33: Diagrama de cuerpo libre del brazo superior.....	43
Figura 34: Diagrama de corte y momento del brazo superior.....	45
Figura 35: Deflexión del brazo superior.....	49
Figura 36: Representación de los pasadores del brazo superior.....	50
Figura 37: Diagrama de cuerpo libre del pasador.....	50
Figura 38: Diagrama de cuerpo libre del pasador.....	51
Figura 39: Diagrama de cuerpo libre del pasador.....	52
Figura 40: Diagrama de cuerpo libre del mástil.....	53
Figura 41: Diagrama de cuerpo libre de la base del mástil.....	54
Figura 42: Diagrama de corte y momento de la base del mástil.....	55
Figura 43: Representación de la base del mástil.....	56
Figura 44: Deflexión de la base del mástil.....	57
Figura 45: Pasador de la base del mástil.....	57
Figura 46: Diagrama de cuerpo libre del pasador.....	57
Figura 47: Diagrama de cuerpo libre de las bases.....	58
Figura 48: Diagrama de corte y momento de las bases.....	59
Figura 49: Deflexión de la base.....	61
Figura 50: Platinas para las ruedas.....	61
Figura 51: Diagrama de cuerpo libre del pasador.....	62
Figura 52: Diagrama de cuerpo libre de las palancas.....	63
Figura 53: Pasadores de la palanca.....	63
Figura 54: Diagrama de cuerpo libre del pasador de la palanca.....	64
Figura 55: Diagrama de cuerpo libre del pasador de la palanca.....	65
Figura 56: Partes de la grúa móvil.....	66
Figura 57: Ubicación centro de masa.....	68
Figura 58: Selección de rodamientos [44].....	69
Figura 59: Rodamiento 6301 – 2RS [46].....	70
Figura 60: Propiedades del acero.....	72
Figura 61: Propiedades del ABS.....	72
Figura 62: Representación de las cargas sobre que se aplican sobre la estructura.....	73
Figura 63: Representación del mallado de la estructura.....	73

Figura 64: Resultados de las tensiones de Von Mises.....	74
Figura 65: Resultado de desplazamiento.....	75
Figura 66: Resultado del coeficiente de seguridad.....	75
Figura 67: Diagrama de construcción grúa móvil.	79
Figura 68: Proceso de corte del material.....	80
Figura 69: Mecanizado de bujes para el rodamiento.....	81
Figura 70: Mecanizado bujes de bronce.....	81
Figura 71: Taladrado de platinas.	82
Figura 72: Taladrado de brazo superior.....	82
Figura 73: Proceso de soldadura bases.....	83
Figura 74: Proceso de soldadura mástil.....	83
Figura 75: Proceso de soldadura soporte y bujes de bronce.....	84
Figura 76: Construcción de las palancas.	84
Figura 77: Proceso de pulido.....	84
Figura 78: Piezas terminadas.	85
Figura 79: Proceso de pintado.....	85
Figura 80: Grúa móvil terminada.....	86
Figura 81: Pruebas preliminares a).70 kg, b).90 kg.....	87
Figura 82: Pruebas en los dormitorios.	87
Figura 83: Pruebas finales en pasillos y puertas de la fundación.....	88
Figura 84: Implementación de la grúa móvil a la fundación OSSO.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características grúa Handi move 1630 [21].....	25
Tabla 2: Características grúa hidráulica con arnés [22].	26
Tabla 3: Dimensiones de la fundación.....	38
Tabla 4: Valores calculados del módulo de sección para el brazo superior.....	46
Tabla 5: Valores calculados del módulo de sección para la base del mástil.....	55
Tabla 6: Valores calculados del módulo de sección para las bases.	60
Tabla 7: Datos centro de masa.....	67
Tabla 8: Bases.	76
Tabla 9: Mástil.....	77
Tabla 10: Brazo superior.....	78
Tabla 11: Costo total.....	78

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en el Ecuador existen un total de 449.169 personas con discapacidad registradas según datos del CONADIS [1], entre ellas se tienen personas con movilidad reducida las mismas que dependen de personas o dispositivos para poder transportarse a diferentes lugares. En la ciudad de Cuenca existe alrededor de 20 organizaciones y/o fundaciones que brindan ayuda social a personas con discapacidad.

La fundación pequeñitos de OSSO¹, en la actualidad atienden a 21 niños, niñas y adolescentes con discapacidades profundas, completamente dependientes de otras personas para el cuidado en todas las áreas [2].

La persona a cargo del paciente con discapacidad tiene entre sus funciones de transportar al paciente, pero muchas veces la falta de conocimiento y/o fuerza hacen que este proceso sea desgastante tanto para el paciente como para la persona a cargo de este proceso, debido a que para su transporte esta tiene que agacharse y cargar todo el peso del paciente y si no lo hace de una forma correcta, puede sufrir lesiones y/o enfermedades en la zona lumbar. Si a esto se le agrega que este proceso lo debe hacer por lo menos dos veces al día, el riesgo de sufrir algún tipo de lesión aumenta considerablemente [3].

Para favorecer la solución a los inconvenientes antes descritos es necesario la implementación de un mecanismo o grúa móvil, con el fin de mejorar el transporte y la seguridad de los pacientes y de las personas a cargo de los mismos. Para el desarrollo del proyecto es necesario considerar el tipo de paciente con cual utilizaremos la grúa móvil (analizar el grado de movilidad, edad, enfermedad etc.) y el entorno en cual se utilizará la grúa ortopédica eléctrica(medir el paso libre de puertas, el ancho de los pasillos si existen, altura por debajo de la cama, ancho de sillón etc.) [4].

En el presente trabajo se desarrolla el diseño, construcción e implementación de una grúa móvil, con la finalidad de optimizar el transporte de los pacientes dentro de la fundación pequeñitos de OSSO, además de que el dispositivo sea ergonómico, eficiente y con costos competitivos en el mercado local e internacional.

¹ Organización de Servicios para el Socorro de los Orfanatos, organización internacional creada para atender a niños abandonados con necesidades especiales en Cuenca.

2. PROBLEMA

2.1. Antecedentes

En la ciudad de Cuenca existe 19.919 personas con discapacidades, los cuales se encuentran acogidos en distintas organizaciones y/o fundaciones para niños y adolescentes con discapacidad física, intelectual, auditiva, visual, psicosocial.

El caso de estudio considera a la fundación OSSO que alberga a 21 niños, niñas y adolescentes, 19 de ellos necesitan de atención prioritaria, y ayuda de sillas de ruedas o personas para su movilización, dicha fundación tiene 12 personas encargadas del cuidado de los pacientes que brindan ayuda para la realización de las actividades diarias como: transportarlas desde la cama hacia la silla de ruedas, de la silla de ruedas a la ducha, de la ducha a la silla de ruedas y de la silla de ruedas a la cama.

Los pacientes atendidos en la fundación OSSO sufren de discapacidades que han sido originadas principalmente por problemas de los padres relacionados con el alcoholismo y drogadicción, por ende, los niños sufren de parálisis cerebral que se pone de manifiesto durante su desarrollo en los primeros años de vida y se caracteriza por la presencia de una deficiencia motora [5]. Las causas de la lesión pueden ser muy variadas y la gravedad también, cada caso en único. Las lesiones que provocan la parálisis cerebral infantil suceden durante la etapa prenatal (gestación), etapa perinatal (parto) o etapa postnatal (después del nacimiento y primeros años de vida) [6]. Otra anomalía que tienen los niños es el hipotiroidismo congénito que es un trastorno que resulta de la insuficiente actividad de la hormona tiroidea que es necesaria para mantener las funciones metabólicas normales del organismo [7].

Finalmente, las enfermedades más críticas presentes en la fundación son: la esclerosis tuberosa que consiste en un trastorno de la diferenciación y proliferación celular que puede afectar el cerebro, la piel, el corazón, el ojo, el riñón además de otros órganos y originar manifestaciones clínicas muy diversas [8]. Y la epilepsia que es una enfermedad cerebral crónica generada por la descarga anormal y exagerada de impulsos eléctricos de algunas neuronas del sistema nervioso central, las células del cerebro, produciendo lo que se denomina una crisis epiléptica (pueden ser súbitas e inesperadas o presentar síntomas de aviso previos a la crisis llamados síntomas prodrómicos). Pueden durar desde unos segundos a minutos y dependiendo del tipo de epilepsia cursar con convulsiones, pérdidas

de consciencia, espasmos musculares, desorientación, taquicardia y pérdida del control de esfínteres [9].

Por tal razón las personas discapacitadas necesitan atención prioritaria y un sencillo proceso de transporte para sus actividades diarias. La edificación en la que actualmente se encuentra la fundación no fue diseñada para albergar a pacientes con limitaciones físicas, por lo que sus reducidos pasillos y puertas, resultan incómodos para realizar la labor del transporte de los pacientes, provocando que sufran golpes y accidentes al momento de realizar esta actividad.

Las actividades del transporte de los pacientes inicia en las mañanas cuando deben llevarlos desde la cama a la silla de ruedas, existen habitaciones a las que se ingresa por un pasillo en donde es complicado introducir dichas sillas, por esta razón es que los discapacitados deben ser trasladados en brazos hasta las mismas, esta situación se repite en otras actividades como mudas de pañal, aseo diario y en la noche donde deben regresar a sus lugares de descanso; todo lo mencionado acarrea riesgos altísimos de accidentes ya que se puede de alguna u otra forma provocar en el paciente lesiones o fracturas del sistema musculoesquelético. Las tareas mencionadas, debido a varios factores tales como el peso y la talla de los pacientes, hacen que la labor de trasladarlos sea una tarea compleja e incómoda para las personas encargadas de su cuidado y aseo, ya que las mismas pueden contraer lesiones sobre ciertas zonas específicas del cuerpo tales como espalda, brazos, y hombros.

2.2. Importancia y alcance

El proyecto se genera para facilitar el transporte de personas con discapacidad, evitar lesiones en personal de cuidado de los pacientes, generar un mejor desenvolvimiento de las personas frente a ciertas actividades de la vida diaria dentro de la Fundación OSSO, razón por la cual es importante la construcción e implementación de una grúa móvil que se adapte con facilidad a las condiciones de la edificación, que sea capaz de soportar diferentes cargas provenientes del peso de pacientes discapacitados, que cumpla con las seguridades necesarias para su transporte, que sea ergonómica y fácil funcionamiento.

El diseño propuesto permitirá que personas con discapacidad de bajos recursos puedan adquirir el dispositivo de alta calidad y a bajo costo, esto es posible ya que los

procesos de manufactura existentes en la localidad permiten construir dispositivos de alta calidad.

2.3. Delimitación

Este proyecto se desarrolla en la provincia del Azuay, en el cantón Cuenca, en talleres Avilés², que cuenta con equipos necesarios para la construcción como: torno, taladro, soldadora, etc. Para el desarrollo del diseño de la grúa se cuenta con la colaboración del grupo de investigación e ingeniería biomédica (GIIB) de la Universidad Politécnica Salesiana y estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica, con los conocimientos necesarios para el diseño, construcción e implementación del dispositivo.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Diseñar, construir e implementar una grúa móvil para el transporte de personas con discapacidad en las instalaciones de la fundación Pequeñitos de OSSO.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar la situación actual de la edificación de la fundación OSSO y analizar los diferentes tipos de dispositivos existentes para el transporte de pacientes con discapacidad en lugares reducidos.
- Determinar los parámetros del diseño de un dispositivo mecánico para el transporte de pacientes con discapacidad con la ayuda de software para ingeniería que facilite la simulación y modelado del sistema.
- Construir el dispositivo mecánico, utilizando los procesos de manufactura existentes en la localidad y con los materiales adecuados disponibles en el mercado local garantizando su funcionalidad.
- Realizar un estudio de costos unitarios para determinar el valor efectivo de un dispositivo mecánico para el transporte de pacientes con discapacidad motriz.

² Talleres de metal mecánica ofrece servicios de fabricación y montaje de productos, reconstrucción de maquinarias, servicios de mecanizado de torno y fresado, etc.

4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

Para el desarrollo del mecanismo es necesario realizar un estudio del arte de los dispositivos de transporte y tipos de discapacidad, esto nos permite conocer las condiciones de los pacientes y con ello caracterizar las necesidades requeridas para su transporte.

Además, se hace referencia a los mecanismos de transporte para personas que hay en el mercado, incluyendo los diferentes tipos de accesorios que forman parte de estos dispositivos que ayudan a la movilidad.

4.1. Discapacidad motriz.

La discapacidad es toda restricción o ausencia de la capacidad para realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano, como consecuencia de una deficiencia [10].

La discapacidad se puede considerarse como un fenómeno universal, bajo cual ciertas personas presentan alguna deficiencia física, mental, intelectual o sensorial. Muchas veces permanece oculta por problemas de mayor magnitud, como la pobreza, discriminación, que impiden o retardan el diseño y la aplicación de estrategias que permitan a esta gran masa de personas desarrollar sus capacidades y alcanzar la verdadera inclusión social, a la cual todos los seres humanos tienen derecho [11].

4.1.1. Tipos de discapacidad motriz.

Existen distintas formas de clasificar a las personas con discapacidad motriz, una de ellas se refiere al grado de discapacidad [12]:

- **Total:** Cuando la reducción de la capacidad funcional del individuo es tan importante que lo hace totalmente dependiente de otras personas.
- **Moderada:** Cuando la reducción de la capacidad funcional del individuo limita parcialmente su independencia en las actividades de la vida diaria y su productividad.
- **Mínima:** Cuando la reducción de la capacidad funcional del individuo limita parcialmente su independencia en las actividades de la vida diaria y no su productividad.

También se puede clasificar de acuerdo a su duración:

- **Permanentes:** Son las personas que viven con la discapacidad desde el inicio hasta su fallecimiento, pueden disminuir sus secuelas, pero su recuperación no es al 100%, es decir no puede regresar a su estado previo de la discapacidad.
- **Temporales:** La persona vive con la discapacidad por un tiempo restringido, mediante revisión y medicación la persona puede regresar al estado previo de la discapacidad sin dejar secuelas.

Otra manera de clasificar la discapacidad es según su región de afectación, o limitación o dificultad causada, como se muestra en la figura 1 [13].

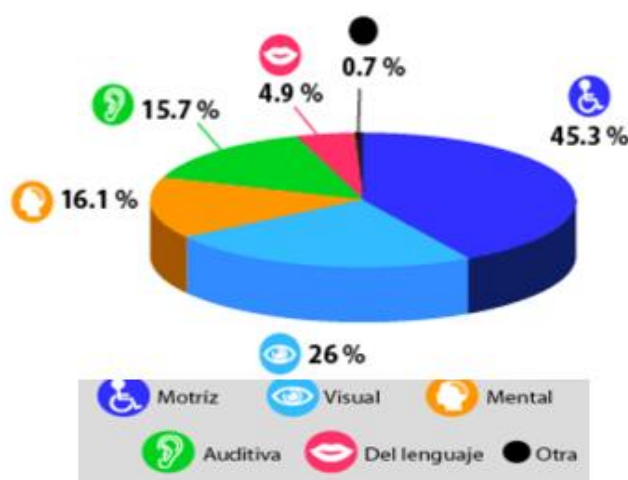


Figura 1: Tipos de discapacidad [13].

- **Motriz:** Se refieren a la pérdida o limitación de una persona para moverse, caminar, mantener algunas posturas de todo el cuerpo o de una parte del mismo. Constituye una alteración de la capacidad de movimiento.
- **Visual:** Incluye la pérdida total de la vista, así como la dificultad para ver con uno o ambos ojos.
- **Mental.** Abarca las limitaciones para el aprendizaje de nuevas habilidades, alteración de la conciencia y capacidad de las personas para conducirse o comportarse en las actividades de la vida diaria, así como en su relación con otras personas.
- **Auditiva.** Corresponde a la pérdida o limitación de la capacidad para escuchar.
- **De lenguaje.** Limitaciones y problemas para hablar o transmitir un significado entendible. (Discapacidad estimulada).

4.2. Grúas para personas con discapacidad

Las grúas para discapacitados requieren tener valorizaciones de acuerdo al paciente y a su necesidad, por lo tanto, se debe indicar las características del usuario de acuerdo a las indicaciones del médico tratante, ya que en el mercado existen grúas eléctricas y mecánicas.

Las estructuras tipo grúa cumplen diferentes funciones y existen de varios tipos; se destacan aquellas que son estructuras ancladas, pudiendo ubicarse tanto en techos como en pisos, como también estructuras libres para el traslado a diferentes ambientes, las cuales generalmente suelen ser semiautomáticas. Otra característica importante a destacar es que la gran mayoría de las estructuras para elevación de personas requieren de arnés o estructuras extendidas que permitan sostener su peso, procurando tener los requerimientos de seguridad necesarios de manera de otorgar comodidad para el paciente como también la facilidad de instalación para el cuidador [14].

4.2.1. Tipos de grúas

- **Grúa Fija**

La base de una grúa fija está fijada al suelo o una pared y permite realizar el traslado de los discapacitados de la cama a la silla y viceversa. Aunque la base de la grúa se fija, un brazo de soporte gira para transferir la persona de lado a lado siendo una gran limitante ya que solo puede realizar dicho movimiento en un espacio pequeño, con la ventaja que se puede mover 360° sobre su brazo principal [15], tal como se muestra en la figura 2.



Figura 2: Grúa empotrada al piso [15]

- **Grúa Móvil**

Disponen de una base con ruedas, lo que permite usarlas en cualquier sitio donde haya espacio suficiente para la maniobra. Habitualmente son plegables o desmontables, lo cual facilita su almacenamiento y transporte. Disponen de frenos en las ruedas traseras. Es necesario desplazar la grúa para realizar las transferencias, ya que, por motivos de estabilidad, el brazo de la grúa no puede girar respecto de la base [16]. Ver figura 3.



Figura 3: Grúas para discapacitados [16]

La elevación del paciente en este tipo de grúas comerciales se realiza a través de un actuador electromecánico, el cual hace uso de una batería recargable para obtener la energía necesaria y poder realizar el movimiento de elevación, si bien es cierto la versatilidad de este tipo de grúas puede ser muy amplia cabe mencionar que debido a sus dimensiones puede ocupar mucho espacio, generando problemas en lugares reducidos.

- **Grúa para arnés**

La protección total contra el pinchazo cubre todas las piezas móviles para una mayor seguridad, el rango de altura permite elevar el piso y las superficies altas, según el tipo de enfermedad o discapacidad se usa un arnés específico (figura 4), la base ancha proporciona la máxima estabilidad y funciona con baterías para facilitar su uso. El colgante ergonómico se sujeta a múltiples puntos en el elevador para mayor comodidad [17].



Figura 4: Grúa de transferencia para pacientes con discapacidad [17]

- **Grúa de techo.**

Son grúas que están fijas al techo o suspendidas mediante una estructura, constan de dos mecanismos, uno de desplazamiento a través de la estructura y otro de subida y bajada de la persona.

En los dispositivos de elevación de techo, los rieles se colocan en el techo, éste debe soportar el peso de la estructura y es imprescindible saber si reúne las características necesarias. El recorrido está limitado según las necesidades del paciente [18].



Figura 5: Grúa de techo [18].

- **Grúa de camilla**

Son grúas que disponen de una camilla que permite el traslado de una persona en posición de tumbado (figura 6). Indicadas para: Personas encamadas con fracturas de

cadera, quemados, politraumatizados, primeras fases de lesiones de columna o cualquier otra patología que no permita al usuario permanecer en posición de sentado [19].

El uso de este tipo de grúa debe ser en lugares muy amplios debido a que tiene que girar con la camilla en posición horizontal, de la misma forma cuenta con frenos en sus ruedas traseras para evitar riesgos en pisos inclinados.



Figura 6: Grúa de camilla [19]

- **Grúas ortopédicas de bipedestación**

Este tipo de grúas, al contrario que las descritas anteriormente, no están diseñadas para levantar de la cama (elevación) y trasladar al paciente al sillón o a una silla de ruedas.

Disponen de una plataforma para el apoyo de los pies, una zona de acolchado para las rodillas y un arnés que sujeta sólo bajo las axilas (figura 7). La Grúa de Bipedestación tiene distintas funciones, puede ser utilizada para vestirse, para cambio de pañales, entrar o salir de un coche, traslado de un sillón a una silla de ruedas [20].



Figura 7: Grúa de bipedestación [20].

4.2.2. Casas y grúas comerciales

En el mercado nacional no existe una considerable demanda de este tipo de dispositivos, de tal manera es necesario conocer casas comerciales o lugares donde distribuyan o fabriquen este tipo de mecanismos en el mercado internacional; tenemos los siguientes:

- **Handi move international**

- **Grúa móvil modelo 1630 [21].**

Las grúas móviles Handi Move, gracias a su gran variedad de modelos, están destinadas desde hospitales y residencias hasta para un uso domiciliario.

Estas grúas están dotadas de una base regulable en anchura: ello significa un reparto por igual del peso en un aparato destinado a ser maniobrado en espacios privados a veces exiguos o repletos. Teniendo una altura de tan sólo 105 mm, esta base puede deslizarse con mucha facilidad debajo de la cama, permitiendo por tanto elevar al paciente por encima de la misma: una ventaja de confort, no solamente para él, sino también para el cuidador.



Figura 8: Grúa Handi move 1630 [21].

Características grúa Handi Move 1630

Tabla 1: Características grúa Handi move 1630 [21].

Capacidad máxima	175 kg
Bajada de emergencia	Mecánica
Peso	50 kg
Radio de giro	1300 mm

- **Ortopedia low-cost**

Grúa hidráulica con arnés

Esta grúa hidráulica es ideal para trasladar al paciente por el interior del domicilio debido a su pequeño tamaño, permite recoger a una persona desde el suelo. Las ruedas traseras llevan freno para facilitar la elevación del paciente. La percha va protegida con goma para evitar que el paciente se haga daño si recibe algún golpe [22].

Características grúa hidráulica con arnés

Tabla 2: Características grúa hidráulica con arnés [22].

Capacidad máxima	135 kg
Ancho de las patas	54.4 cm
Longitud de las patas	116.5 cm
Altura máxima de la percha	175 cm
Radio de giro	1300 mm



Figura 9: Grúa ortopia low- cost con arnés [22].

Grúa Cambia pañales 2 en 1

Grúa de bipedestación o cambia pañales (2 en 1 traslado y cambio de pañal) diseñada especialmente para facilitar la incorporación de la persona de cualquier superficie etc. La grúa de cambia pañales y traslado (sedestación), está diseñada especialmente para facilitar la incorporación o elevación de una persona desde cualquier tipo de superficie, asiento, silla, silla de ruedas, cama, bañera o directamente desde el suelo [23].



Figura 10: Grúa ortopía low- cambia pañales [23].

- **La tienda del abuelito**

Grúa Ortopédica Plegable Forta PRACTIKA Traslado de Enfermos

La grúa eléctrica Forta PRACTIKA le resultará muy útil en los casos que deba trasladar a un paciente de la cama a la silla de ruedas o sillón, silla inodora, coger del suelo si se ha caído, etc y todos los traslados que necesita una persona dependiente. Evitará tener que hacer esfuerzos que suponen una carga para la salud de los cuidadores y trasladará al enfermo con total seguridad. Como es totalmente plegable, esta grúa ortopédica necesita muy poco espacio para guardarla mientras no se utilice [24].



Figura 11: Grúa eléctrica de traslado [24].

4.3. Arnés

El Arnés es un dispositivo de sujeción destinado a prevenir y detener las caídas de las personas. El arnés dispone de partes de anclaje a nivel del dorso, torso, y a los costados de las caderas, el uso correcto de este elemento de seguridad es proteger la integridad física de las personas que lo usan.

El arnés arropa a la persona aplicando las fuerzas de manera uniforme (figura 12), por el contrario, en las transferencias a mano estas fuerzas son mucho mayores y pueden producir incomodidad y dolor [25].



Figura 12: Arnés de elevación [25]

4.3.1. Tipos de arnés.

- **Arnés Standard**

El arnés standard es un arnés universal que sostiene todo el cuerpo, se cuelga de una barra de equilibrio dotada de un sistema de suspensión especialmente estudiado para que el usuario esté sentado a su aire. Las perneras algodónadas impiden que el tejido irrite, corte la piel y asimismo que encoja. El arnés standard puede suministrarse en tejido tupido y de malla; eventualmente puede suministrarse con un reposa cabezas en forma de luna [26].

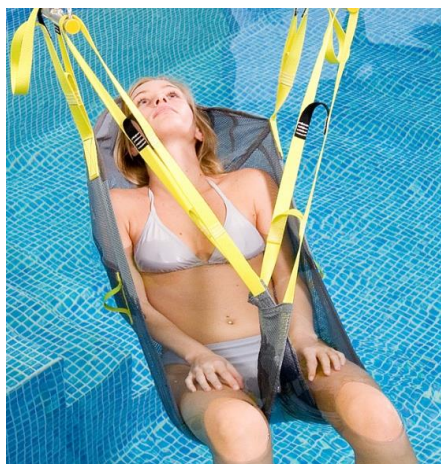


Figura 13: Arnés Standard [26].

- **Arnés de higiene**

Se utiliza para sentar sobre el inodoro sin quitar el arnés o para lavado de la zona perineal, brinda mayor acceso de limpieza. Está diseñado para aquellos usuarios que tienen una movilidad limitada [27].



Figura 14: Arnés de higiene [27].

4.4. Perchas

Desde el punto de vista de la seguridad, la percha es muy importante, el diseño y la geometría de la percha son fundamentales para la postura de sentado del paciente. Generalmente, una barra simétrica proporciona una postura de sentado más reclinada que una barra doble. Con una percha más ancha, los brazos del paciente quedan por dentro del arnés; con una percha más angosta, los brazos del paciente quedan por fuera del arnés [28].



Figura 15: Percha Universal [28]

4.5. Actuadores

Los actuadores son dispositivos que brindan la posibilidad de transformar diferentes tipos de energía para generar algún funcionamiento dentro de un sistema automatizado determinado. Usualmente, los actuadores generan una fuerza mecánica a partir de distintos tipos de energía, como puede ser eléctrica, neumática, o hidráulica [29].



Figura 16: Actuadores Festo [30].

4.5.1. Tipos de actuadores.

- **Actuador Hidráulico**

Los actuadores hidráulicos, que son los más usuales y de mayor antigüedad en las instalaciones hidráulicas, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, y aprovechan la energía de un circuito o instalación hidráulica de forma mecánica, generando movimientos lineales. Los cilindros hidráulicos de movimiento lineal son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y su desplazamiento son elevados [31].

- **Actuador Neumático**

Los actuadores neumáticos convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico generando un movimiento lineal mediante servomotores de diafragma o cilindros, o bien un movimiento giratorio con motores neumáticos [32].

- **Actuador Eléctrico**

Con un actuador lineal eléctrico es posible elevar, ajustar, inclinar, empujar o halar objetos pesados o difíciles de alcanzar con sólo pulsar un botón. Adicionalmente, los actuadores ofrecen seguridad, movimiento silencioso, limpio y de control preciso. Brindan energía eficiente de larga vida útil con poco o ningún mantenimiento [33].

Actuador eléctrico LINAK.

Son una opción de diseño económica cuando el espacio es limitado y las cargas son demasiado ligeras para una solución hidráulica o demasiado pesadas para el accionamiento manual. Debido a la amplia gama y su diseño compacto, los actuadores lineales

electromecánicos de ofrecen una solución optimizada y libre de mantenimiento, el robusto diseño proporciona una alta fiabilidad incluso en entornos exigentes (figura 17) [34].



Figura 17: Actuador LINAK [34].

4.6. Procesos de manufactura.

La manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades o apariencia de un material de inicio dado para fabricar piezas o productos; la manufactura también incluye el ensamble de piezas múltiples para fabricar productos [35].

Los procesos de manufactura se emplean para la construcción de partes o elementos mecánicas teniendo en cuenta las máquinas y maquinas herramientas disponibles en el área de trabajo, las mismas que pueden ser realizadas por procesos convencionales tales como: torneado, fresado, taladrado, rectificadora, fundición, laminado, etc., y por procesos especiales los cuales pueden ser: maquina con chorro abrasivo, maquinado con chorro de agua, etc.

4.6.1. Clasificación de los procesos de manufactura.

Los procesos de manufactura se dividen en dos grupos: 1) las operaciones del proceso, y 2) las del ensamblado. En la figura 18 se muestra la clasificación de los procesos de manufactura [36].

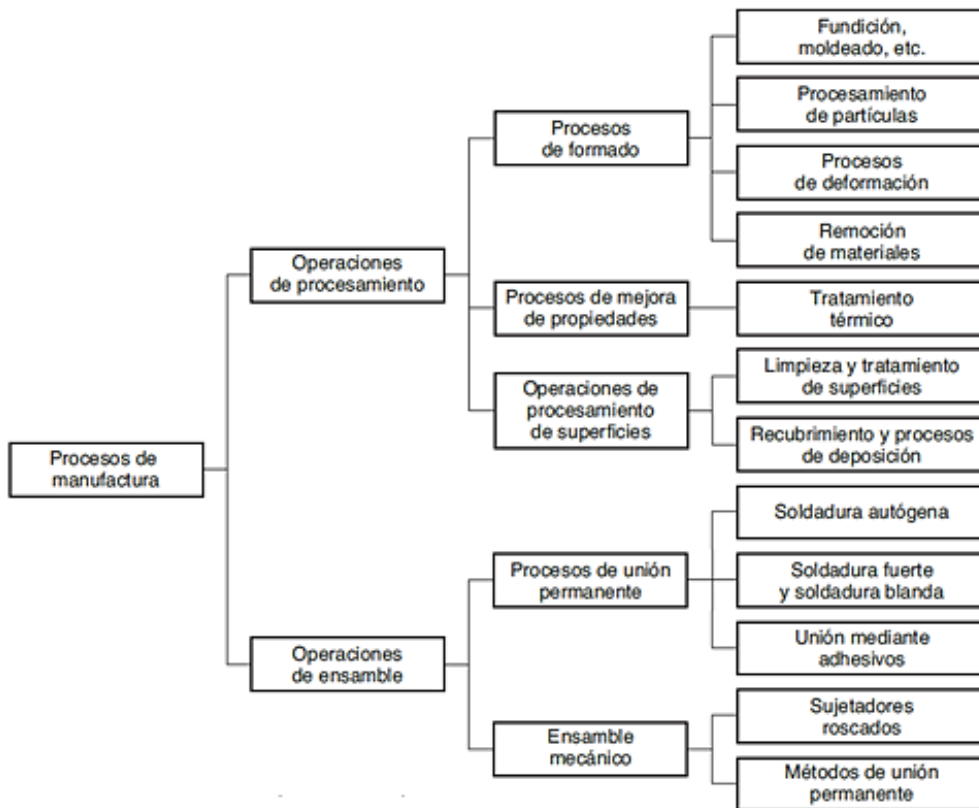


Figura 18: Clasificación de los procesos de manufactura. [36]

4.7. Normas de materiales [37]

- **Norma ASTM A36**

Esta norma es aplicable a una gran variedad de perfiles estructurales laminados en caliente y a placas de la misma calidad que aún están disponibles en el mercado. Tiene un esfuerzo de fluencia de 2 530 kg/cm² (250 MPa, 36 ksi) y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión de 4 080 kg/cm² a 5 620 kg/cm² (400 a 550 MPa, 58 a 80 ksi), y su soldabilidad es adecuada.

- **ASTM A500**

Este tipo de acero está disponible en tubos de sección circular hueca HSS formados en frío en tres grados, y también en los mismos grados de tubos HSS formados en frío, de sección cuadrada y rectangular.

Las propiedades para tubos cuadrados y rectangulares HSS difieren de los circulares HSS. El grado más común tiene un esfuerzo de fluencia y una resistencia de ruptura a la tensión de 46 y 58 ksi (320 MPa o 3 200 kg/cm² y 405 MPa o 4 100 kg/cm²).

5. MARCO METODOLÓGICO.

Para desarrollar con éxito los objetivos propuestos en el proyecto, se establece la metodología mostrada en la figura 19 que considera cinco fases.

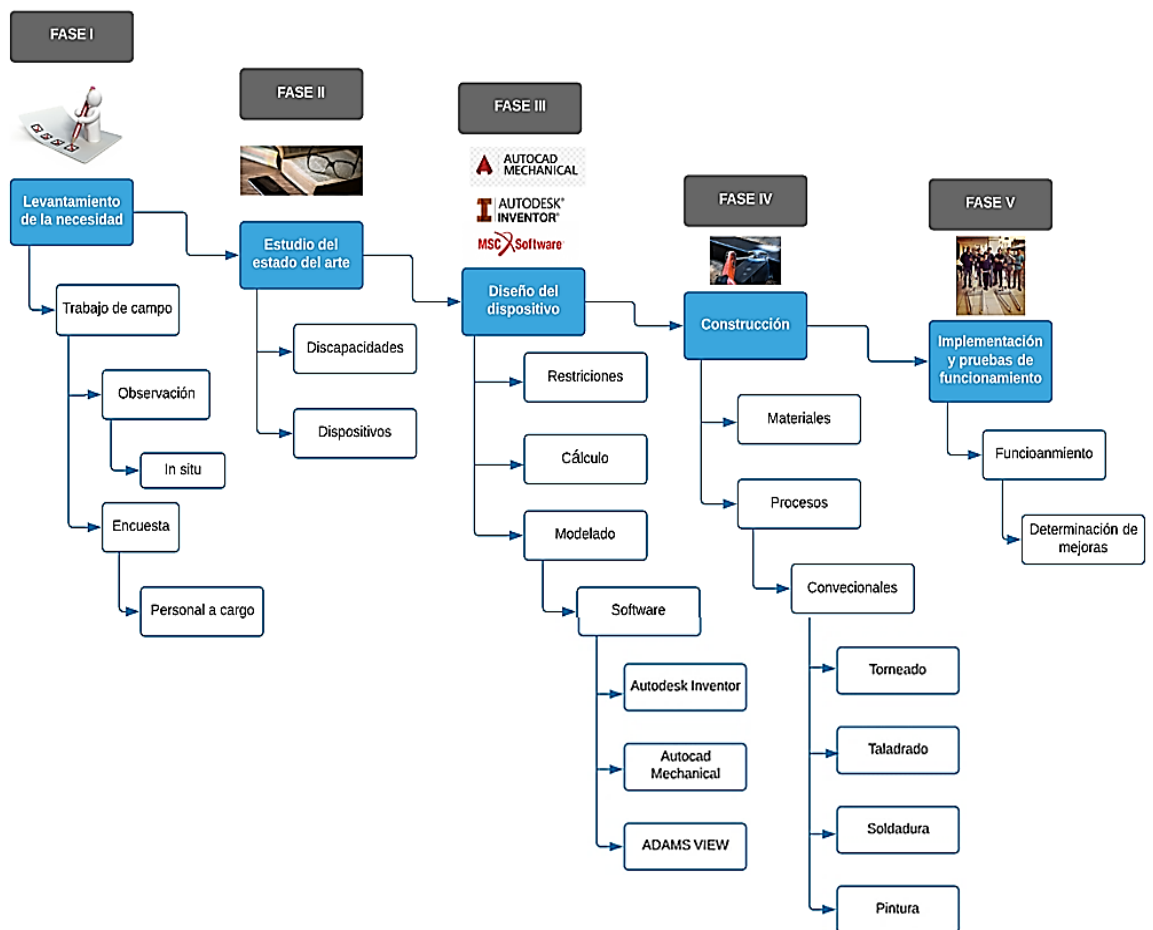


Figura 19: Esquema de fabricación de la grúa móvil.

- En la fase I se realiza un levantamiento de la necesidad a través de un trabajo de campo donde se ejecuta una observación de la situación actual de las actividades de transporte de los pacientes dentro de la fundación, se determina las condiciones y restricciones de funcionamiento para el dispositivo, finalmente se procede a realizar encuestas al personal encargado, lo que permitirá establecer las actividades que conllevan un mayor riesgo de accidentes y posibles lesiones.
- Para la fase II se realiza un estudio del arte de los dispositivos mecánicos existentes en la actualidad y sobre el tipo de discapacidades presentes en los pacientes de la fundación, para determinar el dispositivo idóneo que tenga las características requeridas para las personas y pacientes de la fundación.

- En la fase III se determina el diseño del dispositivo de acuerdo a las restricciones y a los resultados de los cálculos realizados conjuntamente con el modelado computacional en los diferentes softwares de ingeniería. La comprobación del dispositivo se realiza con software de ingeniería: Autodesk Inventor y Adams VIEW.
- Para la fase IV se procede a la construcción del dispositivo mecánico considerando los costos, materiales y procesos de manufactura convencional disponibles en el mercado local.
- Finalmente, en la fase V se hará la implementación y las pruebas de funcionamiento con las personas que trabajan en la fundación.

5.1. Levantamiento de la necesidad.

Para realizar el diseño, construcción e implementación de la grúa móvil, se realiza un trabajo de campo, el diagnóstico de los pacientes y las limitaciones físicas que tiene actualmente la fundación.

El trabajo de campo se desarrolla a través de la observación y situación médica de los pacientes.

Existe la necesidad de movilización de personas con discapacidad para poder desarrollar sus actividades diarias (bañarse, comer, terapias) dentro de un espacio reducido, manteniendo la seguridad y precautelando la salud tanto de los pacientes de la fundación como de las personas encargadas de movilizarlas.

5.1.1. Encuesta para la obtención de datos.

Se desarrollo una entrevista y encuesta al personal de la fundación (doce personas) que están a cargo de los pacientes de las cuales únicamente seis personas desarrollan las actividades de aseo y transporte de los pacientes desde de cama hasta la ducha.

Se desarrollo las siguientes preguntas para la encuesta:



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

La presente encuesta sirve para obtener datos para el proyecto de titulación para los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica la cual será utilizada únicamente con fines académicos, por ese motivo le pedimos de la manera más comedida posible nos ayude llenando las siguientes preguntas de antemano le agradecemos por su colaboración:

1. En base a su experiencia indique que tan probable es que se produzca un accidente al momento de movilizar a los usuarios en distintas actividades (aseo, recreación, fisioterapia).

Marque con una **X** según su criterio:

Muy probable	
Probable	
Medianamente probable	
Poco probable	
No es probable	

2. El tener que cargar a los usuarios para transportarlos de un lugar a otro le ha causado alguna molestia física:

SI

NO

Si su respuesta es **sí** coloque en orden de importancia identificando como el 1 el menos importante y 3 el más importante:

	IMPORTANCIA		
	1	2	3
Dolor de brazos			
Dolor de piernas			
Dolor de espalda			
Otro			

Otro, especifique:

.....
.....

3. ¿El tiempo que usted utiliza en el aseo de los pacientes puede ser modificado?

SI

NO

5.1.2. Tabulación de datos de las encuestas.

- 1.- *En base a su experiencia indique que tan probable es que se produzca un accidente al momento de movilizar a los usuarios en distintas actividades (aseo, recreación, fisioterapia).*

Los resultados obtenidos en esta pregunta indican que existe un 67% de probabilidad de que se produzca un accidente, el 17% que es medianamente probable y el 16% indica que es poco probable que se genere un accidente (figura 20). Con estos datos podemos establecer que el índice de probabilidad para la ocurrencia de un accidente es alto.

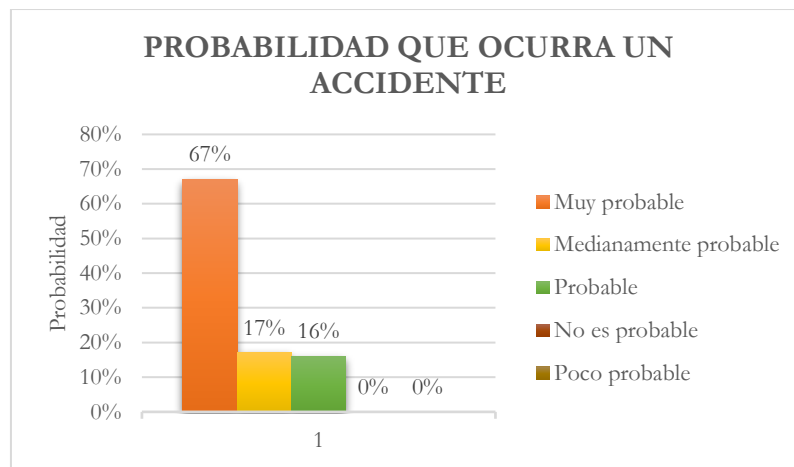


Figura 20: Probabilidad de accidentes.

- 2.- *El tener que cargar a los usuarios para transportarlos de un lugar a otro le ha causado alguna molestia física.*

El 100 % del personal de atención a los pacientes indico que están expuestos a alguna molestia física durante el transporte de los pacientes de un lugar a otro, como se observa en la figura 21 y 22.

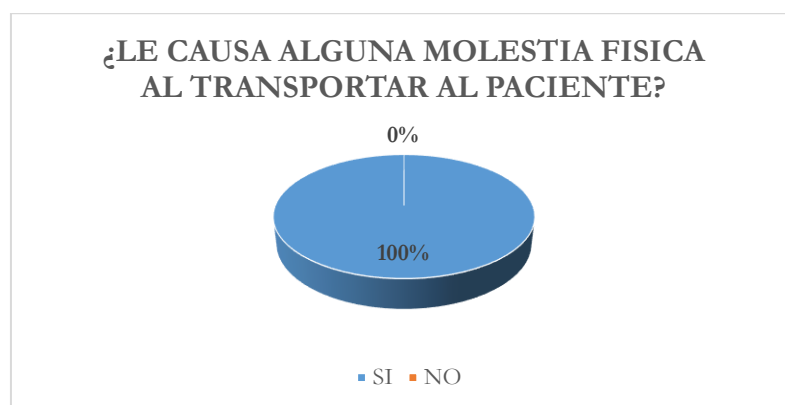


Figura 21: Probabilidad de molestias físicas.

De acuerdo 100% de los encuestados indicaron que las molestias más importantes que sufren son las siguientes: dolor de espalda con un 35%, seguido de un 29% dolor de piernas, un 24% dolor de brazos y finalmente señalaron un 12% que tienen otras molestias (dolor de cuello y cabeza), como se observa en la figura 22; estas molestias se generan a consecuencia de transportar a los pacientes.

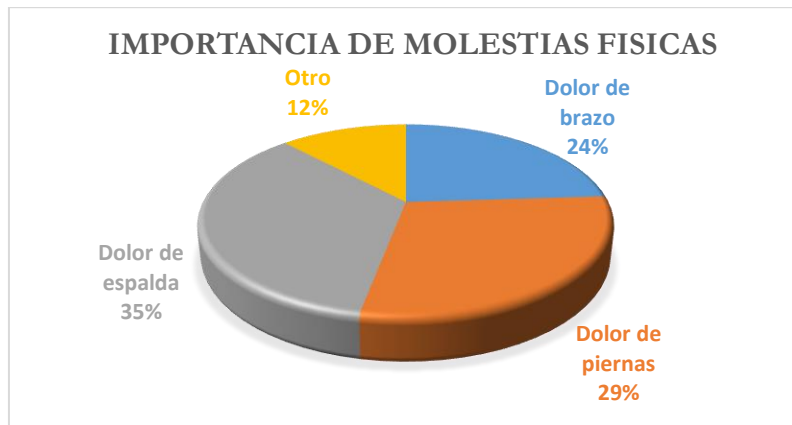


Figura 22: Molestias físicas y probabilidades.

- **3.- ¿El tiempo que usted utiliza en el aseo de los pacientes puede ser modificado?**
 Como podemos observar el 100% de los encuestados informaron que se puede modificar el tiempo del aseo de los pacientes El personal de atención está de acuerdo de la flexibilidad del tiempo figura 23; esto puede ser en la disminución o aumento del tiempo; esto no involucra en las actividades diarias

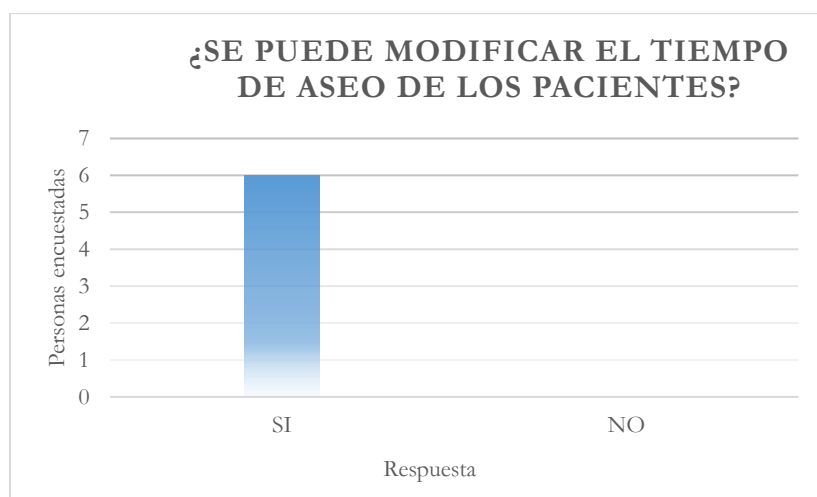


Figura 23: Flexibilidad del tiempo.

5.2. Diseño del dispositivo.

Previo al diseño del dispositivo se realiza un estudio del estado del arte en el que se identifican los diferentes dispositivos utilizados en el transporte de pacientes y la caracterización del paciente de acuerdo a su grado de discapacidad, esto se encuentra detallado en el desarrollo de los fundamentos teóricos

Para mejorar el transporte de los pacientes se realiza el diseño de una grúa móvil, y para garantizar estética, ergonomía, funcionalidad y resistencia todos los elementos que conforman el mecanismo son modelados en el software Autodesk Inventor Professional 2017.

5.2.1. Restricciones, movimiento y dimensionamiento del mecanismo.

El mecanismo se diseña de acuerdo a las restricciones de la edificación de la fundación como son: pasillos, puertas, altura de las camas, etc. Para ello se realizó un levantamiento de medidas en AutoCAD (figura 24) de los lugares de funcionamiento.

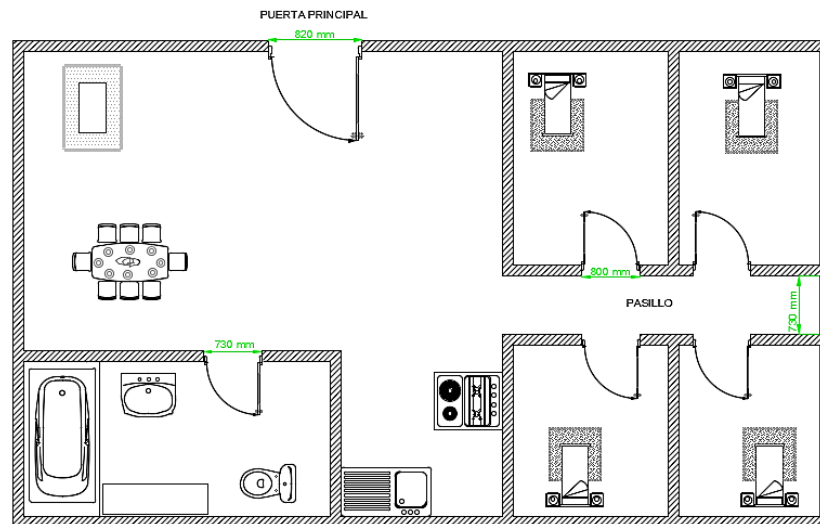


Figura 24: Dimensiones de las instalaciones de la fundación.

Los valores de las mediciones se presentan en la tabla 3.

Tabla 3: Dimensiones de la fundación

	2.50 m x 2.90 m
Dormitorios	Puerta 80 cm x 2.34 m Altura de la cama 20 cm
Pasillos	73 cm x 2.90 m
Baño	Puerta 73 cm x 2.34
Puerta principal	82 cm x 2.34 m

El mecanismo va a realizar movimientos de desplazamiento de lugares y movimientos alternativos en el actuador electromecánico.

El movimiento alternativo es un movimiento repetitivo hacia arriba y hacia abajo o hacia delante y hacia atrás [30].

Una vez determinado las restricciones y condiciones de funcionamiento se proceden al dimensionamiento del mecanismo:

- Peso de los pacientes: 120kg

- Dimensiones de la grúa:

Largo: 1.20 m

Alto: 1.75 m

Ancho: 60 cm

Para conseguir un dispositivo que cumpla con las restricciones y realice los movimientos de desplazamiento y alternativo se propone la grúa de la figura 25.



Figura 25: Esquema de la grúa móvil.

Para garantizar que los movimientos que están en las restricciones se generen se realiza un análisis cinemático del mecanismo propuesto, en el software ADAMS VIEW (figura 26).

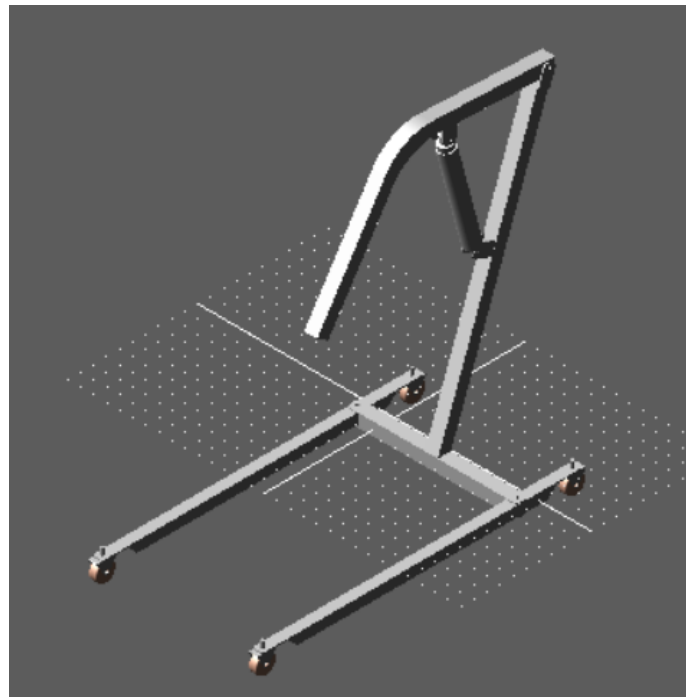


Figura 26: Análisis cinemático de la grúa móvil.

En la figura 27 se indica el proceso empleado en el análisis cinemático del mecanismo de la grúa móvil para personas con discapacidad.

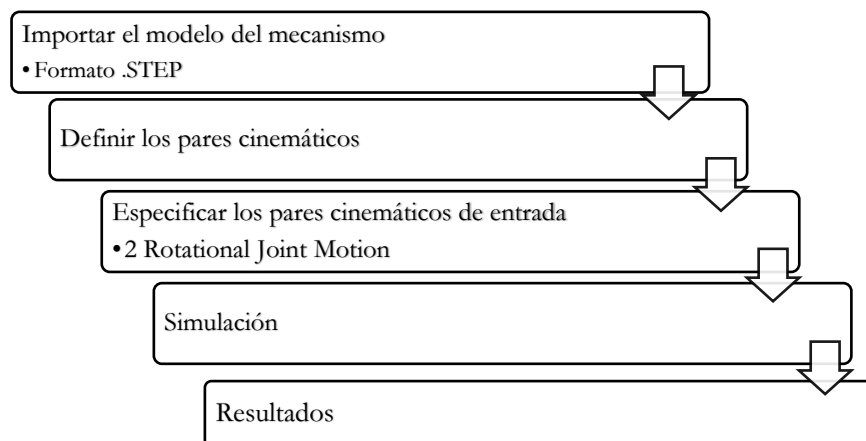


Figura 27: Procedimiento para el análisis cinemático

El resultado del análisis del análisis cinemático del movimiento del brazo superior se observa en la figura 28.

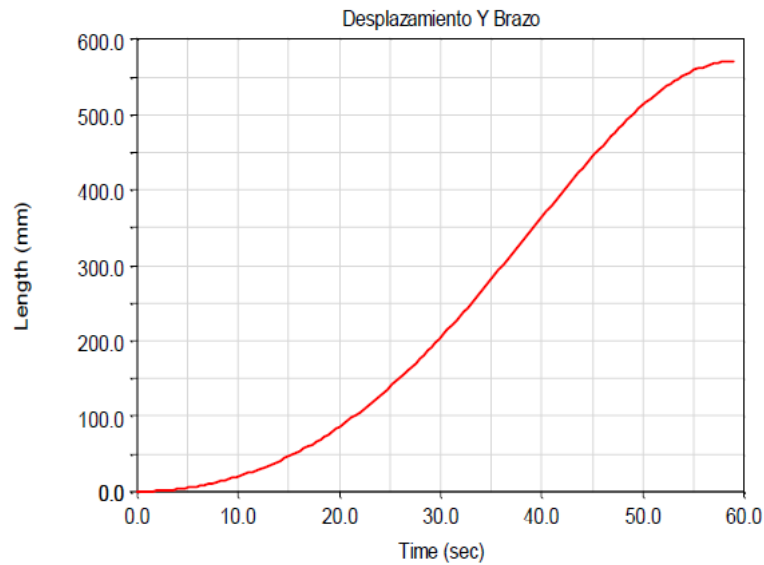


Figura 28: Desplazamiento del brazo superior.

Como podemos observar el brazo superior se eleva una distancia de 600 mm, lo que indica que el mecanismo diseñado cumple con las restricciones de movimiento de elevación y descenso del paciente.

En la figura 29 se muestra el diseño del dispositivo con un peso de 120 kg considerado las juntas tipo primatica, rotacional y fija para la fijación de los elementos.

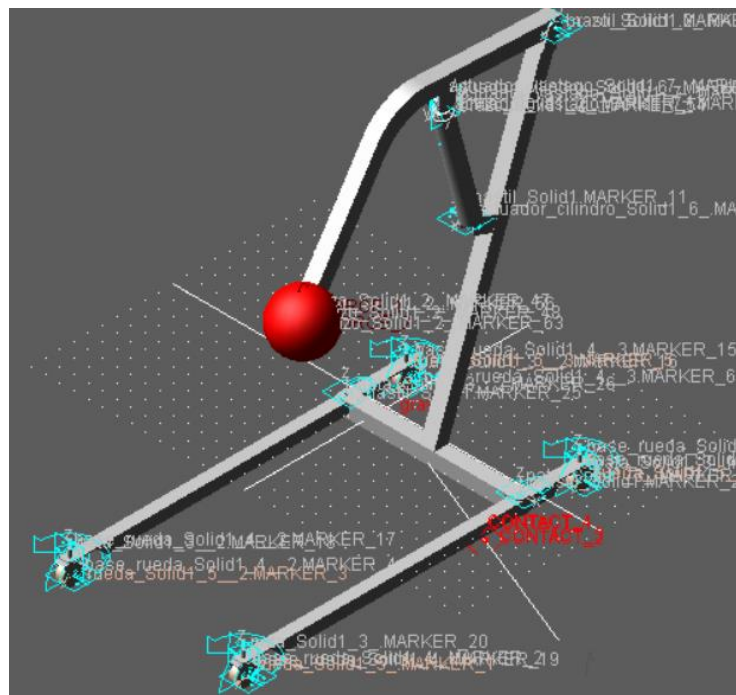


Figura 29: Esquema de fijación de los elementos de la grúa.

Después de ingresar todos los parámetros en el entorno de simulación, se procede a hacer el análisis obteniendo los siguientes resultados (figura 30, 31 y 32).

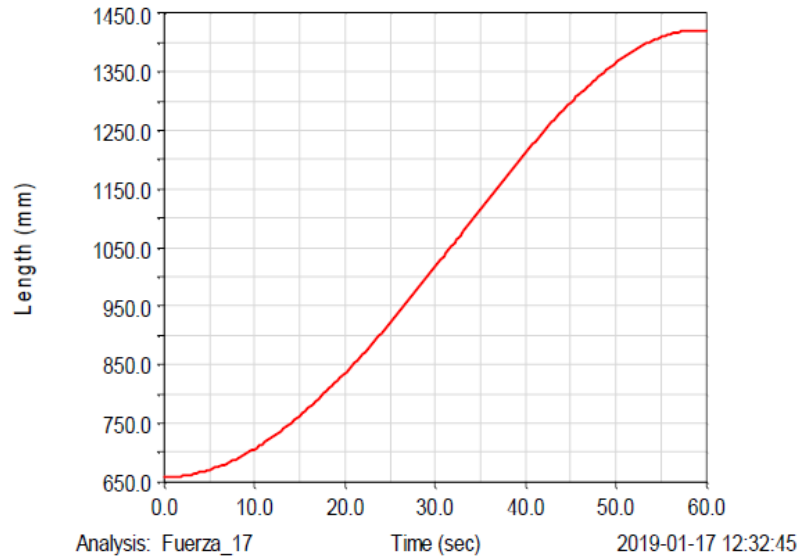


Figura 30: Desplazamiento de la grúa móvil.

La grafica 30 indica que mediante el análisis cinemático y cinético de la estructura se puede determinar que el actuador requiere de un recorrido de 300mm de su vástago con lo cual se obtiene un desplazamiento vertical máximo de 1450 mm, siendo la altura máxima a la cual se podrá elevar a una persona de 120 Kg.

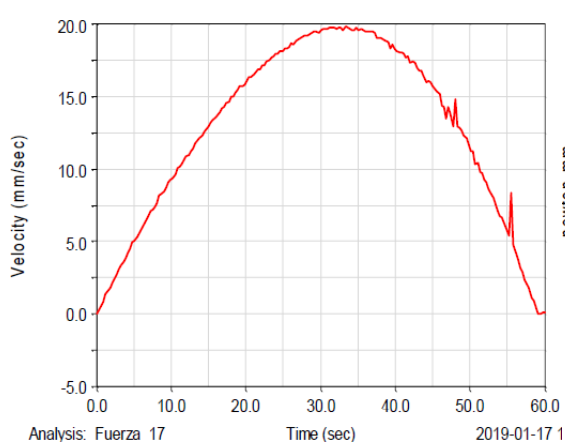


Figura 31: Velocidad máxima.

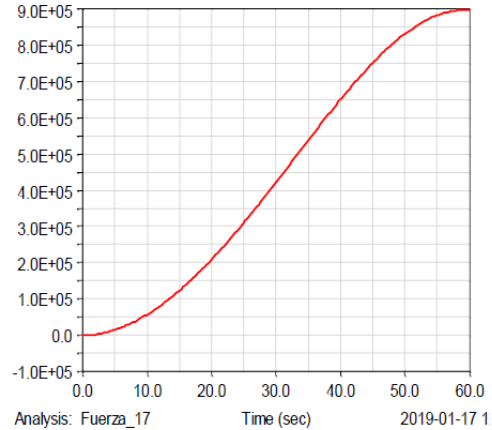


Figura 32: Fuerza necesaria para levantar la carga

Como se observa en la figura 31 se determina que la velocidad máxima en el extremo final del brazo es de alrededor de 20 mm/s, y que la fuerza necesaria para levantar la carga de 120Kg es de $9 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}$ (figura 32), la misma que se divide por la longitud del vástago de 300mm, obteniendo un resultado de 3KN.

5.2.2. Cálculos de la grúa móvil.

En el diseño de la grúa se considera relaciones de equilibrio que dependen principalmente de fuerzas y relaciones constitutivas (material y deformaciones) que dependen principalmente del tipo de material.

Para el cálculo que se presentan a continuación se realiza bajo la norma ASTM A500, el esfuerzo de fluencia de $\sigma_y = 320MPa$ [37].

El factor de seguridad a utilizar es de $F.S. = 2$, teniendo en cuenta para uso con materiales confiables donde la carga y las condiciones ambientales no son severas [38].

- **Brazo Superior.**

Para la selección del punto de apoyo en el brazo horizontal se consideraron varias cargas equivalentes a pesos de personas y a distintas distancias, se coloca el punto de apoyo del actuador lineal a partir de 0.3 m, la carga producida por el peso de la persona se vuelve estable [3].

Para el análisis se considera la situación más crítica en la cual el vástago del actuador está completamente extendido [39], la fuerza FA del actuador se descompone para encontrar las fuerzas FAx y FAy.

Se comienza con el análisis estático de la estructura utilizando un diagrama de cuerpo libre como se muestra en la figura 33.

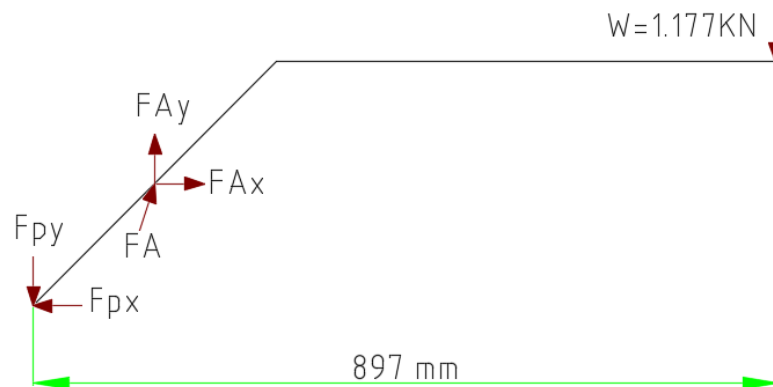


Figura 33: Diagrama de cuerpo libre del brazo superior.

Se desarrolla la sumatoria de momentos con respecto al punto P, de esta manera hallamos el valor de la fuerza FA.

Para realizar el análisis estático se utilizan las siguientes relaciones de equilibrio.

$$+\circlearrowleft \sum M_P = 0 \quad (1)$$

$$FA_y(298.89mm) - FA_x(256.83mm) - 1177.2N(897mm) = 0$$

$$FA \cdot \sin(85.48)(298.89mm) - FA \cdot \cos(85.48)(256.83mm) - 1177.2N(897mm) = 0$$

$$297.96mm \cdot FA - 20.949mm \cdot FA = 1055948.4N \cdot mm$$

$$FA = 3811.94N$$

Una vez hallada la fuerza FA, podemos realizar una sumatoria de fuerzas con respecto al eje y y x para hallar FP_y y FP_x respectivamente.

$$+\uparrow \sum F_y = 0 \quad (2)$$

$$-FP_y + FA_y - W = 0$$

$$-FP_y + FA \cdot \sin(85.48) - 1177.2N = 0$$

$$-FP_y + 3800.08N - 1177.2N = 0$$

$$FP_y = 2622.884N$$

$$+\rightarrow \sum F_x = 0 \quad (3)$$

$$-FP_x + FA_x = 0$$

$$-FP_x + FA \cdot \cos(85.48) = 0$$

$$FP_x = 300.408N$$

Los valores de esfuerzos σ de compresión o tensión se utiliza la siguiente relación.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (4)$$

Donde **P** representa la carga axial y **A** el área transversal.

Para un diseño seguro se requiere que $\sigma_{max} \leq \sigma_{perm}$ donde el σ_{perm} viene dado por la siguiente relación:

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_y}{F.S.} \quad (5)$$

Donde σ_y es el esfuerzo de fluencia del material y F.S es el factor de seguridad

Por lo tanto, para garantizar esta seguridad se requieren elegir un esfuerzo permisible que restrinja la carga requerida a un valor que sea mayor a la carga que el

elemento puede soportar. Se tendrá un esfuerzo permisible calculado de la siguiente manera.

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_y}{F.S.}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{320MPa}{2}$$

$$\sigma_{perm} = 160MPa$$

En la figura 34 se observa el diagrama de cortante y momento para hallar el valor máximo del momento flector.

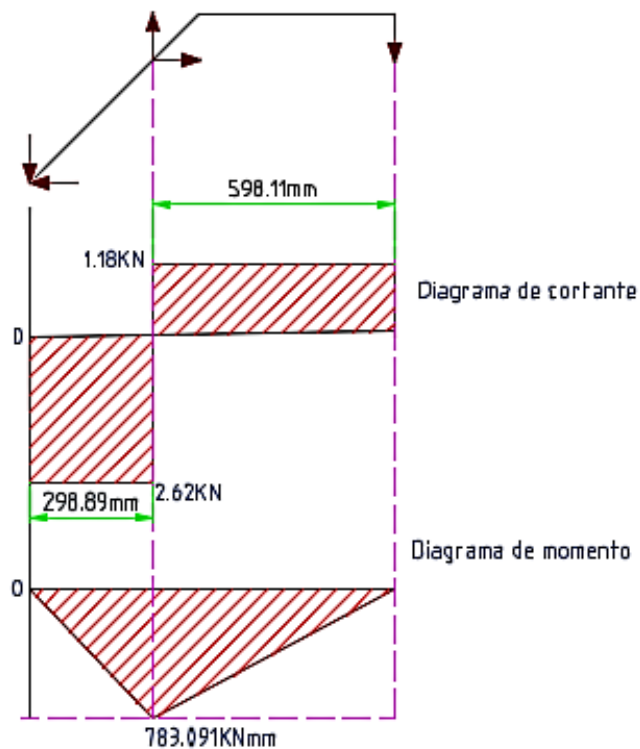


Figura 34: Diagrama de corte y momento del brazo superior.

El momento flector máximo es 783.091 kN · mm de acuerdo al diagrama de momento.

Para el correcto diseño de una viga se utiliza el máximo valor absoluto del momento flector $|M_{max}|$ que ocurrirá en el elemento. El esfuerzo normal máximo σ_{max} en el elemento se encuentra en la superficie de este en la sección crítica donde ocurre $|M_{max}|$ [40] y se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{|M_{max}|}{S} \quad (6)$$

Donde S es el módulo elástico de la sección el cual depende únicamente de la sección transversal.

$$S = \frac{I}{c} \quad (7)$$

Donde I es el momento de inercia de la sección transversal con respecto al eje centroidal perpendicular al plano de par M y c es la distancia máxima desde la superficie neutra hasta la superficie superior o inferior del elemento.

$$S_{min} = \frac{|M_{max}|}{\sigma_{perm}} \quad (8)$$

$$S_{min} = \frac{783.091 \text{ kN} \cdot \text{mm}}{160 \text{ MPa}}$$

$$S_{min} = 4.8943E - 6 \text{ m}^3 \rightarrow 4.8943 \text{ cm}^3$$

Posteriormente se halla el módulo de sección que nos permitirá hallar el material adecuado para el trabajo a realizar.

Con el catálogo de tubos estructurales que se encuentra en el ANEXO 1, se procede a seleccionar las dimensiones del tubo teniendo en cuenta que el valor del módulo elástico sea mayor aplicando la ecuación 7:

En la tabla 4 se observa los valores calculados del módulo de sección y el módulo requerido para el brazo superior.

Tabla 4: Valores calculados del módulo de sección para el brazo superior.

Ancho x Alto x e [mm]	I [cm ⁴]	Módulo de sección [cm ³]	Módulo de sección requerido [cm ³]
50 x 50 x 1.5	11.06	4.424	4.8943
50 x 50 x 3	21.20	8.48	

Para que el diseño sea correcto debe cumplir la siguiente condición

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{perm}:$$

Remplazando los valores en las ecuaciones 5 y 6 se tiene:

$$160 \text{ MPa} \leq 160 \text{ MPa}$$

Es necesario también determinar cuál es la deflexión presente en el brazo superior, por lo que es necesario utilizar en el cálculo las siguientes ecuaciones:

Ecuación diferencial de la elástica:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI} \quad (9)$$

Se tienen en consideración para los elementos sometidos a flexión el diagrama de la curva elástica el cual es importante ya que se muestra la forma de la viga flexada, en base a esto se traza una línea tangente a la curva de deflexión en un punto en interés, el mismo que indica la pendiente de la curva θ , medido en radianes con respecto a la horizontal [41]. Para calcular la pendiente de la curva elástica se usa utiliza el método de integración sucesiva la cual se base en las siguientes ecuaciones:

$$M = \int V dx + C \quad (10)$$

$$EI\theta = \int M dx + C \quad (11)$$

$$EIy = \int EI\theta dx + C \quad (12)$$

Donde E es el módulo de elasticidad, I es la inercia y EI es el módulo de rigidez, las constantes de integración no se pueden evaluar de forma directa ya que son dependientes de las condiciones de frontera lo que se indica por separado y con subíndices C1, C2, C3, etc.

Para la calcular la deflexión en el brazo se procede a aplicar la ecuación del momento desde los siguientes puntos:

$$0.29889 \leq x \leq 0.897$$

$$M(x) = 1309.3x - 1174.4$$

Condiciones de frontera:

$$1) x = 0.29889, \theta = 0$$

$$2) x = 0.29889, y = 0$$

Integrando la ecuación del momento encontramos la ecuación de la pendiente.

$$EI\theta(x) = \int_0^x M(x) dx + C1 \quad (13)$$

$$EI\theta = \int 1309.3x - 1174 \, dx$$

$$EI\theta = 654.65x^2 - 1174.4x + C1$$

Reemplazando primera condición

$$EI\theta = 654.65(0.29889)^2 - 1174.4(0.29889) + C1 = 0$$

$$C1 = 292.533 \quad (14)$$

Por lo tanto

$$EI\theta = 654.65x^2 - 1174.4x + 292.533$$

Integramos la ecuación de la pendiente para hallar la ecuación de la deflexión.

$$EIy = \int_0^x dx \int_0^x M(x) \, dx + C1x + C2 \quad (15)$$

$$EIy = \int 654.65x^2 - 1174.4x + 292.533 \, dx$$

$$EIy = 218.217x^3 - 587.2x^2 + 292.533x + C2 \quad (16)$$

Para este caso $EI = 28200 \, Pa \, m^4$, reemplazando en la ecuación 14 se tiene lo siguiente:

$$y = 7.7382x10^{-3} x^3 - 0.0208 x^2 + 0.0104x + C2 \quad (17)$$

Reemplazando la segunda condición en la ecuación 16 se tiene:

$$y = 7.7382x10^{-3} (0.29889)^3 - 0.0208 (0.29889)^2 + 0.0104(0.29889) + C2 = 0$$

$$C2 = -1.4560E - 3 \quad (18)$$

Reemplazando los valores de las constantes C1 y C2 la ecuación de la deflexión queda de la siguiente manera:

$$y = 7.7382E - 3 x^3 - 0.0208 x^2 + 0.0104x - 1.4560E - 3 \quad (19)$$

Para valores de $x = 0.897$, se encuentra la deflexión máxima.

$$y(0.897) = 7.7382E - 3 (0.897)^3 - 0.0208 (0.897)^2 + 0.0104(0.897) - 1.4560E - 3$$

$$y \, max = 0.00328 \, m \rightarrow 3.28mm$$

La deflexión que existe en el brazo superior es de 3.28 mm como se puede observar en la figura 35, la misma que es una deflexión despreciable porque no afecta al funcionamiento del mecanismo.

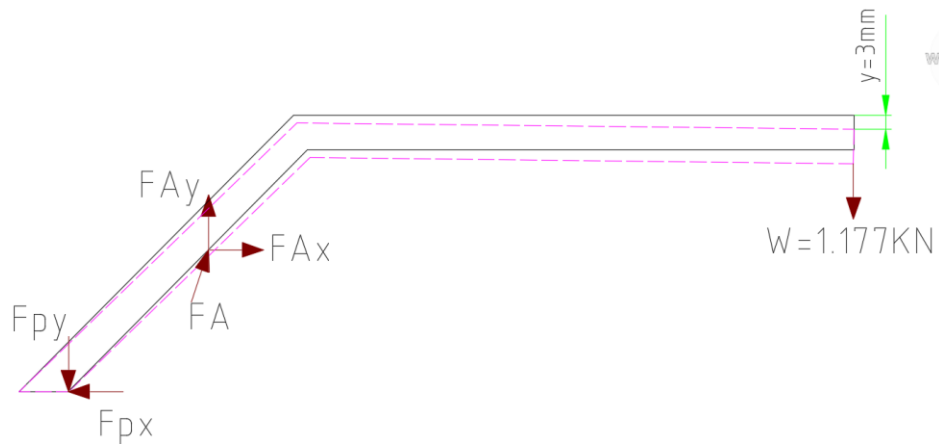


Figura 35: Deflexión del brazo superior.

Para el dimensionamiento de los pasadores se tendrá en cuenta que el esfuerzo normal permisible será igual al esfuerzo cortante permisible.

$$\sigma_{perm} = \tau_{perm} \quad (20)$$

Para el cálculo de pasadores se utilizará un factor de seguridad de 8.5 que es empleado para tornillos [38]. Reemplazando en la ecuación 5 se obtendrá el siguiente esfuerzo permisible:

$$\sigma_{perm} = \frac{320MPa}{8.5}$$

$$\sigma_{perm} = 40 MPa$$

Además, se debe tener en cuenta el cortante permisible para proceder a determinar el espesor t necesario para las platinas el cual viene dado por la siguiente ecuación:

$$\tau_{perm} = \frac{P/2}{t \cdot d_{req}} \quad (21)$$

Donde P es la fuerza aplicada al pasador, t es el espesor de las platinas y d_{req} es el diámetro requerido del pasador.

El cálculo del espesor de las platinas se realiza con la finalidad de obtener las medidas del espesor adecuado para cada soporte.

El diámetro requerido de los pasadores se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{req}}{\pi}} \quad (22)$$

Donde d_{req} es el diámetro requerido del pasador y A_{req} es el área transversal

El área requerida se determina a partir de la Ley de Pascal despejando el área se tiene:

$$A_{req} = \frac{P}{\sigma_{perm}} \quad (23)$$

Se procede a calcular el diámetro de los pasadores DIN 931 y el espesor de las platinas para el brazo superior como se observa en la figura 36.

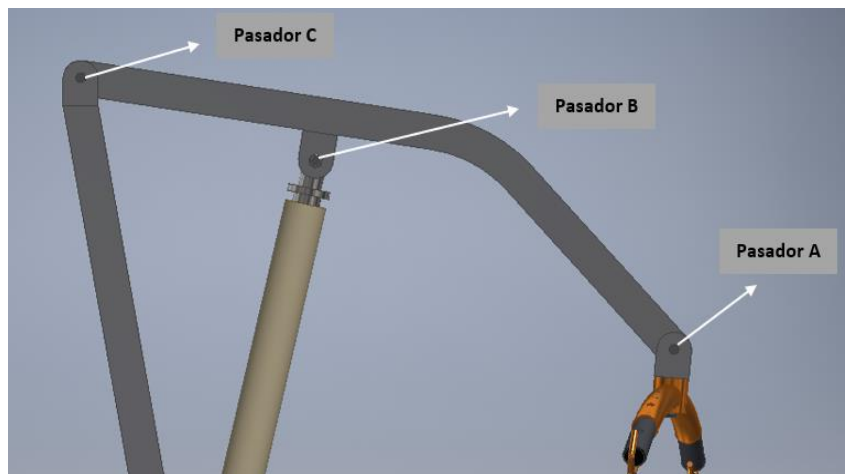


Figura 36: Representación de los pasadores del brazo superior.

- **Pasador A**

Se procede a dibujar el diagrama de cuerpo libre del pasador figura 37.

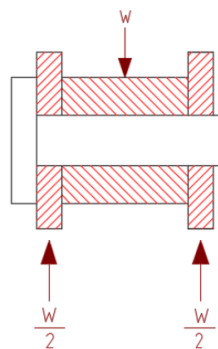


Figura 37: Diagrama de cuerpo libre del pasador.

$$\tau_{perm} = \frac{W/2}{A_{req}}$$

$$40Mpa = \frac{588.6N}{A_{req}}$$

$$A_{req} = 1.4715E - 5 m^2$$

Para encontrar el diámetro requerido se utiliza la ecuación 22, reemplazando tenemos lo siguiente:

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{req}}{\pi}}$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.4715E - 5 m^2}{\pi}}$$

$$d_{req} = 0.00432m \rightarrow 4.328mm$$

El espesor de la platina no se calcula porque es un elemento adquirido en conjunto con la percha.

- **Pasador B**

Se procede a dibujar el diagrama de cuerpo libre del pasador figura 38.

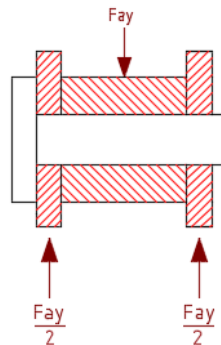


Figura 38: Diagrama de cuerpo libre del pasador.

$$\tau_{perm} = \frac{FA_y/2}{A_{req}}$$

$$40Mpa = \frac{1900.04N}{A_{req}}$$

$$A_{req} = 4.75E - 5 m^2$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{req}}{\pi}}$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4.75E - 5 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$d_{req} = 0.0077\text{m} \rightarrow 7.77\text{mm}$$

Para calcular el espesor de la platina se utiliza la ecuación 21, reemplazando tenemos lo siguiente:

$$40\text{MPa} = \frac{1905.97\text{N}}{t \cdot 7.77\text{mm}}$$

$$t = 0.00613\text{m} \rightarrow 6.13\text{mm}$$

La platina se selecciona de acuerdo al catálogo del ANEXO 2 de platinas disponibles en el mercado local.

- **Pasador C**

Se procede a dibujar el diagrama de cuerpo libre del pasador figura 39.

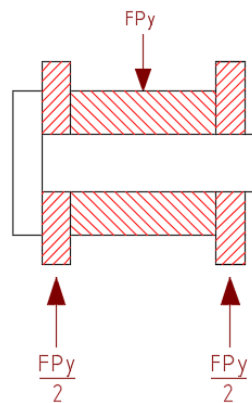


Figura 39: Diagrama de cuerpo libre del pasador.

$$\tau_{perm} = \frac{FP_y/2}{A_{req}}$$

$$40\text{Mpa} = \frac{1320\text{N}}{A_{req}}$$

$$A_{req} = 3.3E - 5 \text{ m}^2$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{req}}{\pi}}$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.3E - 5 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$d_{req} = 0.00648\text{m} \rightarrow 6.48\text{mm}$$

$$\tau_{perm} = \frac{FP_y/2}{t \cdot d_{req}}$$

$$40\text{MPa} = \frac{1320\text{N}}{t \cdot 6.48\text{mm}}$$

$$t = 0.00509\text{m} \rightarrow 5.09\text{mm}$$

- **Mástil.**

Para identificar la posición idónea de donde va a estar sujeto el actuador lineal en el mástil se tendrá en cuenta la carrera del actuador lineal y que el momento generado por la elevación del paciente este en los rangos permitidos.

Se realiza el diagrama de cuerpo libre del mástil para realizar la sumatoria de fuerzas en el eje Y y X para hallar las fuerzas resultantes FM_y y FM_x respectivamente, ver figura 40.

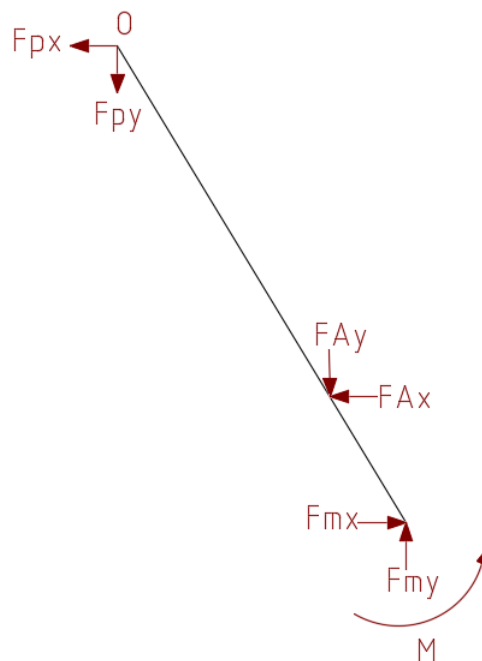


Figura 40: Diagrama de cuerpo libre del mástil.

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$-FA_x - FP_x + FM_x = 0$$

$$FM_x = 600.816N$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$-FP_y - FA_y + FM_y = 0$$

$$-2622.884N - 3800.08N + FM_y = 0$$

$$FM_y = 6422.964N$$

$$+\circlearrowleft \sum M_o = 0$$

$$-FA_y(130mm) - FA_x(689mm) + FM_y(194.6mm) + FM_x(1104mm) + M = 0$$

$$-3.8kN(130mm) - 300.4N(689mm) + 6.4kN(194.6mm) + 600.8N(1104mm) + M = 0$$

$$M = 1.20kN$$

Para el análisis estático de la base del mástil, se debe tener en cuenta que $FB_1 = FB_2$ debido a que la fuerza FM_y se encuentra en el centro del sistema, se realiza un diagrama del cuerpo libre figura 41 para realizar la sumatoria de fuerzas en el eje Y y hallamos las reacciones.

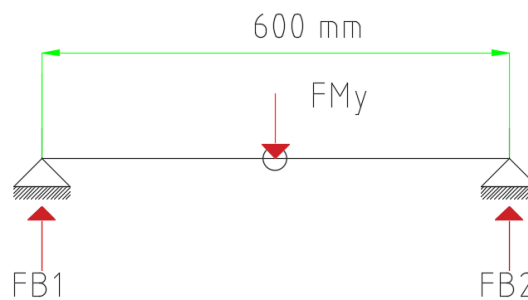


Figura 41: Diagrama de cuerpo libre de la base del mástil.

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$FB_1 + FB_2 - FM_y = 0$$

$$2FB_1 = FM_y$$

$$FB_1 = \frac{6422.964N}{2}$$

$$FB_1 = 3211.347N$$

En la figura 42 se observa el diagrama de corte y momento para hallar el momento flector máximo para calcular el módulo de sección permisible.

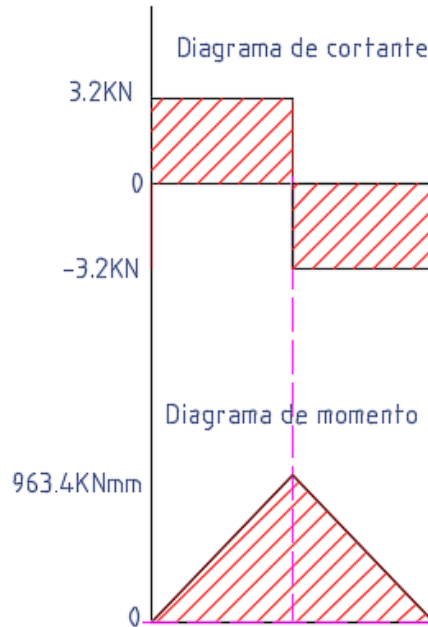


Figura 42: Diagrama de corte y momento de la base del mástil.

El momento flector máximo es 963.4 kN · mm de acuerdo al diagrama de momento.

$$S_{min} = \frac{M}{\sigma_{perm}}$$

$$S_{min} = \frac{963.4041 \text{ kN} \cdot \text{mm}}{160 \text{ MPa}}$$

$$S_{min} = 6.0212E - 6 \text{ m}^3 \rightarrow 6.0212 \text{ cm}^3$$

En la tabla 5 se observa los valores calculados del módulo de sección y el módulo requerido para la base del mástil.

Tabla 5: Valores calculados del módulo de sección para la base del mástil.

Ancho x Alto x e [mm]	I [cm ⁴]	Módulo de sección [cm ³]	Módulo de sección requerido [cm ³]
50 x 50 x 1.5	11.06	4.424	6.0212
50 x 50 x 3	21.20	8.48	

Para que el diseño sea correcto debe cumplir la siguiente condición

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{perm}$$

Remplazando los valores en las ecuaciones 5 y 6 se tiene:

$$\sigma_{max} = 160MPa$$

Por tanto, $\sigma_{max} \leq \sigma_{perm}$:

$$160MPa \leq 160MPa$$

- **Deflexión de la base del mástil**

Para el cálculo de la deflexión de la base del mástil se asemeja un caso de vigas que se muestra en la figura 43.

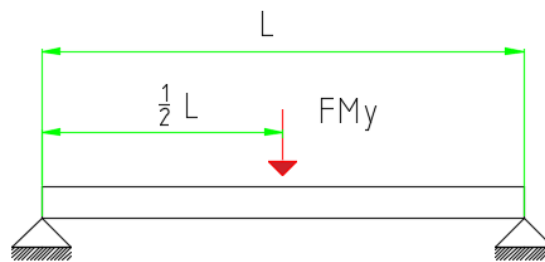


Figura 43: Representación de la base del mástil.

Para encontrar la deflexión de este caso de vigas se utiliza la siguiente ecuación:

$$y = \frac{-PL^3}{48EI} \quad (24)$$

Donde P es la fuerza aplicada, L es la longitud de la viga, EI es el módulo de rigidez.

Reemplazando los valores en la ecuación obtenemos el valor máximo de la deflexión.

$$L = 600 \text{ mm}$$

$$P = 6422.964N$$

$$EI = 28200 \text{ Pa m}^4$$

$$y_{max} = \frac{-6422.964N (0.6)^3}{48(28200)}$$

$$y_{max} = -0.00102m \rightarrow 1.02mm$$

La base del mástil tiene una deflexión de 1 mm como se puede observar en la figura 44, la misma que es una deflexión mínima.

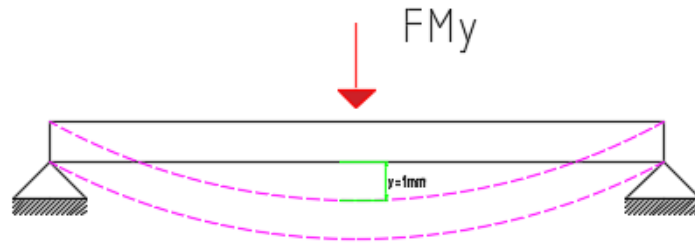


Figura 44: Deflexión de la base del mástil.

- **Pasadores de la base del mástil**

Se procede a calcular el diámetro de los pasadores y el espesor de las platinas para la base del mástil como se observa en la figura 45.

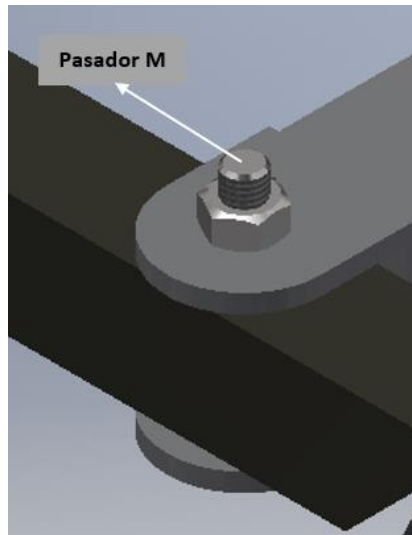


Figura 45: Pasador de la base del mástil

Se realiza el diagrama de cuerpo libre del pasador figura 46, se utiliza la fuerza (FMx) del mástil.

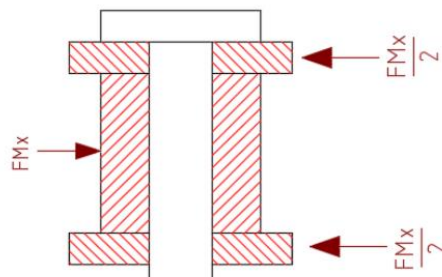


Figura 46: Diagrama de cuerpo libre del pasador.

$$\tau_{perm} = \frac{FM_x/2}{A_{req}}$$

$$40\text{Mpa} = \frac{300.408\text{N}}{A_{req}}$$

$$A_{req} = 7.51E - 6 \text{ m}^2$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{req}}{\pi}}$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7.51E - 6 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$d_{req} = 0.00309\text{m} \rightarrow 3.09 \text{ mm}$$

$$\tau_{perm} = \frac{FM_x/2}{t \cdot d_{req}}$$

$$40\text{MPa} = \frac{300.408\text{N}}{t \cdot 3.09 \text{ mm}}$$

$$t = 0.00243\text{m} \rightarrow 2.43 \text{ mm}$$

- **Bases**

Se realiza el diagrama de cuerpo libre de las bases figura 47, se calcula el valor de las reacciones para realizar la sumatoria de momentos con respecto a RA1 y luego realizar la sumatoria de fuerzas con respecto al eje y para hallar RA2.

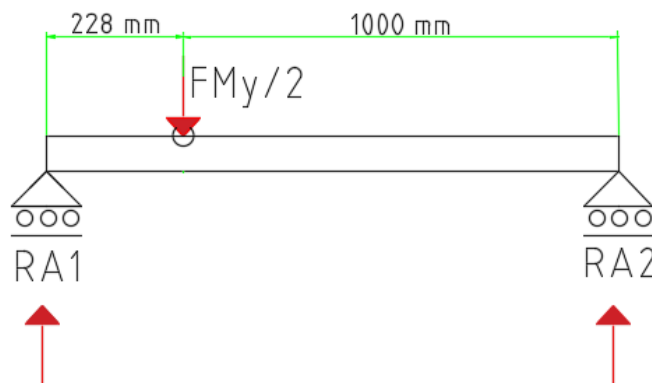


Figura 47: Diagrama de cuerpo libre de las bases.

$$\begin{aligned}
& +\cup \sum MRA_1 = 0 \\
& -\frac{FM_y}{2}(228\text{mm}) + RA_2(1228) = 0 \\
& RA_2 = \frac{732217.896\text{Nmm}}{1228\text{mm}} \\
& RA_2 = 596.296\text{N} \\
& +\uparrow \sum Fy = 0 \\
& RA_1 - \frac{FM_y}{2} + RA_2 = 0 \\
& RA_1 = 3211.482\text{N} - 596.269\text{N} \\
& RA_1 = 2615.213\text{N}
\end{aligned}$$

En la figura 48 se observa el diagrama de corte y momento para hallar el momento flector máximo.

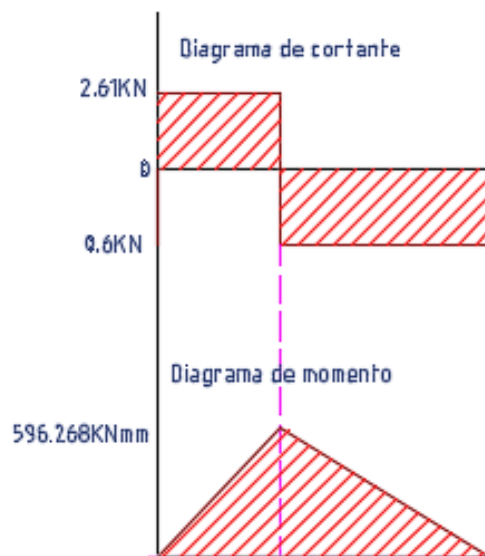


Figura 48: Diagrama de corte y momento de las bases.

El momento flector máximo es 596.268 kN · mm 596.268 según el diagrama de momento, posteriormente se encuentra el módulo de sección permisible.

$$\begin{aligned}
S &= \frac{|M_{max}|}{\sigma_{perm}} \\
S &= \frac{596.268 \text{ kN} \cdot \text{mm}}{160 \text{ MPa}} \\
S &= 3.727 \text{E} - 6 \text{ m}^3 \rightarrow 3.727 \text{cm}^3
\end{aligned}$$

En la tabla 6 se observa los valores calculados del módulo de sección y el módulo requerido para las bases de la grúa móvil.

Tabla 6: Valores calculados del módulo de sección para las bases.

Ancho x Alto x e [mm]	I [cm ⁴]	Módulo de sección [cm ³]	Módulo de sección requerido [cm ³]
40 x 40 x 1.5	5.48	2.74	3.727
40 x 40 x 3	10.20	5.14	

Para que el diseño sea correcto debe cumplir la siguiente condición

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{perm}$$

Remplazando los valores en las ecuaciones 5 y 6 se tiene:

$$160MPa \leq 160MPa$$

- **Deflexión de las bases**

Para el cálculo de la deflexión de las bases se procede a establecer condiciones para el análisis.

Se tienen las siguientes condiciones:

$$1) x = 0, \theta = 0$$

$$2) x = 0, y = 0$$

La ecuación del momento se muestra de la siguiente manera:

$$M(x) = 2615.2x$$

Integrando la ecuación del momento se encuentra la ecuación de la pendiente.

$$EI\theta(x) = \int M(x) = \int 2615.2x \, dx$$

Por lo tanto, la ecuación de la pendiente se muestra como:

$$EI\theta(x) = 1307.6x^2 + C1$$

Para este caso $EI = 20400 Pa m^4$, reemplazamos la primera condición.

$$\theta(x) = 0.064x^2 + C1$$

$$\theta(0) = 0.064(0)^2 + C1$$

$$C1 = 0$$

Para hallar la ecuación de la deflexión se debe integrar la ecuación de la pendiente, por consiguiente.

$$y(x) = \int \theta(x) = \int 0.064x^2$$

$$y(x) = 0.0214x^3 + C2$$

Reemplazando la segunda condición:

$$y(0) = 0.0214(0) + C2$$

$$C2 = 0$$

Para valores de $x=0.228$ se encuentra la deflexión máxima de este elemento.

$$y(0) = 0.0214(0.228)^3$$

$$y \text{ max} = 0.000253m \rightarrow 0.253mm$$

En las bases existe una deflexión de 0.25 mm como se puede observar en la figura 49, esta es una deflexión despreciable porque no afecta al funcionamiento del mecanismo.

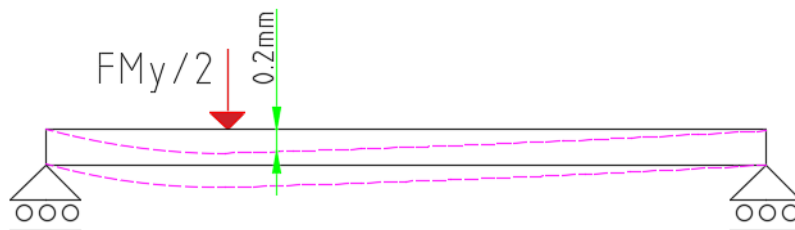


Figura 49: Deflexión de la base.

- **Pasador de las ruedas.**

Se procede a calcular el espesor de la platina para la colocación de las ruedas como se observa en la figura 50.

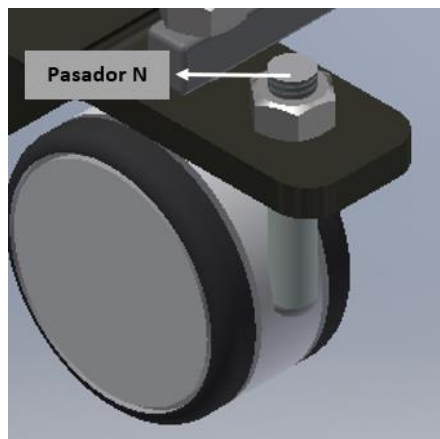


Figura 50: Platinas para las ruedas.

Se realiza el diagrama de cuerpo libre del pasador figura 51.

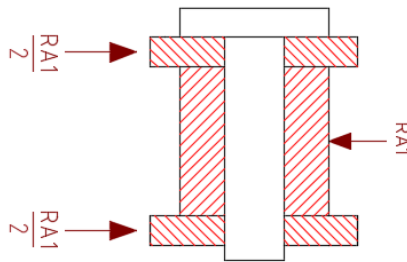


Figura 51: Diagrama de cuerpo libre del pasador.

$$\tau_{perm} = \frac{RA_1/2}{A_{req}}$$

$$40\text{Mpa} = \frac{1307.6065\text{N}}{A_{req}}$$

$$A_{req} = 3.269\text{E} - 5\text{ m}^2$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{req}}{\pi}}$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.269\text{E} - 5\text{ m}^2}{\pi}}$$

$$d_{req} = 0.00645\text{m} \rightarrow 6.451\text{ mm}$$

$$\tau_{perm} = \frac{RA_1/2}{t \cdot d_{req}}$$

$$40\text{MPa} = \frac{1307.6065\text{ N}}{t \cdot 6.451\text{mm}}$$

$$t = 0.00506\text{ m} \rightarrow 5.067\text{ mm}$$

- **Palancas**

Se realiza el diagrama de cuerpo libre de las palancas figura 52, se calcula el valor de las reacciones para realizar la sumatoria de momentos con respecto a K y luego realizar la sumatoria de fuerzas con respecto al eje y para hallar RA2.

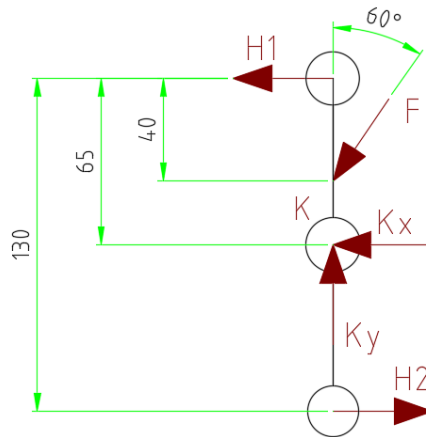


Figura 52: Diagrama de cuerpo libre de las palancas.

$$F = 1 \text{ kN}$$

$$H_1 = H_2$$

$$+\circlearrowleft \sum M_K = 0$$

$$H_2(65\text{mm}) - F(\text{Sen } 60)(40\text{mm}) + H_1(65\text{mm}) = 0$$

$$130 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot H_1 - 34.641 \text{ Nm} = 0$$

$$H_1 = 266.469 \text{ N}$$

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$-H_1 - F(\text{Cos } 60) - K_x + H_2 = 0$$

$$-1\text{kN}(\text{Cos } 60) - K_x = 0$$

$$K_x = 500 \text{ N}$$

- **Pasadores de la palanca**

Se procede a calcular el diámetro de los pasadores y el espesor de la platina para la base de giro de las palancas como se observa en la figura 53.

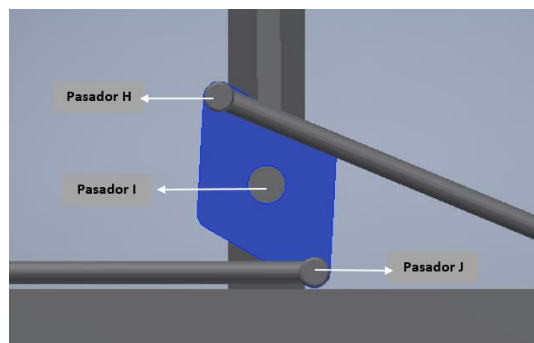


Figura 53: Pasadores de la palanca.

- **Pasador H y J**

Se realiza el diagrama de cuerpo libre del pasador figura 54.

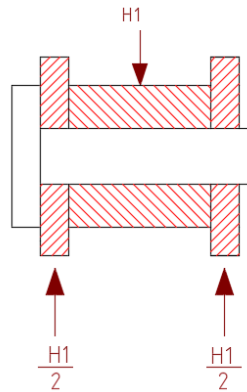


Figura 54: Diagrama de cuerpo libre del pasador de la palanca.

Se utiliza la fuerza máxima producida en H1 de la base de giro.

$$\tau_{perm} = \frac{H_1/2}{A_{req}}$$

$$40Mpa = \frac{133.234N}{A_{req}}$$

$$A_{req} = 3.330E - 6 m^2$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{req}}{\pi}}$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.330E - 6 m^2}{\pi}}$$

$$d_{req} = 0.00205m \rightarrow 2.059 mm$$

- **Pasador I**

Se realiza el diagrama de cuerpo libre del pasador figura 55.

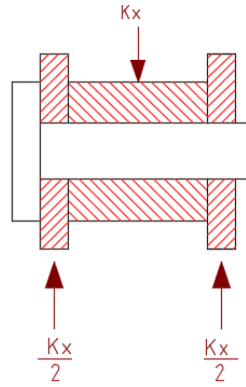


Figura 55: Diagrama de cuerpo libre del pasador de la palanca

Se utiliza la fuerza máxima producida en K de la base de giro.

$$\tau_{perm} = \frac{K_x/2}{A_{req}}$$

$$40\text{Mpa} = \frac{250\text{N}}{A_{req}}$$

$$A_{req} = 6.25E - 6 \text{ m}^2$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{req}}{\pi}}$$

$$d_{req} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6.25E - 6 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$d_{req} = 0.00282\text{m} \rightarrow 2.820 \text{ mm}$$

$$\tau_{perm} = \frac{K_x/2}{t \cdot d_{req}}$$

$$40\text{MPa} = \frac{250 \text{ N}}{t \cdot 2.820 \text{ mm}}$$

$$t = 0.00221 \text{ m} \rightarrow 2.216 \text{ mm}$$

5.2.3. Centro de masa

En esta sección se localiza el centro de gravedad de la grúa móvil. Para hallar el centro de masa usamos las siguientes ecuaciones:

$$\bar{x} = \frac{\sum \tilde{x}M}{\sum M} \quad (25)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum \tilde{y}M}{\sum M} \quad (26)$$

$$\bar{z} = \frac{\sum \tilde{z}M}{\sum M} \quad (27)$$

Donde:

\bar{x} = Distancia desde el punto de referencia al centro de gravedad con respecto al eje x

\bar{y} = Distancia desde el punto de referencia al centro de gravedad con respecto al eje y

\bar{z} = Distancia desde el punto de referencia al centro de gravedad con respecto al eje z

$\tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{z}$ = representan las coordenadas del centro de gravedad de cada parte del cuerpo

M = Masa de cada una de las partes

$\sum M$ = Masa total del sistema

En la figura 56 se observa la grúa móvil dividida en partes para realizar el análisis del centro de masa.

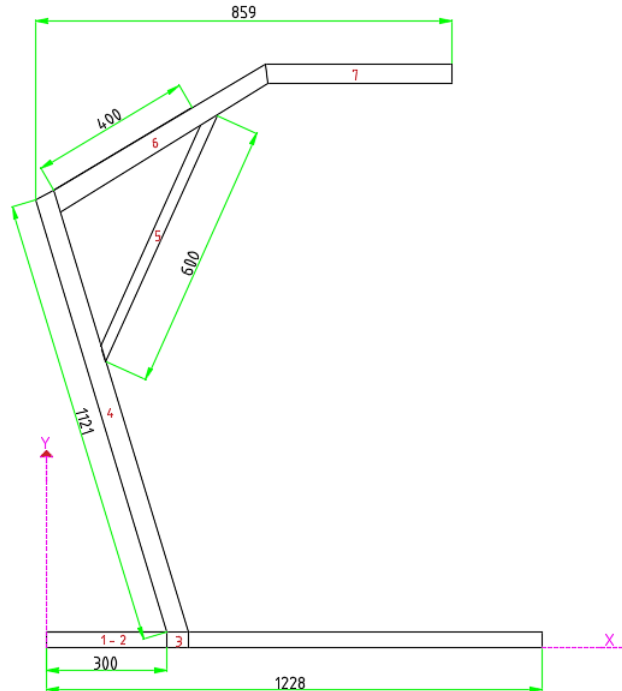


Figura 56: Partes de la grúa móvil.

1. Base 1
2. Base 2
3. Base mástil

4. Mástil
5. Actuador
6. Brazo 1
7. Brazo 2

Se procede a obtener las coordenadas del centro de gravedad y el peso de cada parte componente del cuerpo, para esto se utilizó la tabla de centroides ubicada en el ANEXO 3.

En la tabla 7 se muestran los valores obtenidos de cada una de las partes de la grúa móvil.

Tabla 7: Datos centro de masa.

Elementos	x(mm)	y(mm)	z(mm)	m(kg)	xm(kgmm)	ym(Kgmm)	zm(Kgmm)
1	614	20	20	2.9595	1817.133	59.19	59.9
2	614	20	610	2.9595	1817.133	59.19	1805.295
3	325	25	315	1.665	541.6125	41.6625	524.475
4	202.67	602	315	3.39663	688.395	2044.771	1069.938
5	300.45	1058.08	315	10	3004.5	10580.3	3150
6	318.76	1244.44	315	1.54833	493.55	1926.803	487.72
7	763.77	1384.08	315	1.40344	1071.905	1942.47	442.0836
				M=23.9339	$\Sigma=9434.2285$	$\Sigma=16654.3865$	$\Sigma=7539.4116$

Aplicando las ecuaciones mostradas anteriormente:

$$\bar{x} = \frac{9434.2285 \text{ kgmm}}{23.9339 \text{ kg}} = 394.178 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{16654.3865 \text{ kgmm}}{23.9339 \text{ kg}} = 695.849 \text{ mm}$$

$$\bar{z} = \frac{7539.4116 \text{ kgmm}}{23.9339 \text{ kg}} = 323.039 \text{ mm}$$

El centro de masa del sistema se encuentra en las coordenadas (394.178, 695.849, 323.039) mm, como se observa en la figura 57.

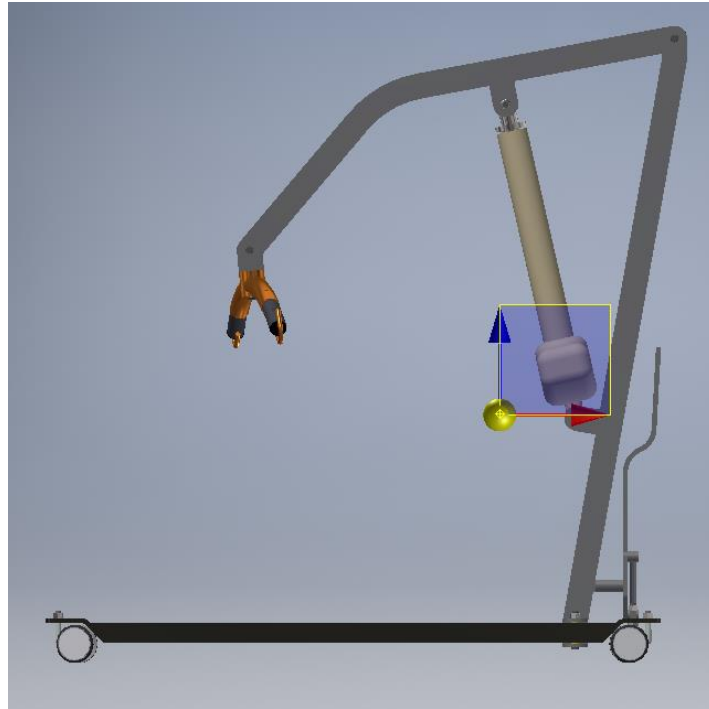


Figura 57: Ubicación centro de masa.

Con respecto a la gráfica anterior se observa que el sistema es estable debido a que el centro de masa se encuentra dentro del límite de estabilidad de todo el mecanismo, es decir; no se encuentra fuera de los límites de las bases.

5.2.4. Selección de rodamientos.

Los rodamientos son elementos mecánicos rodantes, de alta precisión capaz de transmitir las fuerzas que los ejes transmiten; además soportan al mismo, lo cual implica que aparte de rodar deben tener la capacidad de soportar una determinada carga, tanto estática como dinámica. Son de variados tamaños y diseños. Se pueden dividir en dos grandes categorías, rodamientos para carga radial y para carga axial (aunque esta división no es excluyente, ya que un rodamiento puede cumplir las dos categorías) [42].

Al seleccionar rodamientos para cualquier propósito, lo que se quiere, en última instancia, es estar seguro de alcanzar el nivel requerido de rendimiento del equipo, y al menor costo posible. Para la selección del rodamiento se debe tener en cuenta los siguientes factores [43]:

	Rendimiento y condiciones de funcionamiento
	Tipo de rodamiento y disposición
	Tamaño del rodamiento
	Lubricación
	Temperatura y velocidad de funcionamiento
	Interfaces del rodamiento
	Versión del rodamiento
	Sellado, montaje y desmontaje

Figura 58: Selección de rodamientos [44]

En el ANEXO 4 se presenta una tabla con información adicional sobre la selección de rodamientos [45].

El cálculo de rodamientos se lleva a cabo generalmente cuando los rodamientos giran a grandes velocidades y se desconoce su diámetro interior, en nuestro caso el rodamiento va a estar expuesto a bajas velocidades y se requiere un diámetro interno de 12 mm para la colocación del pasador de las bases por lo que se seleccionó el rodamiento 6301-2RS figura (59).

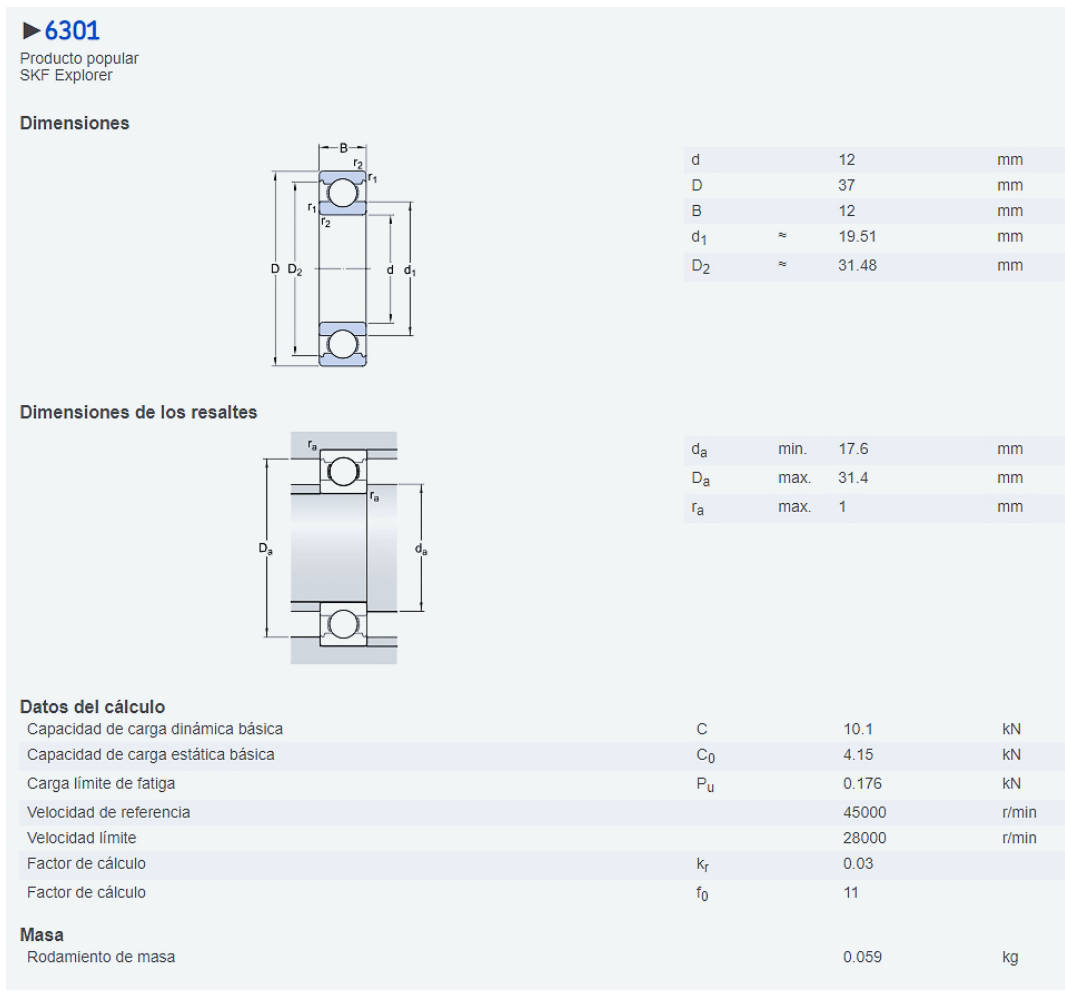


Figura 59: Rodamiento 6301 – 2RS [46]

En las tablas de productos que aparecen en el Catálogo General SKF se indican los valores para la capacidad de carga dinámica C cuando los rodamientos giran bajo carga y la capacidad de carga estática C_0 de cada rodamiento cuando giran a velocidades muy bajas ($n < 10$ rpm) [47].

5.2.5. Selección del actuador.

En el mercado existe una gran variedad de tipo de actuadores como: neumáticos, hidráulicos, eléctricos. Para la construcción de nuestro dispositivo se utilizará un actuador electromecánico, teniendo presente la carga necesaria para la elevación de los pacientes (3.80 kN) y que cumpla con las condiciones de seguridad necesarias, en base a los antes mencionado se optó por el actuador lineal Linak La44.

5.2.6. Consideraciones uniones de soldadura.

Las uniones de soldadura a tope bien ejecutadas se supone una continuidad total en la transmisión de esfuerzos. De tal manera cuando se realicen a un análisis estático, no sean necesarios calcular los cordones de soldadura siempre que se verifiquen las siguientes condiciones [48]:

- a) El material de aporte tiene características que superan las del metal base menos resistente.
- b) El cordón es continuo en todo el ancho de la pieza
- c) La penetración es completa
- d) El sobre espesor será inferior al 10% de la chapa más fina
- e) El cordón deberá estar exento de defectos y tener un perfil adecuado

5.2.7. Accesorios de la grúa móvil

- **Actuador LINAK LA44**

El actuador lineal Linak La44 fue el ideal para este tipo aplicación en la que se necesitó emplear una inclinación, elevación, retracción o empuje hasta 15000 N (ANEXO 5). Es un actuador eléctrico muy potente y dotado de varias funciones de seguridad. Ideal para aplicaciones como grúas de paciente, sillones dentales y varios tipos de camas sanitarias.

- **Percha**

La percha soporta hasta un peso de 175 kg el cual es suficiente para la elevación de los pacientes.

- **Ruedas IMSA.**

Las ruedas de 3 in son de nylon con banda de caucho termoplástico que están acopladas en las bases de la grúa móvil las cuales soportan cargas de 80 Kg.

Ideal para movimiento de equipos y camas hospitalarias, camillas, equipos de diagnóstico médico, equipos electrónicos de hospitales, carros de paro, carros de suero, equipos de ayuda y movimiento de pacientes [49].

5.2.8. Simulación de la grúa móvil en Autodesk Inventor.

Para realizar la simulación del comportamiento del mecanismo ante las cargas aplicadas se procede a ingresar las características técnicas de los materiales utilizados, se observa en las figuras 60 y 61 obtenida a través de catálogos de fabricantes.

- **Acero estructural.**

Information	
Name	Steel
Description	Metal structural asset.
Keywords	structural,metal
Type	Metal
Subclass	Steel
Source	Autodesk
Source URL	
Basic Thermal	
Thermal Conductivity	7,490E-04 btu/(in-sec-°F)
Specific Heat	0,115 btu/(lb-°F)
Thermal Expansion Coefficient	6,667E-06 inv °F
Mechanical	
Behavior	Isotropic
Young's Modulus	3,046E+07 psi
Poisson's Ratio	0,30
Shear Modulus	1,160E+07 psi
Density	0,284 pound per cubic inch
Strength	
Yield Strength	3,002E+04 psi
Tensile Strength	5,004E+04 psi
	<input type="checkbox"/> Thermally Treated

Figura 60: Propiedades del acero

- **ABS (Actuador electromecánico)**

Information	
Name	Acrylonitrile Butadiene Styrene
Description	Acrylonitrile Butadiene Styrene, Molded
Keywords	ABS,structural,Plastic
Type	Plastic
Subclass	Thermoplastic
Source	Autodesk
Source URL	
Basic Thermal	
Thermal Conductivity	2,140E-06 btu/(in-sec-°F)
Specific Heat	0,358 btu/(lb-°F)
Thermal Expansion Coefficient	4,761E-05 inv °F
Mechanical	
Behavior	Isotropic
Young's Modulus	3,249E+05 psi
Poisson's Ratio	0,38
Shear Modulus	1,168E+05 psi
Density	0,038 pound per cubic inch
Strength	
Yield Strength	2,901E+03 psi
Tensile Strength	4,293E+03 psi

Figura 61: Propiedades del ABS.

Después de ingresar las propiedades de los materiales en los diferentes se procede a colocar las cargas que van a actuar sobre cada uno de los elementos de la grúa móvil, para establecer las restricciones necesarias para el análisis como se observa en la figura 62.

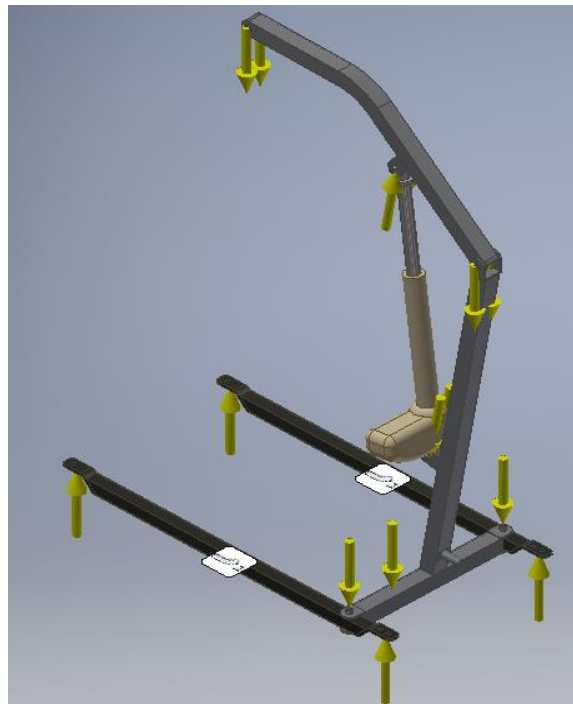


Figura 62: Representación de las cargas sobre que se aplican sobre la estructura.

Se procede a insertar el mallado en la estructura (figura 63), para proceder a realizar el análisis.

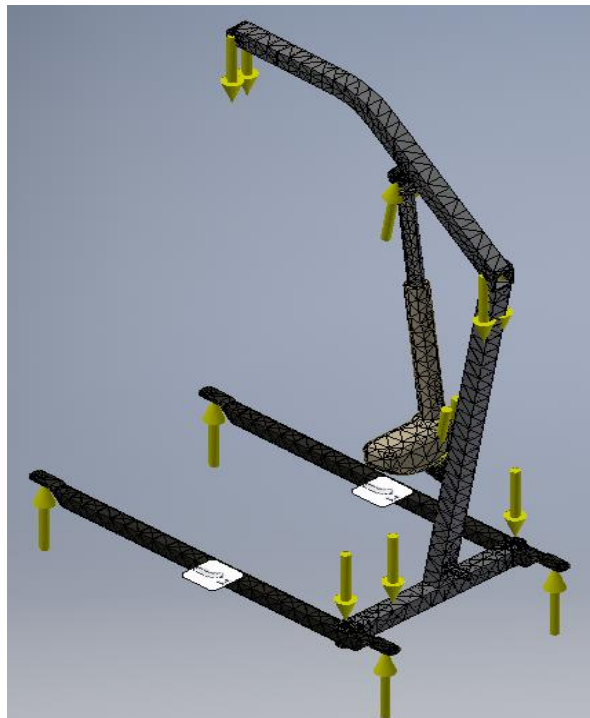


Figura 63: Representación del mallado de la estructura.

En las figuras 64, 65 y 66 se presentan los resultados de obtenidos de la simulación

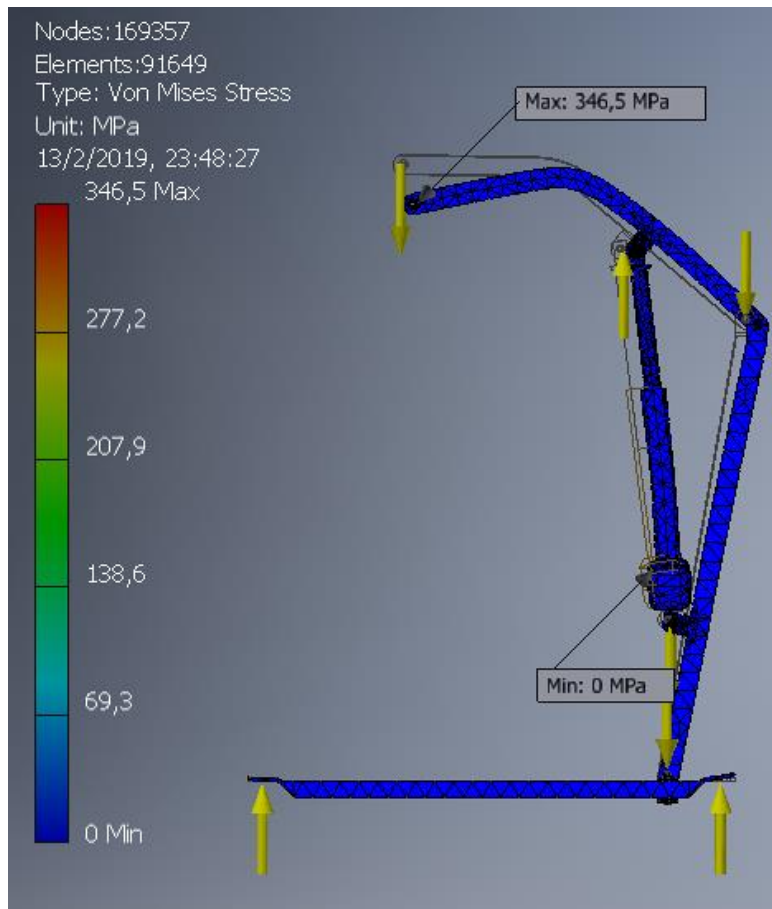


Figura 64: Resultados de las tensiones de Von Mises.

Como se puede observar en la figura 64 la regleta de colores nos indica que la estructura no fallará ya que mediante las tensiones de Von Mises se puede identificar las tensiones o deformaciones altas (color rojo), las mismas que no están presentes en las zonas más críticas de la estructura como son: pasadores, actuador, brazo superior, agujero de los rodamientos estos están de color azul por lo tanto funcionaran correctamente ante las cargas aplicadas.

Para que nuestro diseño no presente fallas en el dispositivo debe cumplir la siguiente condición: **Von Mises Max < Esfuerzo resistencia del material.**

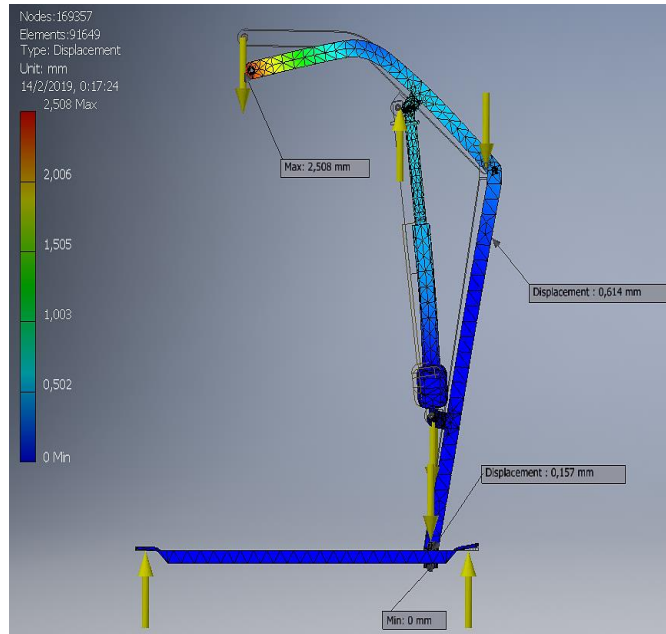


Figura 65: Resultado de desplazamiento

La figura 65 muestran los resultados de desplazamientos obtenidos del brazo superior y mástil los cuales se acercan a los valores calculados, además se observa que la base del mástil y las bases el desplazamiento es mínimo, por lo tanto, la estructura no se deforma en exceso en respuestas a las cargas aplicadas en toda la estructura.

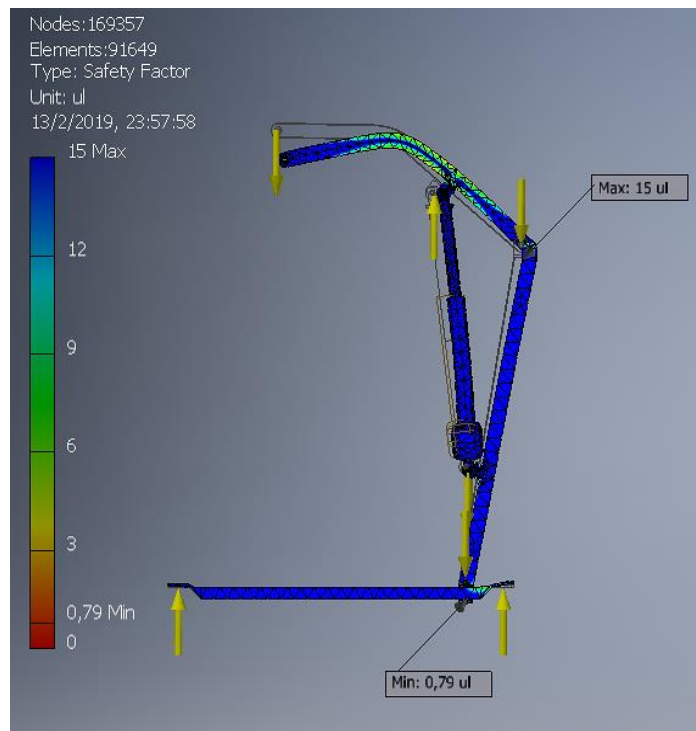


Figura 66: Resultado del coeficiente de seguridad

Como se observa en la figura 66 la regleta de colores nos indica que el coeficiente de seguridad utilizado es el adecuado ya que no existe zonas marcadas con rojo [50].

5.3. Análisis de precios unitarios.

En las tablas 8, 9 y 10 se presenta el análisis de precios unitarios, empleando una utilidad del 20% de los componentes de la grúa móvil y basándose en la tabla salarial del 2018 de la contraloría General del Estado.

Tabla 8: Bases.

PROYECTO: GRÚA MOVIL PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD ÁNÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL OFERENTE:	Fundación pequeñitos de OSSO				
PROYECTO:	GRÚA MOVIL PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD				
ITEM:	1				
DESCRIPCION:	Bases				
UNIDAD:	u				
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C	
Herramienta menor (Taladro, brocas, llaves de boca, dados, etc.)	3%MO			0.10	
Soldadora	1	5.00	2	10.00	
Cortadora	1	2.00	1	2.00	
Torno	1	5.00	2	10.00	
			PARCIAL M	12.10	
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U	COSTO TOTAL C=A*B	
Tubo cuadrado de 40x40 e=3mm	m	2.40	5	12.00	
Platina 9mm	m	1.00	3	3.00	
Pernos M12	u	11.00	0.81	8.91	
Tuercas M12	u	15.00	0.71	10.65	
Electrodos 6011	kg	0.50	16.5	8.25	
Electrodos 7018	kg	0.50	17.7	8.85	
Ruedas con freno	u	2.00	11.4	22.80	
Ruedas sin freno	u	2.00	8.37	16.74	
Rodamientos	u	4.00	3.5	14.00	
Piedra de pulir	u	1.00	3	3.00	
Pintura	l	1.00	50	50.00	
			PARCIAL N	158.20	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Transporte hacia la fundación	U	1	5.00	1	5.00
				PARCIAL O	5.00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C	
Ayudante mecánico	1	3.22	0.5	1.61	
Soldador	1	3.67	0.5	1.84	
			PARCIAL P	3.45	
TOTAL, COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)				178.75	
INDIRECTOS Y UTILIDAD			20.00%	35.75	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					
VALOR PROPUESTO				214.50	

Tabla 9: Mástil

PROYECTO: GRÚA MOVIL PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL OFERENTE:	Fundación pequeños de OSSO				
PROYECTO:	GRÚA MOVIL PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD				
ITEM:	2				
DESCRIPCION:	Mástil				
UNIDAD:	u				
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U	C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor (Taladro, brocas, llaves de boca, dados, etc.)	3%MO				0,05
Soldadora	1	3,50	1		3,50
Cortadora	1	3,00	4		7,00
			PARCIAL M		10,55
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U		COSTO TOTAL C=A*B
Tubo cuadrado de 50x50 e=3mm	m	1,70	6		10,20
Platinas 6mm	m	1,00	4		4,00
Actuador electro mecánico	u	1,00	163,02		163,02
Mando para el actuador	u	1,00	57		57,00
Caja con baterías recargables	u	1,00	100		100,00
Caja de control	u	1,00	158		158,00
Soportes	u	2,00	4		8,00
Tubo redondo cedula 40	m	0,70	7		4,9
			PARCIAL N		505,12
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/ U B	DISTANCI A C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Transporte de importación España – Ecuador	U	1	450,00	1	450,00
Transporte hacia la fundación	U	1	5,00	1	5,00
				PARCIAL O	455,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U		COSTO TOTAL D=A*B*C
Ayudante mecánico	1	3,22	0,25		0,81
Soldador	1	3,22	0,25		0,81
			PARCIAL P		1,61
TOTAL, COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)					972,28
INDIRECTOS Y UTILIDAD			20,00%		194,46
COSTO TOTAL DEL RUBRO					
VALOR PROPUESTO					1166,73

Tabla 10: Brazo superior.

PROYECTO: GRÚA MOVIL PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL OFERENTE:	Fundación pequeñitos de OSSO				
PROYECTO:	GRÚA MÓVL PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD				
ITEM:	3				
DESCRIPCION:	Brazo Superior				
UNIDAD:	u				
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C	
Herramienta menor (Taladro, brocas, llaves de boca, dados, etc)	3%MO			0,05	
Cortadora	1	1,00	0,5	0,50	
Dobladora	1	2,00	0,15	0,30	
			PARCIAL M	0,85	
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U	COSTO TOTAL C=A*B	
Tubo cuadrado de 50x50 e=3mm	m	1,00	6	6,00	
Bujes de bronce	m	0,12	3,5	0,42	
Percha	u	1,00	102	102,00	
Arnés	u	1,00	186,96	186,96	
			PARCIAL N	295,38	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/ U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Transporte de importación España – Ecuador	U	1	280,00	1	280,00
Transporte hacia la fundación	U	1	5,00	1	5,00
				PARCIAL O	285,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C	
Ayudante mecánico	1	3,22	0,25	0,81	
Soldador	1	3,22	0,25	0,81	
			PARCIAL P	1,61	
TOTAL, COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)				582,84	
INDIRECTOS Y UTILIDAD			20,00%	116,57	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					
VALOR PROPUESTO				699,41	

En la tabla 11 se presenta el costo total de la grúa móvil.

Tabla 11: Costo total

ANÁLISIS DE COSTOS TOTALES
PROYECTO: GRÚA MOVIL PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD

Fecha:					
N°	Descripción	Unid.	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Bases	u	1	214,50	214,50
2	Mástil	u	1	1166,73	1166,73
3	Brazo Superior	u	1	699,41	699,41
				TOTAL	2080,64
<i>Son: Dos mil dólares</i>					
Responsables: Pedro Avilez - Danilo Fajardo					

5.4. Construcción de la grúa móvil.

Luego de haber comprobado el diseño del mecanismo y sus partes por medio del cálculo y el análisis en el software de ingeniería se procede la construcción, esto se llevó a cabo en talleres Avilez. Se realizaron cotizaciones de los materiales a utilizar para este proceso teniendo en cuenta que estén disponibles en la localidad y cumplan con las condiciones de funcionamiento. Finalmente se determinó los procesos de manufactura para la construcción del mecanismo.

En la figura 67 se observa el diagrama de procesos de la construcción de la grúa móvil con cada una de sus partes, en el ANEXO 6, se observa el diagrama completo y detallado de todos los procesos que fueron necesarios para realizar la construcción.

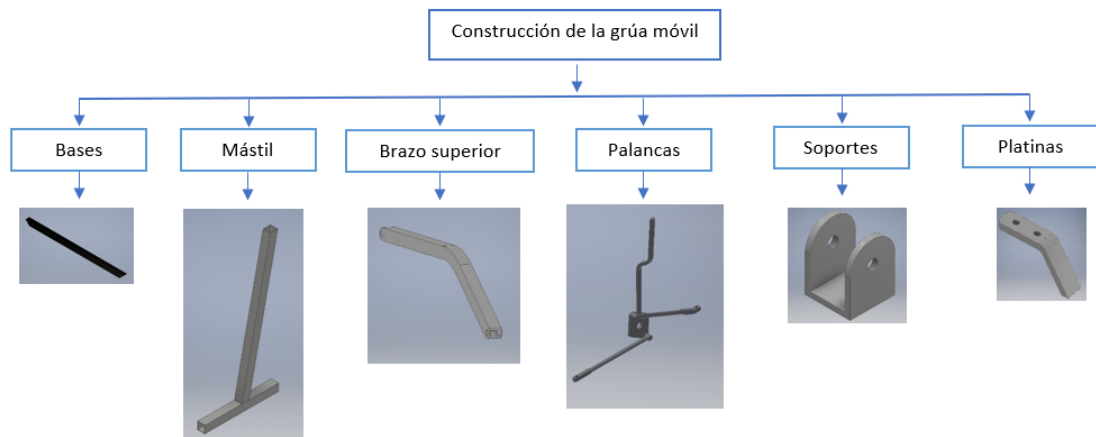


Figura 67: Diagrama de construcción grúa móvil.

5.4.1. Proceso de construcción.

Para la construcción del dispositivo los procesos convencionales (torno, soldadura, pulido, pintado) fueron requeridos para el desarrollo, además se realizó planos de construcción de cada una de las partes indicando sus dimensiones, acabados superficiales, tolerancias, soldadura; los cuales se encuentra en el ANEXO 7.

De forma inicial se procede a realizar los cortes de los materiales según las dimensiones y tolerancias establecidas de cada una de las partes de la estructura del dispositivo, para esto se hizo uso de una tronadora con disco de corte Norton de 14 pulgadas como se observa en la figura 68.

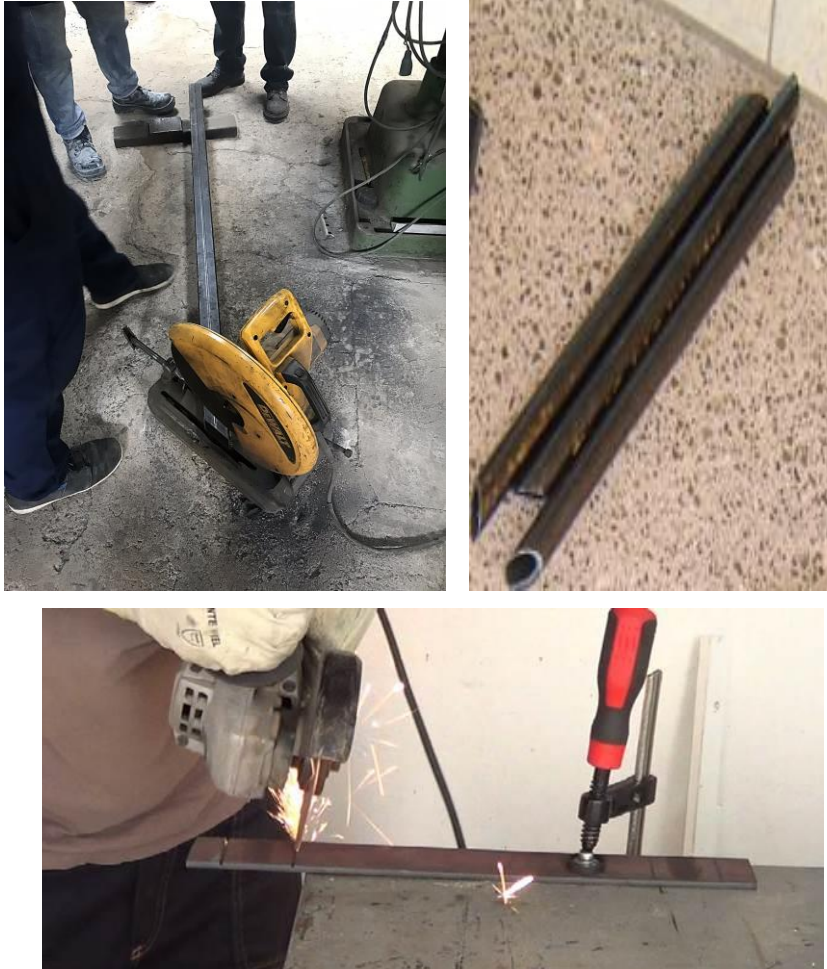


Figura 68: Proceso de corte del material

5.4.2. Procesos convencionales.

- Torneado.

Es un proceso de maquinado en el cual una herramienta de una sola punta remueve material de la superficie de una pieza de trabajo cilíndrica en rotación; la herramienta avanza linealmente y en una dirección paralela al eje de rotación.

Se realizó la construcción de bujes (figura 69) para la colocación de rodamientos en las bases para facilitar los movimientos de apertura y cierre de las mismas, además ayuda a reducir la fricción entre los distintos elementos móviles.



Figura 69: Mecanizado de bujes para el rodamiento

De igual manera se hizo uso del torno para mecanizar los bujes de bronce para colocar en el brazo superior.

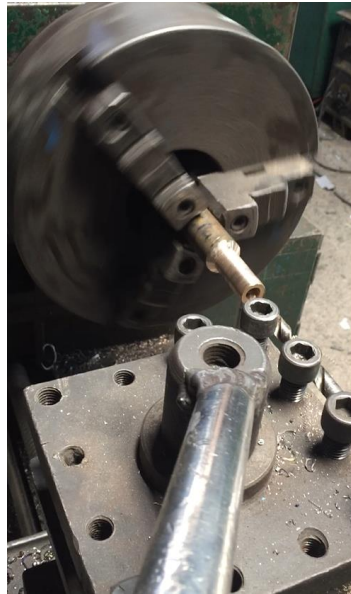


Figura 70: Mecanizado bujes de bronce.

- Taladrado.

Es una operación de maquinado que se usa para crear agujeros redondos en una pieza de trabajo.

Los agujeros realizados fueron creados en las platinas con la finalidad de la colocación de los pernos de las ruedas y pernos de ensamble, como se observa en la figura 71.



Figura 71: Taladrado de platinas.

De manera similar se procede a realizar agujeros en el brazo superior para insertar los bujes de bronce en los extremos.



Figura 72: Taladrado de brazo superior.

- **Soldadura.**

El proceso de electrodo revestido (Manual), identificado por la AWS como SMAW (Shield Metal Arc Welding), es un proceso de soldadura por arco eléctrico entre un electrodo revestido y un metal base [51].

La soldadura se emplea para la unión de toda la estructura del dispositivo, platinas para la sujeción de las ruedas a las bases, en los bujes para la colocación de los rodamientos como se observa en la figura 73.



Figura 73: Proceso de soldadura bases

De manera similar se aplica la soldadura en las uniones del mástil con los soportes, en el brazo superior se procede a insertar los bujes de bronce en las cavidades.

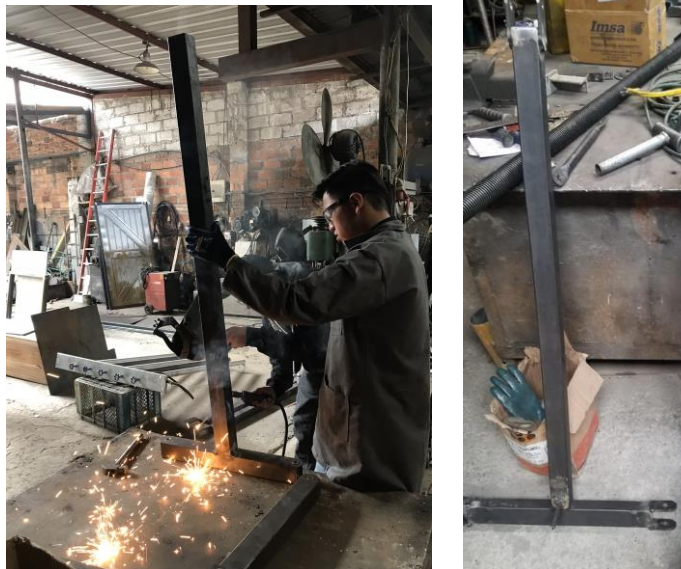


Figura 74: Proceso de soldadura mástil.



Figura 75: Proceso de soldadura soporte y bujes de bronce

Las palancas fueron construidas a partir de tubo cedula 40 de 1/2 pulgada de diámetro como se observa en la figura 76.



Figura 76: Construcción de las palancas.

- **Pulido.**

Luego de haber realizado el proceso de soldadura en todas las partes del dispositivo se procede a realizar el pulido a las mismas en especial a las zonas donde existe la presencia de escoria y rebabas, se hizo uso de una amoladora con la aplicación de gratas como se puede ver en la figura 77 y 78.

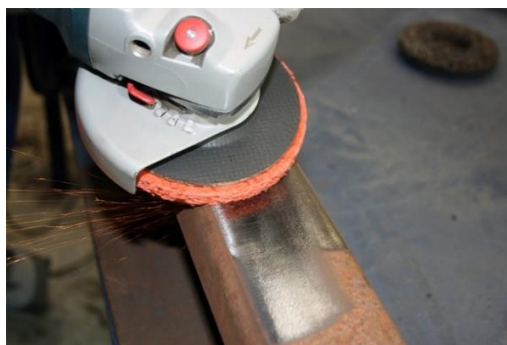


Figura 77: Proceso de pulido



Figura 78: Piezas terminadas.

- **Pintado.**

Después de tener todas las partes del dispositivo terminado se procede a aplicar fondo anticorrosivo y pintura automotriz de tal forma que recubre, protege y decora el elemento sobre el que se ha aplicado como se observa en las figuras 79 y 80.



Figura 79: Proceso de pintado



Figura 80: Grúa móvil terminada.

5.5. Implementación y pruebas de funcionamiento.

Después de haber realizado todas las partes del dispositivo se procede a ensamblar de manera que se puedan realizar las pruebas preliminares antes de que el mecanismo sea implementado en la fundación OSSO, la figura 81 muestran las pruebas preliminares realizadas.

Las pruebas preliminares se realizaron con personas que tienen el peso entre 70 y 90 kg, los resultados obtenidos fueron positivos ya que se comprobó que el dispositivo funciona correctamente en cuanto al deslizamiento del dispositivo y la elevación de los pacientes.

El sistema de apertura de las bases del mecanismo permite el ingreso a lugares de difícil acceso.



a).



b).

Figura 81: Pruebas preliminares a).70 kg, b).90 kg.

Finalmente se verifico el funcionamiento del dispositivo dentro de la fundación en los lugares más críticos como son pasillos, puertas y dormitorios, dando como resultado un mecanismo ergonómico, versátil y sobre todo sencillo de utilizar para las personas encargadas de los pacientes tal como se observa en las figuras 82 y 83.



Figura 82: Pruebas en los dormitorios.



Figura 83: Pruebas finales en pasillos y puertas de la fundación.

Luego de realizar las pruebas finales se procedió con la entrega de las grúas móviles a la Fundación OSSO y se indicó el respectivo funcionamiento de las mismas a las personas que trabajan en dicha fundación.



Figura 84: Implementación de la grúa móvil a la fundación OSSO

6. ANALISIS DE RESULTADOS.

El trabajo de campo realizado, determina que existe un alto grado de probabilidad de que ocurran accidentes con la manipulación de pacientes y se produzcan lesiones de espalda y columna en las personas encargadas de esta actividad.

La simulación en ADAMS del diseño propuesto, en base a las restricciones y necesidades de la fundación OSSO, garantiza la obtención de los movimientos requeridos del mecanismo.

Para la construcción del brazo superior se utiliza tubo estructural 50 x 50 x 3 (mm) con modulo seccional 8.48 cm^3 el cual es mayor al módulo seccional calculado 4.89 cm^3 , esto garantiza que el brazo superior no esté expuesto a grandes deflexiones.

De acuerdo al cálculo de los pasadores del brazo superior los resultados fueron 4.32 y 6.48 mm de diámetro, para la grúa seleccionó los pasadores de 12 mm por la facilidad de construcción del agujero, estética y para garantizar mayor seguridad al mecanismo, en el caso de los pasadores del actuador el resultado fue 7.77 mm, pero se seleccionó el de 10 mm porque el actuador importado tiene agujeros con esa medida para sus pasadores.

De igual manera sucede con las platinas utilizadas para los soportes que estos a su vez sirven de sujeción de todas las partes del dispositivo; para el brazo superior se utilizó platinas de 6 mm por la facilidad de construcción y soldadura.

El tubo estructural que se utilizó para el mástil fue de 50 x 50 x 3 (mm) de modulo seccional 8.48 cm^3 el cual es mayor al módulo seccional calculado 6.02 cm^3 , como se observa el mástil está sobredimensionado con la finalidad de evitar deflexiones o fallos estructurales debido a la variación del peso del paciente.

El cálculo de los pasadores del mástil dio como resultado 3.09 mm de diámetro, se establecieron pasadores de 12 mm porque en las bases se colocaron rodamientos con un diámetro interno de 12 mm los cuales permiten la apertura o cierre de las bases.

Las platinas seleccionadas para la sujeción del mástil y las bases el cálculo dio un espesor de 2.43 mm pero se optó por el espesor de 6 mm por la facilidad de construcción.

En las bases de la grúa se seleccionó un tubo estructural de 40 x 40 x 3 (mm), con modulo seccional 10.20 cm^3 el cual es mayor al calculado 3.72 cm^3 , este tubo estructural se seleccionó con la finalidad de mantener la estabilidad del mecanismo y estética a la grúa móvil.

El cálculo del espesor de las platinas para las bases dio un valor de 5 mm, pero se seleccionó un espesor de 9 mm, brindando de esta manera una mayor resistencia a la

deflexión del mecanismo en las partes críticas (bases con las ruedas), ya que estas platinas cumplen con la función de mantener estable toda la estructura del dispositivo.

El cálculo de los pasadores de las bases dio como resultado 6.45 mm de diámetro, se establecieron pasadores de 12 mm porque las ruedas adquiridas vienen con espárragos de 12mm.

El espesor de la base de giro de la palanca dio como resultado 2.16 mm, pero se seleccionó un espesor de 7 mm porque es un elemento que va a estar en constante rozamiento; en el caso de los pasadores de la palanca el cálculo dio como resultado 2 y 2.8 mm el cual se seleccionó de 12 mm por estandarización de los pasadores.

El mecanismo también fue analizado en el software Inventor para verificar los esfuerzos y deformaciones presentes, los resultados obtenidos coincidían con los calculados, de tal manera el factor de seguridad utilizado fue el correcto.

Finalmente se realizó un análisis de precios unitarios del dispositivo obteniendo como resultado una grúa móvil económica y competitiva a nivel internacional.

CONCLUSIONES

La fundación OSSO no dispone de lugares amplios para realizar las actividades de transportes de los pacientes, por tal motivo las personas están expuestas a sufrir lesiones a consecuencia de cargar a los pacientes para llevar de un lugar a otro. De tal manera se implementó una grúa móvil que facilite el transporte de los mismos sujetas a las condiciones actuales que posee la fundación.

El dispositivo que garantiza un transporte eficiente dentro de la fundación es una grúa de transferencia que tiene un actuador electromecánico que sirve para la elevación y descenso de los pacientes de hasta 120 kg, además el mecanismo posee un sistema de apertura y cierre de las bases esto permite ingresar con facilidad a los cuartos, pasillos y dormitorios de la fundación, los parámetros establecidos se modelaron a través del software Inventor para comprobar las fuerzas y esfuerzos a las que va a estar sometido, y el software Adams permite verificar el correcto movimiento del actuador el cual su función principal es elevar a los pacientes.

Se realizó la construcción de cada uno de los componentes de la grúa móvil, utilizando materiales existentes en el mercado nacional, aplicando sistemas convencionales como torno, fresadora, taladros, etc. Además, el dispositivo utiliza algunos componentes importados los cuales garantizan un trabajo eficiente para la elevación de los pacientes.

A través de un análisis técnico financiero basado en el método de precios unitarios se concluye que la grúa tiene un precio de \$2080 (dos mil ochenta dólares), estableciendo que es una grúa competitiva en el mercado nacional e internacional. Cabe recalcar que en el mercado local no se encuentran estos dispositivos con facilidad y que el costo de importación de estos hace que el precio sea muy elevado y por tal razón su adquisición no sea rentable.

RECOMENDACIONES

Brindar capacitación al personal que va a utilizar el dispositivo para obtener un correcto funcionamiento, esto permite una mayor durabilidad del mecanismo y evitar posibles accidentes con el personal de atención y pacientes.

Tener en cuenta el espacio físico donde funcionará el mecanismo ya que posee componentes electrónicos y pueden sufrir daños en el sistema por golpes o contacto con el agua.

Tener en cuenta la importación de los accesorios especiales para el mecanismo tales como: baterías y actuador, estos elementos deben ser permitidos entrar al país y sea fácil su adquisición.

REFERENCIAS

- [1] C. N. p. I. I. d. Discapacidades, «Estadísticas de discapacidad,» [En línea]. Available: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad>. [Último acceso: 20 Junio 2018].
- [2] L. Zumba, Interviewee, *Situación actual de la Fundación pequeños de OSSO*. [Entrevista]. 3 Mayo 2018.
- [3] S. L. Pavón Solano, «Diseño y construcción de una grúa para transferencia de personas con discapacidad motriz,» *Universidad Técnica del Norte*, p. 75, Julio 2016.
- [4] O. Lowcost, «Gruas Hospitalarias,» [En línea]. Available: <https://ortopedialowcost.com/es/31-gruas-para-enfermos>. [Último acceso: 25 Junio 2018].
- [5] D. Blanco, «Parálisis cerebral, la causa más frecuente de discapacidad en la infancia,» 15 05 2014.
- [6] C. U. d. d. I. A. Primerenca, «Parálisis Cerebral Infantil,» [En línea]. Available: Centro Universitario de diagnóstico I Atención Primerenca, (2018), “<http://www.fundaciouv.es/cudap/index.asp?pagina=894&idioma=eng>.” [Último acceso: 25 Junio 2018].
- [7] J. H. Pombo, «Hipotiroidismo,» Universidad Autónoma, 2008. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/1-s2.0-S0211344908731801/first-page-pdf>. [Último acceso: 30 Junio 2018].
- [8] D. A. G. G. D. N. S. H. Dr. Otman Fernandez Concepcion, «Revista Cubana de Pediatría,» Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, 1999. [En línea]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75311999000300006. [Último acceso: 02 Julio 2018].
- [9] P. Zalduendo, «Agencia exclusiva de NorteHispana,» Vidasana CUN, 27 Mayo 2014. [En línea]. Available: <https://www.enfermedadesgraves.com/blog/epilepsia/>. [Último acceso: 02 Julio 2018].
- [10] R. CC, «Sobre el concepto de discapacidad: Una revisión sobre las propuestas de la OMS,» [En línea]. Available: http://www.uco.es/dptos/educacion/invadiv/documentos/concepto_discapacidad.pdf. [Último acceso: 05 Junio 2018].
- [11] E. Z. P. F. M. C. E. I. P. A. J. H. M. V. S. M. Cobas Ruíz, «Caracterización epidemiológica de las personas con discapacidad en Cuba,» *Revista cubana de salud pública*, Diciembre 2010. [En línea]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662010000400004. [Último acceso: 10 Junio 2018].
- [12] C. E. L. Correa, «Análisis numerico - experimental de una grua auxiliar en el transporte de pacientes con problemas de movilidad,» *Instituto Politecnico Nacional*, p. 146, Enero 2017.
- [13] M. G. Gomez, «Diseño de silla de baño para pacientes con discapacidad de miembro inferior,» *Escuela de Ingenieria de Antioquia - CES*, p. 88, 2012.
- [14] G. M. H. D. C. U. O. Sofía Liliana Herrera Garcés, «Diseño e implementación de un nuevo sistema,» *El Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Santiago de*, p. 9, 2012.
- [15] E. R. C. Carranco, «Diseño y construcción de una base portátil para un dispositivo de traslado de personas con discapacidad motriz entre silla de ruedas y automóviles,» *Universidad Técnica del Norte*, p. 76, 2016.
- [16] J. G. Z. Zambrano, «Diseño y construcción de un coche para transferencia de personas con discapacidad, en la fundación campamento cristiano esperanza,» *Universidad Tecnológica Equinoccial*, p. 183, 2013.

- [17] I. I. Design, «Invacare.com.» [En línea]. Available: https://interiordesign.invacare.com/product-details?id=RPL450-2&source=pac-catalog&hub=658831&__hstc=21591524.b4ebd35124a366e325a9bdca238a85dd.1549037025910.1549037025910.1549037025910.1&__hssc=21591524.12132.1549037025911&__hsfp=227407845. [Último acceso: 10 Julio 2018].
- [18] R. A. B. Narro, «Dispositivo de elevación para discapacitados,» *Instituto Politécnico Nacional*, p. 147, 2012.
- [19] U. P. d. València, «Instituto de Biomecánica de Valencia,» [En línea]. Available: <http://ergodep.ibv.org/documentos-de-formacion/6-equipos-para-la-movilizacion-manual-de-pacientes/543.html>. [Último acceso: 18 Julio 2018].
- [20] M. d. P. c. G. -. Protocolo, «Auxiliar de Enfermería - TCAE - Recursos,» [En línea]. Available: http://www.auxiliar-enfermeria.com/protocolo_grua.htm. [Último acceso: 25 Julio 2018].
- [21] G. M. 1640, «Crisnebar,» [En línea]. Available: <http://crisnebar.com/producto/grua-movil-1640/>. [Último acceso: 03 Agosto 2018].
- [22] O. L. Cost, «Grua hidraulica 135 kg con arnes,» [En línea]. Available: <https://ortopedialowcost.com/es/gruas-transferencia-para-enfermos/118-grua-hidraulica-135kg.html>. [Último acceso: 12 Agosto 2018].
- [23] O. L. Cost, «Grúa cambia pañales 2 en 1 con arnes,» [En línea]. Available: <https://ortopedialowcost.com/es/gruas-transferencia-para-enfermos/136-grua-de-bipedestacion-y-sedestacion-solmats.html>. [Último acceso: 20 Agosto 2018].
- [24] L. t. d. abuelito, «Grua Ortopedica Plegable Forta PRACTIKA Traslado de Enfermos,» [En línea]. Available: <https://www.latiendadelabuelito.es/movilidad/gruas-para-enfermos/grua-ortopedica-plegable-forta-practika-traslado-de-enfermos.html>. [Último acceso: 20 Agosto 2018].
- [25] U. P. d. València, «Prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en los centros de atención a personas en situación de dependencia en la comunidad valenciana,» Instituto de Biomecánica de Valencia, [En línea]. Available: <http://ergodep.ibv.org/documentos-de-formacion/6-equipos-para-la-movilizacion-manual-de-pacientes/542-gruas-de-transferencia-introduccion.html>. [Último acceso: 05 Septiembre 2018].
- [26] Aidmoving, «Especialistas en Sistemas de Transferencias y Rehabilitación,» [En línea]. Available: <http://www.aidmoving.com/es/ayudas-tecnicas/2/arneses/7/arneses-textiles/34/arnes-standard.html>. [Último acceso: 15 Septiembre 2018].
- [27] O. e. c. S.L, «Arnés de Higiene Invacare para grúas de traslado,» [En línea]. Available: <https://ortopediaencasa.com/arnes-de-higiene-invacare-1594.html>. [Último acceso: 25 Septiembre 2018].
- [28] e. e. e. y. t. Liko, «Perchas para todos los tipos de grúas,» [En línea]. Available: <http://www.liko.com/es/espana/Productos/Accessories/Sling-Bars/>. [Último acceso: 30 Noviembre 2018].
- [29] 330ohms, «¿Qué son los actuadores electrónicos?,» Octubre 2013. [En línea]. Available: <https://blog.330ohms.com/2013/10/14/que-son-los-actuadores-electronicos/>. [Último acceso: 03 Diciembre 2018].
- [30] FESTO, «Grupo Festo,» [En línea]. Available: https://www.festo.com/cat/es_es/products. [Último acceso: 05 Diciembre 2018].
- [31] A. C. Solé, Neumática e Hidráulica, S.A. Marcombo, 2012.
- [32] O. C. A. I. University., «Actuadores,» [En línea]. Available: <http://cursos.aiu.edu/sistemas%20hidraulicas%20y%20neumaticos/pdf/tema%204.pdf>. [Último acceso: 14 Diciembre 2018].

- [33] H. Blog, «Actuador Eléctrico Lineal,» [En línea]. Available: <http://blog.hunabsys.com/actuador-lineal-electrico/>. [Último acceso: 10 Diciembre 2018].
- [34] L. A. S.L.u, «Actuadores lineales,» [En línea]. Available: <https://www.linak.es/productos/actuadores-lineales/>. [Último acceso: 22 Diciembre 2018].
- [35] WordPress, «Tecnología de Manufactura,» [En línea]. Available: <https://tecnologiademanzanilla.wordpress.com/2015/06/28/manufactura/>. [Último acceso: 27 Diciembre 2018].
- [36] U. –. F. d. C. y. Tecnología, «Capítulo I- Introducción a los procesos de Manufactura,» [En línea]. Available: <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/PDF/cap-11.pdf>. [Último acceso: 27 Diciembre 2018].
- [37] A. H. d. Mexico, Manual de Diseño para la Construcción con Acero, 2013.
- [38] T. E. ToolBox, «Factors of Safety,» 2010. [En línea]. Available: https://www.engineeringtoolbox.com/factors-safety-fos-d_1624.html. [Último acceso: 28 Diciembre 2018].
- [39] J. K. N. Richard G. Budynas, Diseño en ingeniería Mecánica de Shigley, 9 ed., McGRAW-HILL, 2008, p. 1068.
- [40] E. R. J. J. T. D. D. F. M. FERDINAND P. BEER, Mecánica de Materiales, 5 ed., México, D. F.: The McGraw-Hill, 2009, p. 817.
- [41] R. L. Mott, Resistencia de Materiales Aplicada, 3 ed., Prentice Hall, 1998, p. 635.
- [42] C. L. d. R. S.L., «Cálculo de rodamientos: estudio de la carga estática y dinámica,» [En línea]. Available: <https://clr.es/blog/es/calculo-de-rodamientos-carga/>. [Último acceso: 30 Diciembre 2018].
- [43] SKF, «Manual SKF Mantenimiento de Rodamientos,» 1992. [En línea]. Available: <https://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/principles/bearing-selection-process/index.html>. [Último acceso: 10 Enero 2019].
- [44] SKF, «Proceso de selección de rodamientos,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/principles/bearing-selection-process/index.html>. [Último acceso: 29 Diciembre 2018].
- [45] SKF, «Suitability of rolling bearings for industrial applications,» [En línea]. Available: https://www.skf.com/binary/12-291479/0901d196805fd45c-1708-0021-EN---17000-w_tcm_12-291479.pdf. [Último acceso: 29 Diciembre 2018].
- [46] SKF, «Rodamientos rígidos de bolas,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=6301&unit=metricUnit#>. [Último acceso: 29 Diciembre 2018].
- [47] SKF, «Rodamientos SKF,» [En línea]. Available: https://www.skf.com/binary/89-121486/10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf. [Último acceso: 31 Diciembre 2018].
- [48] M. G. Prieto, Apuntes de soldadura conceptos básicos, 2 ed., vol. 1, Madrid: Bellisco, 2012.
- [49] I. M. S. S.A, «Imsa Colson Group,» [En línea]. Available: <https://imsa.co/portafolio/rodachinas-s39/>. [Último acceso: 29 Diciembre 2018].
- [50] D. Castanier y E. Mendía, «Diseño, construcción e implementación de una silla de ruedas eléctrica plegable para una persona con problemas de movilidad,» *Universidad Politécnica Salesiana*, 2018.
- [51] ESAB, «Proceso de Soldadura - SMAW,» [En línea]. Available: <https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso-soldadura-smaw.cfm>. [Último acceso: 25 Noviembre 2018].

ANEXOS

ANEXO 1. Catálogo de tubo estructural cuadrado.



TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO



Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o Galvanizado
Largo Normal	6,00 m
Otros Largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20,00 mm a 100,00 mm
Espesor	Desde 1,20 mm a 5,00 mm



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	9,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84

TUBERÍA



www.dipacmanta.com

ANEXO 2. Catálogo de perfiles laminados platinas.



PERFILES LAMINADOS PLATINAS



Especificaciones Generales

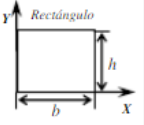
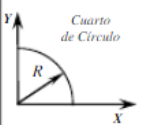
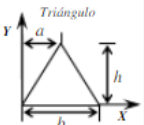
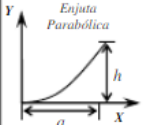
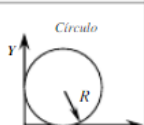
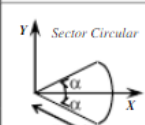
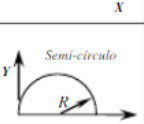
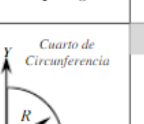
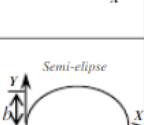
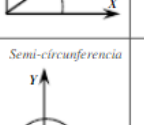
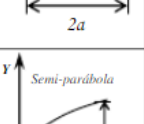

Calidad	ASTM A36 SAE 1008
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	mm		kg/m	kg/6m	cm ²
	A	e			
PLT 12X3	12	3	0,28	1,70	0,36
PLT 12X4	12	4	0,38	2,45	0,48
PLT 12X6	12	6	0,57	3,40	0,72
PLT 19X3	19	3	0,45	2,68	0,57
PLT 19X4	19	4	0,60	3,58	0,76
PLT 19X6	19	6	0,89	5,37	1,15
PLT 25X3	25	3	0,59	3,53	0,75
PLT 25X4	25	4	0,79	4,71	1,00
PLT 25X6	25	6	1,18	7,07	1,50
PLT 25X12	30	3	0,71	4,24	0,90
PLT 30X4	30	4	0,94	5,65	1,20
PLT 30X6	30	6	1,41	8,47	1,80
PLT 30X9	30	9	2,12	12,71	2,70
PLT 30X12	30	12	2,83	16,95	3,60
PLT 38X3	38	3	0,89	5,37	1,15
PLT 38X4	38	4	1,19	7,16	1,52
PLT 38X6	38	6	1,79	11,40	2,28
PLT 38X9	38	9	2,69	16,11	3,42
PLT 38X12	38	12	3,58	21,48	4,56
PLT 50X3	50	3	1,18	7,08	1,50
PLT 50X4	50	4	1,58	9,42	2,00
PLT 50X6	50	6	2,26	14,16	3,00
PLT 50X9	50	9	3,53	21,20	4,50
PLT 50X12	50	12	4,71	28,26	6,00
PLT 65X6	65	6	3,06	18,37	3,90
PLT 65X9	65	9	4,59	27,55	5,85
PLT 65X12	65	12	6,12	36,73	7,80
PLT 75X6	75	6	3,53	21,20	4,50
PLT 75X9	75	9	5,30	31,80	6,75
PLT 75X8	75	8	7,07	28,26	9,00
PLT 75X12	75	12	7,07	42,39	9,00
PLT 100X6	100	6	4,71	28,26	6,00
PLT 100X8	100	8	7,07	37,68	9,00
PLT 100X9	100	9	7,07	43,00	9,00
PLT 100X12	100	12	9,42	58,00	12,00
PLT 120X12	120	12	67,82	67,82	14,40
PLT 150X15	150	15	105,88	105,88	22,50
PLT 150X20	150	20	145,44	145,00	30,00

PERFILES

ANEXO 3. Propiedades figuras geométricas.

FIGURA	ÁREA Y CENTROIDE	MOMENTO DE INERCIA	PRODUCTO DE INERCIA	FIGURA	ÁREA Y CENTROIDE	MOMENTO DE INERCIA	PRODUCTO DE INERCIA
	$A = bh$ $\bar{X} = \frac{b}{2}$ $\bar{Y} = \frac{h}{2}$	$I_x = \frac{bh^3}{3}; I_y = \frac{b^3h}{3}$ $I_{x_c} = \frac{bh^3}{12}; I_{y_c} = \frac{b^3h}{12}$	$I_{xy} = \frac{b^2h^2}{4}$ $I_{x_c y_c} = 0$		$A = \frac{\pi R^2}{4}$ $\bar{X} = \bar{Y} = \frac{4R}{3\pi}$	$I_x = I_y = \frac{\pi R^4}{16}$ $I_{x_c} = I_{y_c} = \frac{R^4}{144\pi} (9\pi^2 - 64)$	$I_{xy} = \frac{R^4}{8}$ $I_{x_c y_c} = \frac{R^4}{72\pi} (9\pi - 32)$
	$A = \frac{bh}{2}$ $\bar{X} = \frac{a+b}{3}$ $\bar{Y} = \frac{h}{3}$	$I_x = \frac{bh^3}{12}; I_{x_c} = \frac{bh^3}{36}$ $I_y = \frac{bh}{12} (b^2 + ab + a^2)$ $I_{y_c} = \frac{bh}{36} (b^2 - ab + a^2)$	$I_{xy} = \frac{bh^2}{24} (2a+b)$ $I_{x_c y_c} = \frac{bh^2}{72} (2a-b)$		$A = \frac{ah}{3}$ $\bar{X} = \frac{3a}{4}$ $\bar{Y} = \frac{3h}{10}$	$I_x = \frac{ah^3}{21}$ $I_{x_c} = \frac{37ah^3}{2100}$ $I_y = \frac{a^3h}{5}; I_{y_c} = \frac{a^3h}{80}$	$I_{xy} = \frac{a^2h^2}{12}$ $I_{x_c y_c} = \frac{a^2h^2}{120}$
	$A = \pi R^2$ $\bar{X} = R$ $\bar{Y} = R$	$I_x = I_y = \frac{5\pi R^4}{4}$ $I_{x_c} = I_{y_c} = \frac{\pi R^4}{4}$	$I_{xy} = \pi R^4$ $I_{x_c y_c} = 0$		$A = \alpha R^2$ $\bar{X} = \frac{2R \text{Sen} \alpha}{3\alpha}$ $\bar{Y} = 0$	$I_x = I_{y_c} = \frac{R^4}{4} (\alpha - \text{Sen} \alpha \text{Cos} \alpha)$ $I_y = \frac{R^4}{4} (\alpha + \text{Sen} \alpha \text{Cos} \alpha)$ $I_{x_c} = \frac{R^4}{4} (\alpha + \text{Sen} \alpha \text{Cos} \alpha) - \left(\frac{2R \text{Sen} \alpha}{3\alpha} \right)^2 \cdot \alpha R^2$	$I_{xy} = 0$ $I_{x_c y_c} = 0$
	$A = \frac{\pi R^2}{2}$ $\bar{X} = R$ $\bar{Y} = \frac{4R}{3\pi}$	$I_x = \frac{\pi R^4}{8}; I_y = \frac{5\pi R^4}{8}$ $I_{x_c} = \frac{R^4 (9\pi^2 - 64)}{72\pi}$ $I_{y_c} = \frac{\pi R^4}{8}$	$I_{xy} = \frac{2R^4}{3}$ $I_{x_c y_c} = 0$	CENTROIDES DE LINEA		LONGITUD CENTROIDE	
	$A = \frac{\pi ab}{2}$ $\bar{X} = a$ $\bar{Y} = \frac{4b}{3\pi}$	$I_x = \frac{\pi ab^3}{8}; I_y = \frac{5\pi a^3b}{8}$ $I_{x_c} = \frac{ab^3}{72\pi} (9\pi^2 - 64)$ $I_{y_c} = \frac{\pi a^3b}{8}$	$I_{xy} = \frac{2a^2b^2}{3}$ $I_{x_c y_c} = 0$			$L = \frac{\pi R}{2}$	$\bar{X} = \bar{Y} = \frac{2R}{\pi}$
	$A = \frac{2ab}{3}$ $\bar{X} = \frac{3a}{5}$ $\bar{Y} = \frac{3b}{8}$	$I_x = \frac{2ab^3}{15}; I_y = \frac{2a^3b}{7}$ $I_{x_c} = \frac{19ab^3}{480}; I_{y_c} = \frac{8a^3b}{175}$	$I_{xy} = \frac{a^2b^2}{6}$ $I_{x_c y_c} = \frac{a^2b^2}{60}$			$L = 2\alpha R$	$\bar{X} = \frac{R \text{Sen} \alpha}{\alpha}$ $\bar{Y} = 0$

PROPIEDADES DE LAS FIGURAS PLANAS

ANEXO 4. Tabla selección de rodamientos.

Suitability of rolling bearings for industrial applications

Symbols

- +++ excellent
- ++ good
- + fair
- poor
- unsuitable
- double direction
- single direction
- non-locating displacement on the seat
- non-locating displacement within the bearing
- ✓ yes
- ✗ no

Bearing type	Load carrying capability			Misalignment		Arrangement				Suitable for				Design features				
	Radial load	Axial load	Moment load	Static misalignment	Dynamic misalignment (few tenths of a degree)	Locating	Non-locating	Adjusted	Floating	Long grease life	High speed	Low run-out	High stiffness	Low friction	Integral sealing	Separable ring mounting	Tapered bore	Standard housing and accessories available
Deep groove ball bearings	+	+++	A-, B+	-	---	---	□	✗	✓	A+++ B+++	A+++ B++	A, B, C	+	+++	✓	✗	✗	✗
Insert bearings	+	+++	---	++	---	---	---	✗	✗	+++	++	A, B, C	+	++	✓	✗	✗	✓
Angular contact ball bearings, single row	+1)	+++	---	-	---	✗	✗	✓	✗	++	++	++	++	++	✓	✗	✗	✗
matched single row	A, B+++ C+++1)	A, B+++ C+++1)	A+, B+ C---	A, C---	---	A, B-- C--	A, B C, X	✗	✗	++	++	++	++	++	✗	✗	✗	✗
double row	++	+++	++	---	---	---	✗	✗	✗	++	++	++	++	++	✓	✓	✗	✗
four-point contact	+1)	+++	---	---	---	---	---	---	---	+	+++	++	++	++	✗	✓	✗	✗
Self-aligning ball bearings	+	-	---	+++	+2)	---	□	✗	✓	+++	++	++	+	+++	✓	✗	✓	✓
Cylindrical roller bearings, with cage	++	---	---	-	---	✗	■	✗	✗	++	+++	+++	++	+++	✗	✓	✗	✗
full complement, single row	++	A, B+- C, D++	---	-	---	A, B-- C, D++	A, B C, D, X	✗	✓	+++1)	+++	++	++	+++	✗	✓	✗	✗
full complement, double row	+++	A-, B+ C+++	---	---	---	B-- C, D++	A, B B+++	✗	✗	-	+	+	+++	-	D	✓	✗	✗
Needle roller bearings, with steel ring	++	---	---	A, B-- C++	---	✗	■	✗	✗	++	++	+	++	+	A, C	✓	✗	✗
assemblies / drawn cups	++	A, B-- C-	---	-	---	A, B, X C-	A, B C, X	✗	✗	++	++	+	++	+	B, C	✓	✗	✗
combined bearings	++	A-, B+ C++	---	---	---	---	---	✓	✗	+	+	+	++	+	✗	✓	✗	✗
Tapered roller bearings, single row	+++1)	+++	---	-	---	---	✗	✓	✗	+	++	+++	++	+	✗	✓	✗	✗
matched single row	A, B+++ C+++1)	A, B+++ C+++1)	A+, B+ C---	A-, B-- C---	---	A, B-- C--	A, B C, X	✗	✗	+	+	++	+++	+	✗	✓	✗	✗
double row	+++	+++	A+ B+++	A-, B--	---	---	□	✗	✗	+	+	++	+++	+	✓	✓	B	✗
Spherical roller bearings	+++	+++	---	+++	+2)	---	□	✗	✓	+	++	+++	++	+	✓	✗	✓	✓
CARB toroidal roller bearings, with cage	+++	---	-	++	-	✗	■	✗	✗	+	++	+++	++	+	✗	✗	✓	✓
full complement	+++	---	-	++	-	✗	■	✗	✗	-	+	+++	++	-	✓	✗	✓	✓
Thrust ball bearings	---	A+- B+++	---	---	---	A, B-- B--	✗	✗	✗	+	-	++	+	+	✗	✓	✗	✗
with sphered housing washer	---	A+- B+++	---	++	---	A, B-- B--	✗	✗	✗	+	-	+	+	+	✗	✓	✗	✗
Cylindrical roller thrust bearings	---	+++	---	---	---	---	---	✗	✗	---	-	+	+++	+	✗	✓	✗	✗
Needle roller thrust bearings	---	+++	---	---	---	---	---	✗	✗	---	-	+	+++	+	✗	✓	✗	✗
Spherical roller thrust bearings	+1)	+++	---	+++	+2)	---	---	✗	✓	---	+	+	+++	+	✗	✓	✗	✗

1) Provided the F₀/F₁ ratio requirement is met 2) Reduced misalignment angle - contact SKF 3) Depending on cage and axial load level

ANEXO 5. Datasheet actuador electromecánico Linak La44.

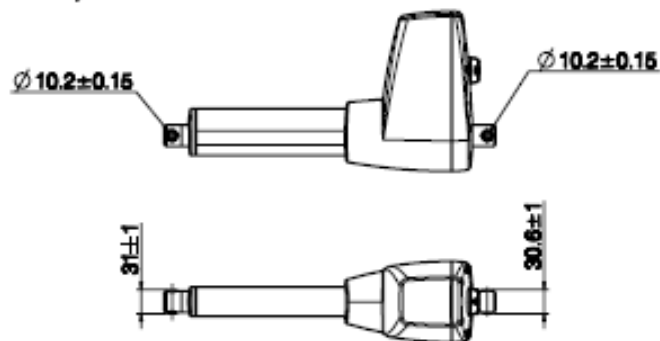
LA44

The LA44 is available in powerful 10,000 N and 12,000 N versions, ensuring safe patient handling. With the LA44 actuator, LINAK offers a product, which with its wide range of safety options, low noise level and outstanding performance is the right choice for medical applications such as patient lifts, beds, dental chairs etc.

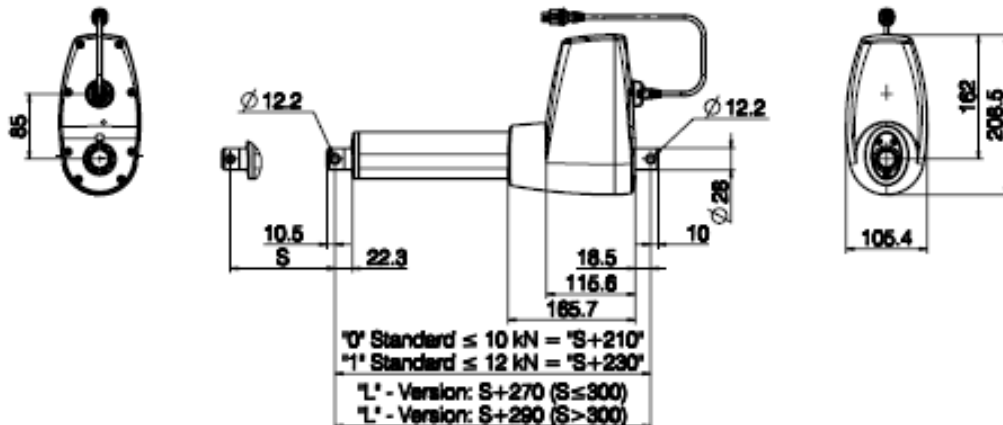
- Heavy duty actuator
- Safety options such as:
 - Manual lowering: makes it possible to turn the inner tube down by hand, in case of emergency, or if electrical power is not available.
 - Spline: potential work injuries are prevented by the spline, as the actuator can only push and not pull, in case something touches e.g. the lifting boom on a patient lift.
 - High side load capacity for high safety: Side load of up to 1000 N is possible without breaking or damaging the actuator.
 - Safety nut: to ensure safe patient handling even when the actuator is no longer new.
- Unique and improved brake to ensure no unintended movement.



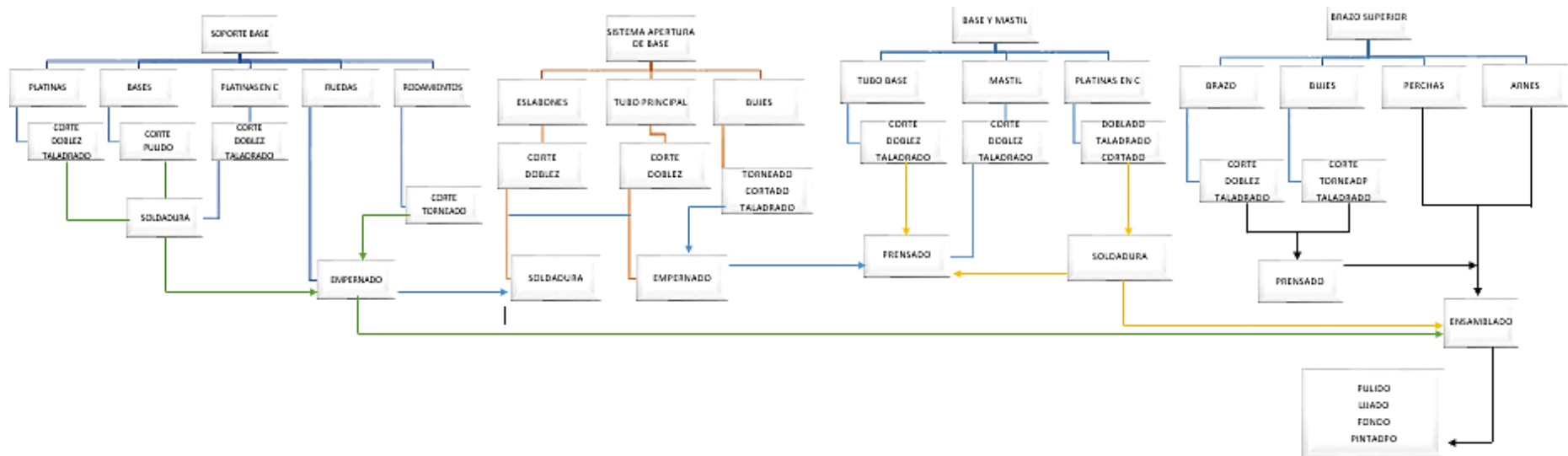
WITH BUSHING (0449014)




WITHOUT BUSHING (0449014)

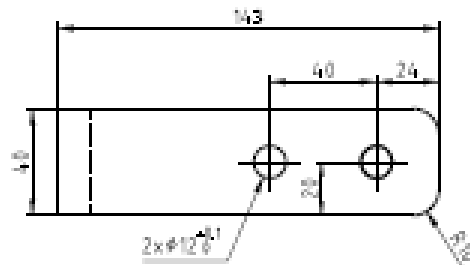
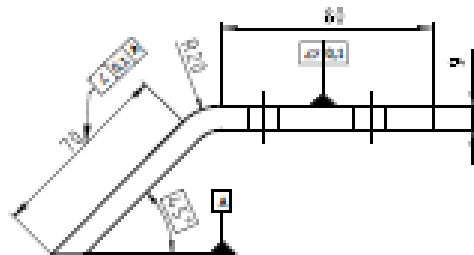


ANEXO 6. Proceso de construcción de la grúa móvil.




ANEXO 7. Láminas de construcción grúa móvil.

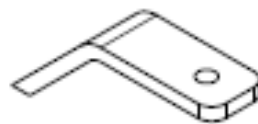
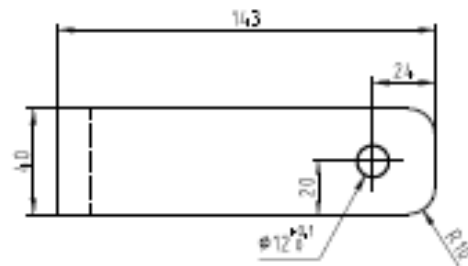
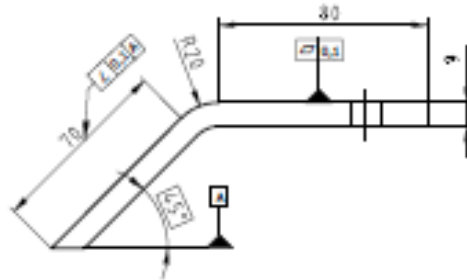
21	4	Rodamientos	SKF	610802	
20	10	Tuercas	DIN 934	M12x1,25	
19	2	Tuercas	DIN 934	M10x1	
18	2	Pernos	DIN 931	M12x45	
17	2	Pernos	DIN 931	M12x85	
16	2	Pernos	DIN 931	M10x70	
15	2	Pernos	DIN 931	M12x75	
14	4	Ruedas	IKSA	Ayton	
13	1	Palancas de giro	ASTM-A53	Tubo cedula 40 1/2 in	
12	1	Palanca de giro	ASTM-A500	Tubo Estructural	
11	1	Base de giro	ASTM-A36	Ac. Estructural	
10	1	Palanque de apertura	ASTM-A53	Tubo cedula 40 1/2 in	
9	2	Soporte Bases	ASTM-A36	Ac. Estructural	
8	1	Mástil	ASTM-A36	Ac. Estructural	
7	1	Soporte Brazo superior	ASTM-A36	Ac. Estructural	
6	2	Soporte Actuador	ASTM-A36	Ac. Estructural	
5	1	Brazo Superior	ASTM-A36	Ac. Estructural	
4	1	Percha			
3	1	Actuador Electromecánico	LINAK	ABS	
2	2	Bases de la grúa móvil		ASTM A-36	
1	4	Platina de las ruedas	ASTM A-36		
Pos	Can	Denominación	Norma	Materia	Medidas (mm)
Fecha		Nombre		 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA Ingeniería Mecánica	
Dibujado		22-01-19 Avilez P./Fajardo D.			
Comprobado		23-01-19 Ing. John Calle			
ESCALA:		ENSAMBLE GRUA MOVIL			
3:1					
					Lámina N° 1/11



Tolerancia ± 0.1




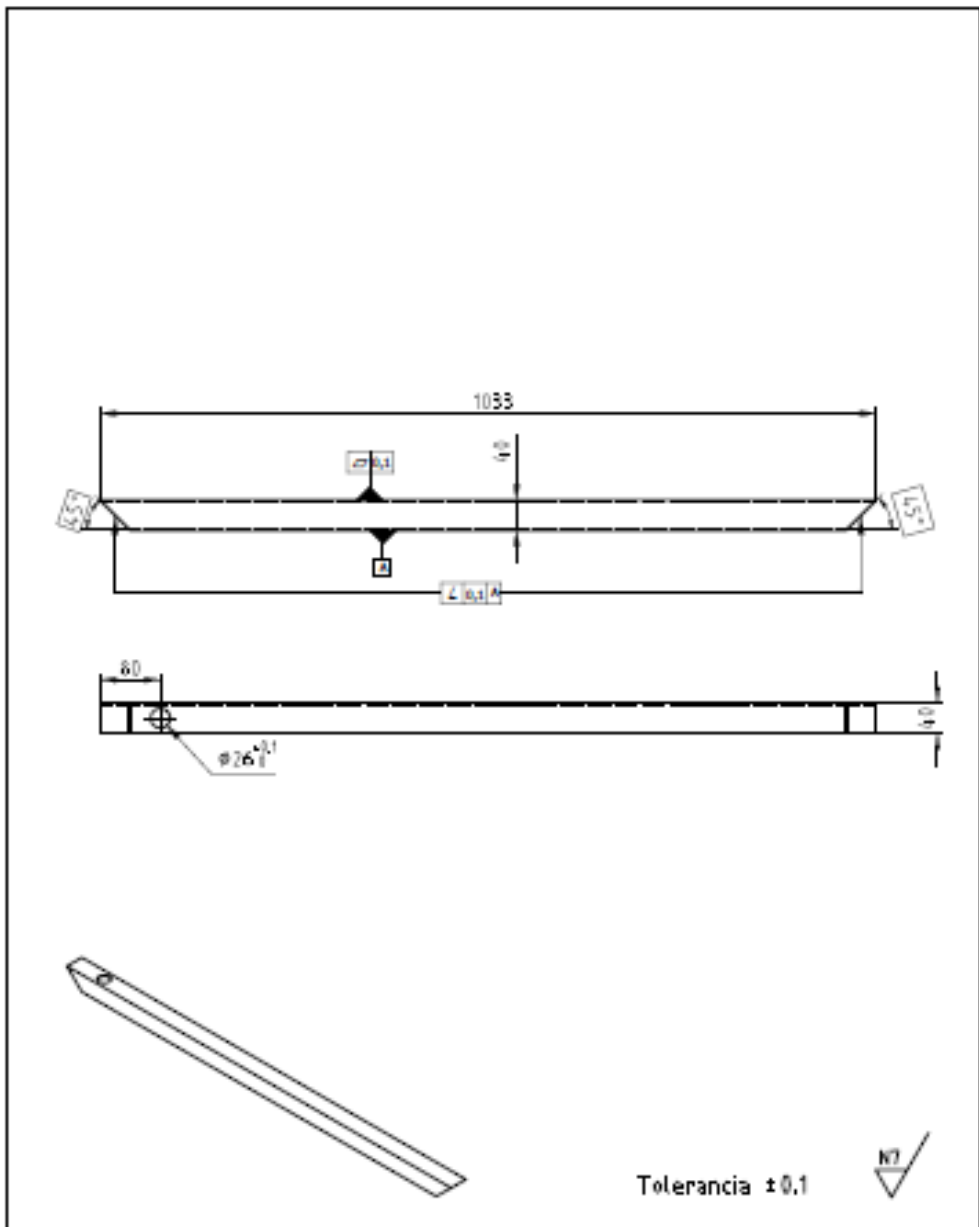
1	2	Placas de las ruedas traseras	ASTM A-36	Placa 40 x 6 mm
Pos.	Cant.	Denominación	Norma	Materia
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Dibujado	22/01/2019	Aviles P./Fajardo D.		
Comprobado	23/01/2019	Ing. John Calle		
ESCALA: 1:2	GRUA MOVIL			INGENIERIA MECANICA Lámina N° 2/11



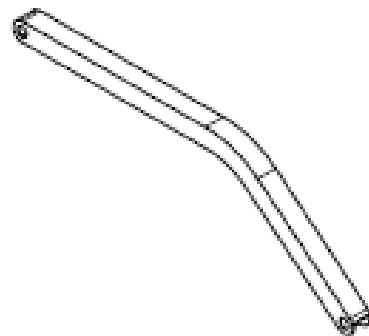
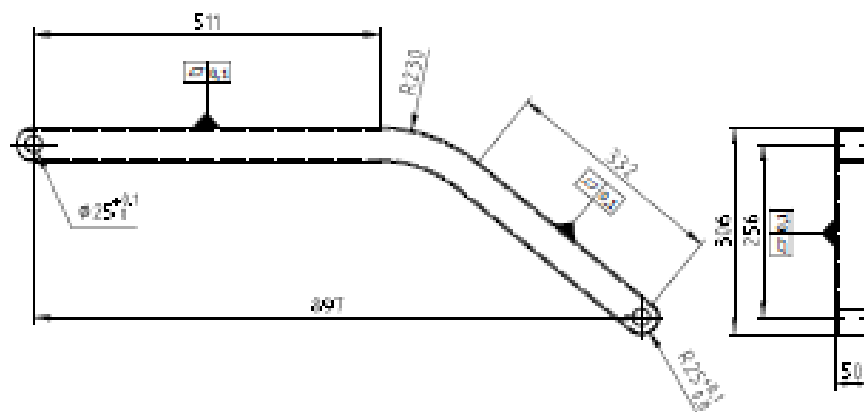
Tolerancia ± 0.1



1	2	Platinas de las ruedas delanteras	ASTM A-36	Platina 40 x 9 mm
Pos.	Cant.	Denominación	Norma	Material
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
Dibujado	22/01/2019	Aviléz P./Fajardo D.		
Comprobado	23/01/2019	Ing. John Calle		
ESCALA:	GRUA MOVIL			INGENIERÍA MECÁNICA
1:2				Lámina N° 3/11




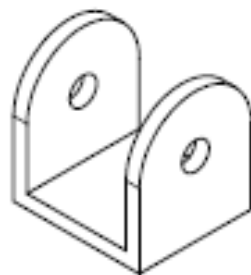
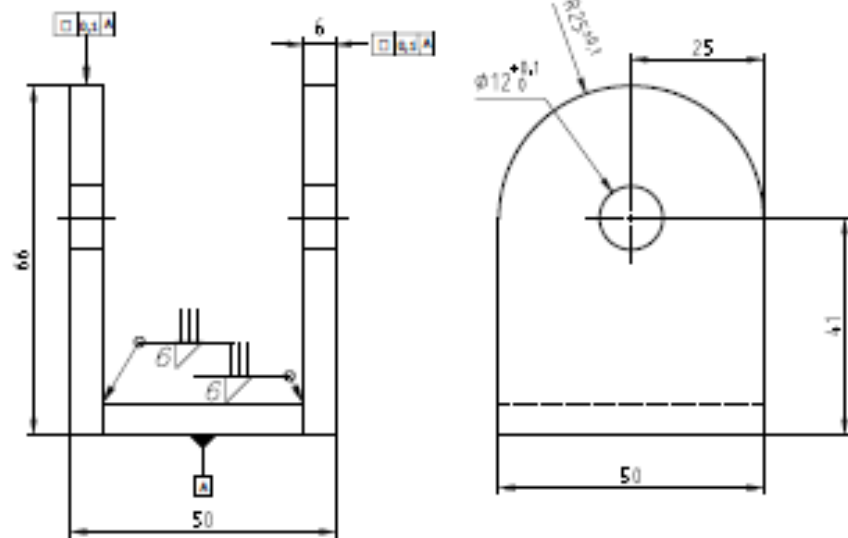
2	2	Bases de la grúa móvil	ACTH A-36	Acero estructural 40 x 40 x 3 mm
Pos.	Cant.	Denominación	Norma	Material
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Dibujado	22/01/2019	Avilez P./Fajardo D.		
Comprobado	23/01/2019	Ing. John Calle		
ESCALA: 1:2	<i>BASES DE LA GRUA</i>			INGENIERÍA MECÁNICA Lámina N° 4/11



Tolerancia ± 0.1




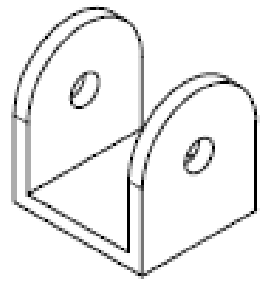
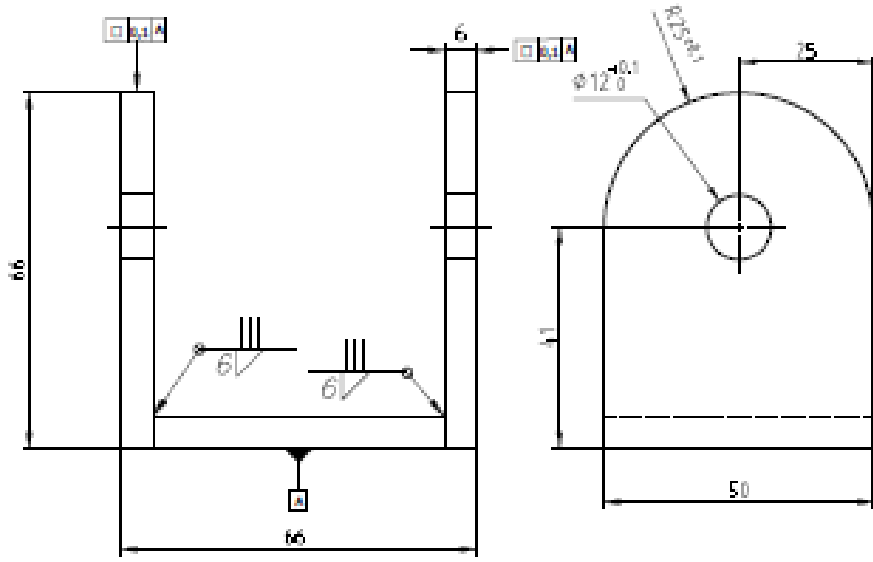
Pos.	Cant.	Denominación	Norma	Material
5	1	Brazo Superior de la grua móvil	ASTM A-36	Acero estructural 50 x 50 x 3 mm
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Dibujado	22/01/2019	Avilez P./Fajardo D.		
Comprobado	23/01/2019	Ing. John Calle		
ESCALA:	<i>GRUA MOVIL</i>			INGENIERÍA MECÁNICA
1:8				Lámina N° 5/11



Tolerancia ± 0.1




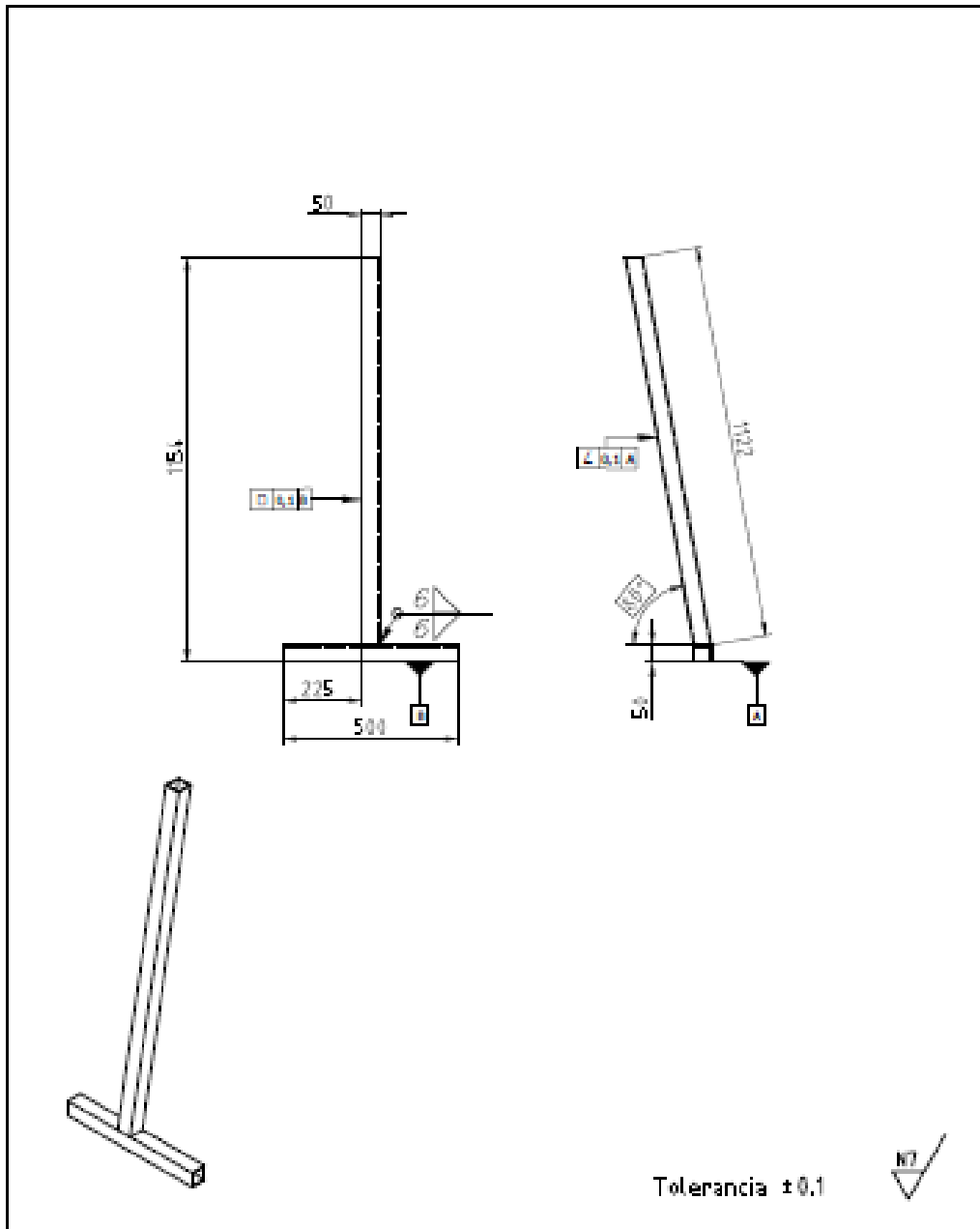
6	2	Soporte del actuador	ACTH A-35	Platina 50 x 3 mm
Pos.	Cant.	Denominación	Norma	Material
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Dibujado	22/01/2019	Avilez P./Fajardo D.		
Comprobado	23/01/2019	Ing. John Calle		
ESCALA:	GRUA MOVIL			INGENIERÍA MECÁNICA
1:1				Lámina N° 6/11




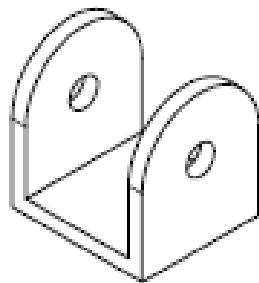
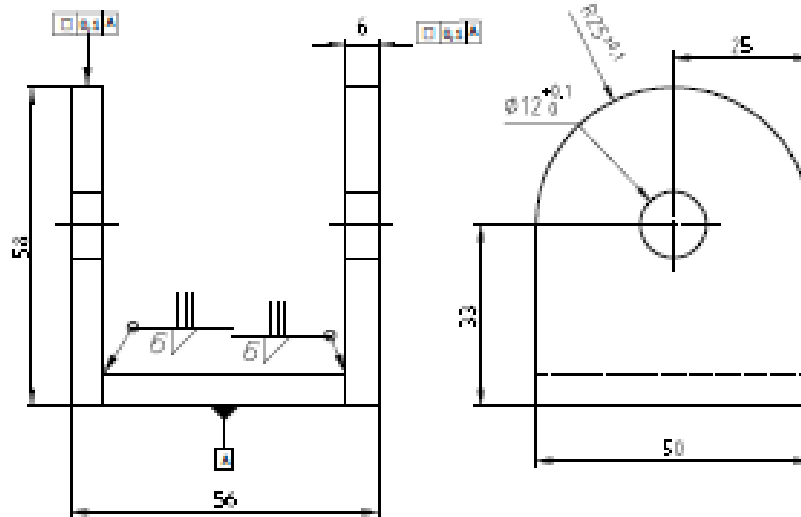
Tolerancia ± 0.1



7	1	Soporta del brazo superior	ACTM A-35	Platina 50 x 3 mm
Pos.	Cant.	Denominación	Norma	Material
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Dibujado	22/01/2019	Avilaz P./Fajardo D.		
Comprobado	23/01/2019	Ing. John Calle		
ESCALA:	GRUA MOVIL			INGENIERIA MECANICA
1:1				Lámina N° 7/11




0	1	Mezcl de la grua movil	ACTH A-36	Acero estructural 50 x 50 x 3 mm
Pos.	Cont.	Denominación	Norma	Materia
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Dibujado	22/01/2019	Avilez P./Fajardo D.		
Comprobado	23/01/2019	Ing. John Calle		
ESCALA:	GRUA MOVIL			INGENIERÍA MECÁNICA
1:2				Lámina N° 8/11

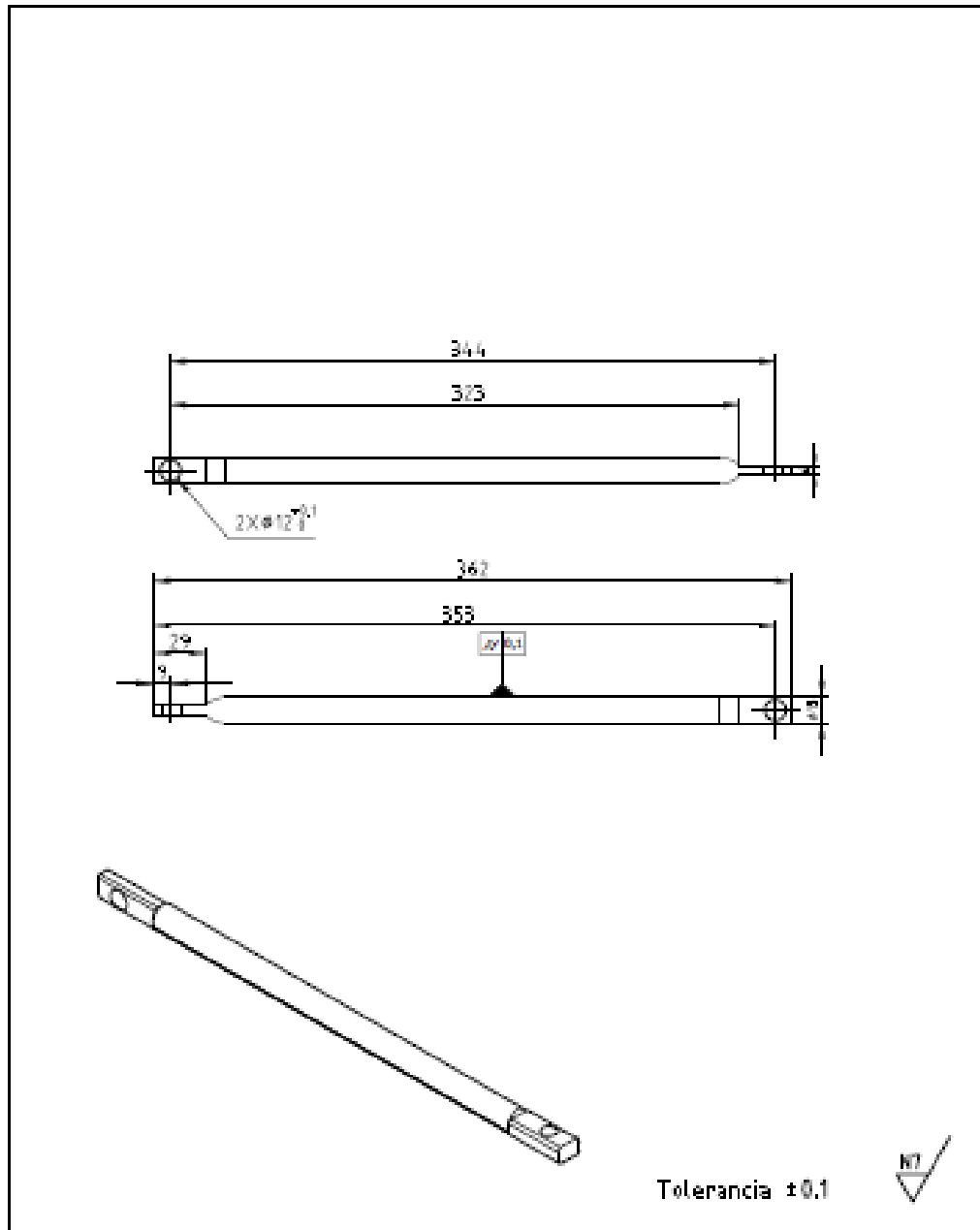


Tolerancia ± 0.1




Medidas en bruto

Pos.	Cant.	Denominación	Norma	Materia	
1	2	Soporte de las bases	ASTM A-36	Platina 50 x 3 mm	
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	
Dibujado	22/01/2019	Aviléz P./Fajardo D.			
Comprobado	23/01/2019	Ing. John Calle			
ESCALA: 1:1		GRUA MOVIL			INGENIERIA MECANICA
					Lámina N° 9/11

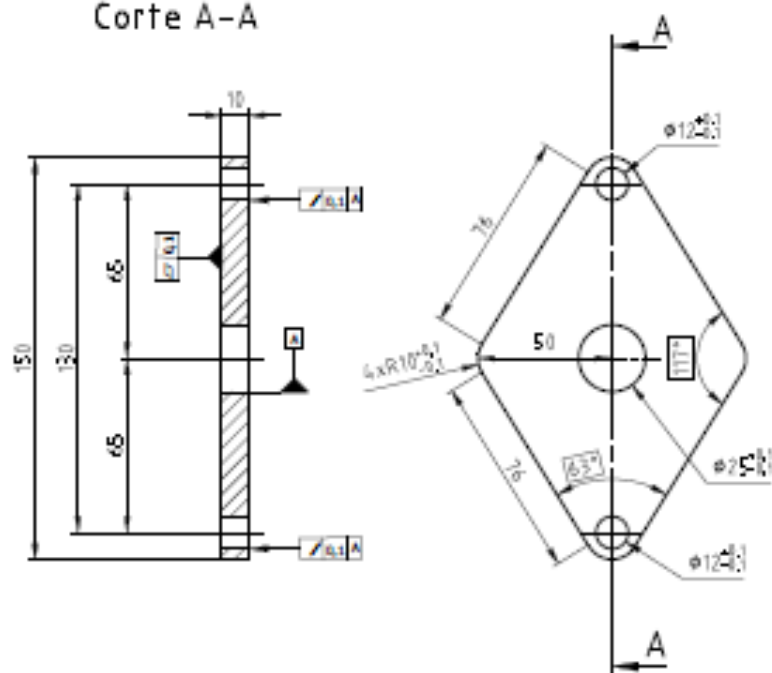


Tolerancia ± 0.1




10	3	Palanca de apertura		ACTM A-36	Tubo cedula 40 1/2 pulgadas
Pos.	Cant.	Denominación		Norma	Materia
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	
Dibujado	22/01/2019	Avilez P./Fajardo D.			
Comprobado	23/01/2019	Ing. John Calle			
ESCALA:	GRUA MOVIL				INGENIERÍA MECÁNICA
1:3					Lámina N° 10/11

Corte A-A



Tolerancia ± 0.1



Id.	1	Base de giro	ACTM A-35	Plancha 9 mm
Pos.	Cont.	Denominación	Norma	Materia
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Dibujado	22/01/2019	Avilez P./Fajardo D.		
Comprobado	23/01/2019	Ing. John Calle		
ESCALA:	GRUA MOVIL			INGENIERIA MECANICA
1:2				Lámina N° 11/11