

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**DISEÑO DE UNA GRÚA MÓVIL PARA EL TRASLADO DE  
PACIENTES CON DISCAPACIDAD MOTRIZ DEL ÁREA DE  
TRAUMATOLOGÍA DEL HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR  
AGUINAGA ASENJO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**AUTOR**

**YANG YANG CHUNG LUNA**

**ASESOR**

**JONY VILLALOBOS CABRERA**

<https://orcid.org/0000-0003-3643-5498>

**Chiclayo, 2022**

**DISEÑO DE UNA GRÚA MÓVIL PARA EL TRASLADO DE  
PACIENTES CON DISCAPACIDAD MOTRIZ DEL ÁREA DE  
TRAUMATOLOGÍA DEL HOSPITAL NACIONAL  
ALMANZOR AGUINAGA ASENJO**

PRESENTADA POR  
**YANG YANG CHUNG LUNA**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

APROBADA POR

Lucio Antonio Llontop Mendoza  
PRESIDENTE

Alejandro Segundo Vera Lázaro  
SECRETARIO

Jony Villalobos Cabrera  
VOCAL

## **Dedicatoria**

*A mi madre y a mi hna. mayor por confiar en mí, por ser ellas esa fuente de apoyo incondicional para que yo logre mis objetivos y no rendirme.*

## **Agradecimiento**

*A Dios por guardarme con salud y por permitirme seguir adelante con mis estudios.*

*A Todo el personal del servicio de traumatología del hospital nacional Almanzor Aguinaga asenjo que con su apoyo logre realizar esta investigación.*

*A mis profesores por ser parte importante de mi formación académica y a todos aquellos compañeros que me brindaron apoyo y guía.*

# YANG YANG CHUNG LUNA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	5%
2	<a href="http://www.efisioterapia.net">www.efisioterapia.net</a> Fuente de Internet	4%
3	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad de Deusto Trabajo del estudiante	<1%
9	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1%
10	<a href="http://revistas.uis.edu.co">revistas.uis.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

Resumen .....	16
Abstract.....	17
Capítulo I.....	18
I. Introducción .....	18
1.1. Justificación e importancia de la investigación .....	19
1.2. Objetivos.....	19
1.2.1. Objetivo General.....	19
1.2.2. Objetivos Específicos .....	19
Capítulo II.....	20
II. Marco teórico .....	20
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.2. Definición de discapacidad .....	22
2.2.1. Discapacidad y deficiencias físicas .....	22
2.2.2. Enfoques o modelos de la discapacidad .....	22
2.2.2.1. Modelo médico.....	22
2.2.2.2. Modelo Social .....	23
2.2.2.3. Modelo de la diversidad .....	23
2.2.3. Tipos de discapacidad.....	24
2.2.3.1. Tetraplejía.....	24
2.2.3.2. Paraplejía.....	24
2.2.3.3. Hemiplejía .....	24
2.2.3.4. Monoplejía .....	24
2.2.4. Grados de discapacidad .....	24
2.2.4.1. Leve.....	24

2.2.4.2.	Moderada.....	24
2.2.4.3.	Severa.....	25
2.3.	Bases teóricas.....	25
2.3.1.	Ecuaciones de diseño.....	25
2.3.1.1.	Ecuaciones de Estática .....	25
2.3.1.2.	Esfuerzo normal .....	25
2.3.1.3.	Esfuerzo cortante.....	26
2.3.1.4.	Esfuerzo Admisible o de diseño.....	26
2.3.1.5.	Sección para elemento estructural.....	26
2.3.1.6.	Esfuerzo cortante doble.....	27
2.3.1.7.	Cálculo del diámetro para pasadores.....	27
2.3.1.8.	Peso de un elemento.....	27
2.3.1.9.	Módulo de sección .....	27
2.3.1.10.	Cálculo para elementos de soporte en pasador.....	28
2.3.2.	Pandeo de columnas .....	28
2.3.3.	Grúas para personas con discapacidad motriz.....	29
2.3.3.1.	Grúa fija.....	30
2.3.3.1.1.	Grúa empotrada en piso.....	30
2.3.3.1.2.	Grúa de piscina.....	31
2.3.3.1.3.	Grúa para techo .....	31
2.3.3.2.	Grúa móvil.....	32
2.3.3.2.1.	Grúa para arnés.....	32
2.3.3.2.2.	Grúa de camilla .....	33
2.3.3.2.3.	Grúa de baño .....	34
2.3.3.3.	Actuador lineal .....	34
2.3.3.4.	Microcontroladores PIC .....	34

2.3.3.5.	Fuente de energía eléctrica.....	35
2.3.3.6.	Sistema de control.....	36
2.3.3.6.1.	Sistema de control de lazo abierto.....	36
2.3.3.6.2.	Sistema de control de lazo cerrado.....	37
2.3.4.	Ingeniería de factores humanos.....	37
2.4.	Hipótesis.....	38
2.5.	Operacionalización de variables.....	40
2.5.1.	Variable dependiente.....	40
2.5.2.	Variable independiente.....	40
Capítulo III	.....	42
III. Metodología.....	.....	42
3.1.	Enfoque y diseño de la investigación.....	42
3.1.1.	Esquema de investigación.....	43
3.2.	Sujetos de la investigación.....	44
3.3.	Métodos y procedimientos.....	44
3.4.	Técnicas e instrumentos.....	45
Capítulo IV	.....	46
IV. Desarrollo y resultados.....	.....	46
4.1.	Características relevantes del traslado de pacientes con discapacidad motriz.....	46
4.1.1.	Técnicas de movilización y transferencia.....	46
4.1.1.1.	Movilización.....	47
4.1.1.1.1.	Técnicas de movilización.....	48
4.1.1.2.	Transferencia.....	53
4.1.1.2.1.	Técnicas de transferencia.....	54
4.1.1.3.	Diferencias entre movilización y transferencia.....	56
4.1.1.4.	Principios básicos.....	57

4.1.1.4.1.	Adaptar el medio .....	57
4.1.1.4.2.	Colaboración del paciente .....	57
4.1.1.4.3.	Orientar al paciente .....	57
4.1.1.4.4.	Emplear un único Fisioterapeuta [30] .....	58
4.1.1.4.5.	Basar la movilización en el contacto.....	58
4.1.1.4.6.	Hablar poco .....	58
4.1.1.4.7.	Moverse simultáneamente y en dirección al desplazamiento .....	58
4.1.1.4.8.	Postura del Fisioterapeuta .....	59
4.1.1.4.9.	Movilizar imitando el movimiento del cuerpo humano [30] .....	59
4.1.1.4.10.	No mover todo el cuerpo a la vez.....	59
4.1.1.4.11.	No levantar pesos .....	60
4.1.1.4.12.	No hacer daño al paciente .....	60
4.1.1.4.13.	Mantener el cuerpo del paciente bien alineado .....	60
4.2.	Principales características que influyen para el diseño de la grúa móvil.....	69
4.2.1.	Diseño Electromecánico .....	76
4.2.2.	Matriz morfológica.....	78
4.2.2.1.	Selección de material de grúa móvil .....	78
4.2.2.2.	Selección del tipo de sistema de elevación .....	79
4.2.2.3.	Selección del controlador del sistema de elevación.....	80
4.2.2.4.	Selección del controlador .....	83
4.2.2.4.1.	Selección del modelo adecuado de Arduino .....	84
4.2.2.5.	Matriz morfológica general.....	85
4.3.	Cálculos mecánicos.....	87
4.3.1.	Representación 2D de la grúa móvil.....	88
4.3.2.	Selección del actuador lineal .....	90
4.3.3.	Selección de los elementos estructurales.....	91

4.3.3.1.	Dimensionamiento del brazo móvil .....	92
4.3.3.2.	Dimensionamiento de la columna .....	95
4.3.3.3.	Dimensionamiento del soporte para actuador lineal .....	96
4.3.3.4.	Dimensionamiento de los pasadores .....	96
4.3.3.5.	Cálculo de los elementos de soporte para pasadores.....	98
4.3.3.6.	Dimensionamiento de los elementos para la base .....	98
4.3.3.7.	Selección de las ruedas para desplazamiento .....	101
4.3.4.	Análisis cinético para la grúa móvil .....	101
4.4.	Evaluación del diseño de la grúa móvil para corroborar que cumple con las especificaciones requeridas.....	104
4.4.1.	Simulación en SolidWorks .....	104
4.4.2.	Análisis de pandeo en columna .....	118
4.4.3.	Sistema de control .....	126
4.4.4.	Presupuesto.....	137
V.	Discusión .....	140
VI.	Conclusiones .....	141
VII.	Recomendaciones.....	143
VIII.	Referencias .....	144
IX.	Anexos.....	148

## Lista de Tablas

Tabla 1: Matriz de Consistencia .....	39
Tabla 2: Operacionalización de las variables para el desarrollo de la investigación .....	41
Tabla 3. Relación de técnicas e instrumentos .....	45
Tabla 4. Valor de importancia de acuerdo a las necesidades del paciente .....	63
Tabla 5. Totalidad de pacientes en Traumatología ingresados en 2019 y 2020 .....	64
Tabla 6. Peso máximo en adultos según el género .....	68
Tabla 7. Pacientes que ingresaron al Área de Traumatología según la edad.....	68
Tabla 8. Días de permanencia de los pacientes del Área de Traumatología .....	69
Tabla 9. Dimensiones de los ambientes y mobiliario en el hospital.....	76
Tabla 10. Matriz morfológica para material a seleccionar .....	78
Tabla 11. Puntuación para la selección del material .....	79
Tabla 12. Matriz morfológica para la selección del sistema de elevación .....	79
Tabla 13. Puntaje para la selección del sistema de elevación .....	80
Tabla 14. Matriz morfológica selección del controlador para el sistema de elevación.....	83
Tabla 15. Puntaje para la selección del controlador .....	84
Tabla 16. Detalle de matriz morfológica completa para el diseño de la grúa móvil.....	86
Tabla 17. Indicadores a utilizar para el diseño mecánico.....	88
Tabla 18. Resumen de cargas en el brazo móvil y en la columna. ....	94
Tabla 19. Comparativo entre cálculo manual y MD Solids .....	94
Tabla 20. Valores de BLF para análisis de pandeo .....	120
Tabla 21. Cinco primeros modos de pandeo .....	120
Tabla 22. Presupuesto de materiales e insumos para la estructura .....	137
Tabla 23. Presupuesto de mano de obra para la estructura.....	137
Tabla 24. Presupuesto para materiales e insumos del sistema de control .....	138
Tabla 25. Mano de obra para sistema de control.....	138

Tabla 26. Presupuesto general para grúa móvil.....	139
--	-----

## Lista de Figuras

Fig. 1. Carga crítica en columna. [11] .....	29
Fig. 2. Grúa fija empotrada en piso. [14].....	31
Fig. 3. Grúa para piscina. [15] .....	31
Fig. 4. Grúa para techo. [16].....	32
Fig. 5. Grúa para Arnés. [18].....	33
Fig. 6. Grúa para Camilla. [19].....	33
Fig. 7. Grúa para baño. [20].....	34
Fig. 8. Baterías. [27] .....	36
Fig. 9. Proceso de control. [28] .....	36
Fig. 10. Control de lazo abierto. [28] .....	37
Fig. 11. Control de lazo cerrado. [28].....	37
Fig. 12. Esquema para el diseño de la grúa móvil.....	44
Fig. 13. Cambio de decúbito supino a decúbito lateral. [30].....	49
Fig. 14. Movilización hacia un lado de la cama de tronco, pelvis y miembros inferiores. [30] .....	50
Fig. 15. Pasos para sentar al paciente al filo de la cama. [30].....	51
Fig. 16. Pasos a seguir para sentar correctamente al paciente en una silla. [30] .....	52
Fig. 17. Pasos para sentar al paciente en el filo de la cama. [30] .....	53
Fig. 18. Lesiones musculo-esqueléticas. [30].....	53
Fig. 19. Pasos a seguir para pasar de la posición de sentado a bipedestación. [30] .....	55
Fig. 20. Cambio de paso para pacientes que pueden estar en posición recta. [30].....	55
Fig. 21. Secuencia de movimientos para pasar de una superficie a otra desde la posición de sentado. [30] .....	56
Fig. 22. Postura adecuada para el profesional. [30].....	59

Fig. 23. Trayectoria para entrar a la habitación del área de traumatología, incluye su recorrido en ascensores, pasillos, cuartos y baños. ....	71
Fig. 24. Trayectoria para salir de la habitación del área de traumatología, incluye su recorrido en ascensores, pasillos, cuartos y baños. ....	72
Fig. 25. Radio de giro de la grúa móvil. (SolidWorks 2018) .....	74
Fig. 26. Altura máxima y mínima para la grúa móvil. (SolidWorks 2018).....	75
Fig. 27. Distribución de pines del PIC 16F84A. [31].....	81
Fig. 28. Logo del software ARDUINO. [32].....	82
Fig. 29. PLC's Siemens [33] .....	82
Fig. 30. Módulo Nano Arduino. [34].....	85
Fig. 31. Representación de la vista lateral para el diseño de la grúa móvil. (Uso de AutoCAD 2019).....	89
Fig. 32. Fuerzas actuantes en el brazo de la grúa móvil. ....	90
Fig. 33. Actuador Lineal LINAK LA36. [35] .....	91
Fig. 34. Brazo móvil tipo armadura y sus fuerzas actuantes. ....	92
Fig. 35. Diagrama de cuerpo libre del Nudo A. ....	92
Fig. 36. Diagrama de cuerpo libre del nudo C.....	93
Fig. 37. Resultados obtenidos para el brazo móvil. (MD Solids).....	94
Fig. 38. Diagrama de Cuerpo Libre para los pasadores.....	96
Fig. 39. Cálculo de reacciones en los apoyos donde irán las ruedas, obtenidos de MD Solids. ....	99
Fig. 40. Diagrama de fuerza cortante y momento flector para la base de la grúa móvil. (MD Solids).....	100
Fig. 41. Diagrama cinético para análisis de la grúa móvil. ....	102
Fig. 42. Vistas del modelado del brazo móvil reforzado. (SolidWorks 2018) .....	105
Fig. 43. Vistas del modelado de la columna. (SolidWorks 2018).....	106
Fig. 44. Vistas del modelo para la base del actuador lineal. (SolidWorks 2018).....	107

Fig. 45. Vistas de la base para la grúa móvil. (SolidWorks 2018) .....	108
Fig. 46. Vistas del modelo para el gancho o percha. (SolidWorks 2018) .....	109
Fig. 47. Vistas del modelo ensamblado para la grúa móvil. (SolidWorks 2018).....	110
Fig. 48. Vista Isométrica del Modelo 3D del ensamblaje para la grúa móvil. (SolidWorks 2018).....	112
Fig. 49. Recorrido del cableado del sistema de control. (SolidWorks 2018) .....	113
Fig. 50. Información de mallado para el modelado de la grúa móvil. (SolidWorks 2018).....	114
Fig. 51. Esfuerzos obtenidos de la Simulación. (Uso de SolidWorks 2018).....	114
Fig. 52. Factor de seguridad obtenidos de la simulación. (Uso de SolidWorks 2018).....	115
Fig. 53. Fuerzas resultantes en pernos obtenidos de la simulación. (Uso de SolidWorks 2018) .....	116
Fig. 54. Reacciones en los contactos. (Uso de SolidWorks 2018) .....	117
Fig. 55. Desplazamientos obtenidos de la simulación. (Uso de SolidWorks 2018).....	118
Fig. 56. Modelado de la columna y brazo móvil para análisis de pandeo.....	119
Fig. 57. Mallado de elementos de grúa móvil .....	119
Fig. 58. Multiplicador de carga en cada modo .....	120
Fig. 59. Amplitud de pandeo del modo 1 .....	121
Fig. 60. Amplitud de pandeo del modo 2 .....	122
Fig. 61. Amplitud de pandeo del modo 3 .....	123
Fig. 62. Amplitud de pandeo del modo 4 .....	124
Fig. 63. Amplitud de pandeo del modo 5 .....	125
Fig. 64. Diagrama para efectos de Simulación en software Proteus. ....	129
Fig. 65. Esquemático de placa para el control del actuador electromecánico. ....	130
Fig. 66. Distribución de los componentes electrónicos en placa. ....	131
Fig. 67. Diagrama de pistas para la placa del sistema de control. ....	131
Fig. 68. Módulo Bluetooth HC-05 FC-114. [30].....	132

Fig. 69. Etapa de potencia del sistema de control. ....	134
Fig. 70. Diagrama del esquemático en Eagle 6.2. ....	134
Fig. 71. Diagrama de pistas del Puente H (sin escala). ....	135
Fig. 72. Distribución de componentes del esquemático en Eagle 6.2. (Sin escala) .....	135
Fig. 73. Muestra de modelo de balanza de suspensión. ANEXO 06.....	136
Fig. 74. Representación de los botones, pantalla LCD y sirena. (SolidWorks 2018) .....	136

## Lista de Anexos

Anexo 1: Ficha técnica de tubo LAC ASTM A500 .....	148
Anexo 2: Ficha técnica de Actuador Electromecánico LINAK LA36 .....	150
Anexo 3: Ficha técnica de Módulo Nano Arduino .....	170
Anexo 4: Ficha técnica de batería BAJ para sistema de control .....	175
Anexo 5: Ficha técnica de ruedas para grúa móvil.....	180
Anexo 6: Ficha técnica de balanza electrónica Moretti GN .....	184
Anexo 7: Plano del brazo móvil reforzado.....	186
Anexo 8: Plano de la columna o mástil .....	188
Anexo 9: Plano del soporte para Actuador Electromecánico LINAK LA36 .....	190
Anexo 10: Plano de la base.....	192
Anexo 11: Plano del gancho o percha .....	194
Anexo 12: Plano del ensamblaje de componentes para grúa móvil .....	196
Anexo 13: Constancia de aprobación del HNAAA.....	198
Anexo 14: Instrumento para recolección de datos.....	199
Anexo 15: Plano del área de traumatología del HNAA .....	200

## Resumen

El objetivo de la presente investigación fue el diseño de una grúa móvil con características que ayuden a mejorar la atención y traslado de los pacientes con discapacidad motriz del Área de Traumatología del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo. Esto es debido a que el personal encargado de cuidar a estos pacientes, deben realizar maniobras que conllevan esfuerzos, es por ello que se buscó ayudar a este personal a disminuir ese tipo de esfuerzos y además de disminuir los tiempos de traslado y riesgos en los pacientes.

En un inicio, se recopiló información para su posterior análisis sobre cómo se traslada a estos pacientes. Para luego, identificar las características principales que se han considerado para un correcto diseño de la grúa móvil. Seguidamente, se realizó el diseño y selección de los componentes del sistema estructural y de control.

Y, por último, se simuló la grúa móvil en software especializado para verificar que cumple con lo propuesto en el desarrollo del proyecto. Para poder llevar a cabo el diseño de los elementos y su selección, se hizo uso del método deductivo, donde se utilizó las leyes de la física, estática, dinámica, resistencia de materiales y análisis estructural. Los resultados obtenidos de la investigación serán entregados al Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo para su posible implementación, ya que se logró demostrar que una grúa móvil será de gran ayuda para el personal que trabaja en dicho hospital, reduciendo los esfuerzos del personal y los tiempos de atención a los pacientes con discapacidad motriz del área de traumatología.

Del análisis en SolidWorks, se obtuvo un esfuerzo máximo de 50,356 MPa el cual es inferior al esfuerzo admisible de 90 MPa. Luego, al verificar el factor de seguridad mínimo, se obtuvo un valor de 5,362; el cual es superior al planteado que era de 3, concluyendo que el diseño es correcto y funcional. Finalmente, se realiza el presupuesto para implementar la grúa móvil, el cual asciende a S/. 4 530,50; donde se incluye el material para el sistema estructural, el actuador, el sistema de control y demás insumos para su correcto ensamblado y armado.

**Palabras clave:** Diseño asistido por ordenador, personas con discapacidad física, mecánica aplicada.

### Abstract

The objective of the present investigation was the design of a mobile crane with characteristics that help to improve the care and transfer of patients with motor disabilities in the Traumatology Area of the Almanzor Aguinaga Asenjo National Hospital. This is due to the fact that the personnel in charge of caring for these patients must carry out maneuvers that entail efforts, which is why we sought to help these personnel to reduce this type of effort and in addition to reducing transfer times and risks in patients. .

Initially, information is collected for later analysis on how these patients are transferred. To then identify the main characteristics that have been considered for a correct design of the mobile crane. Next, the design and selection of the components of the structural and control system was carried out.

And finally, the mobile crane was simulated in specialized software to verify that it complies with what was proposed in the development of the project. In order to carry out the design of the elements and their selection, the deductive method was used, where the laws of physics, statics, dynamics, resistance of materials and structural analysis were used. The results obtained from the investigation will be delivered to the Almanzor Aguinaga Asenjo National Hospital for its possible implementation, since it was possible to demonstrate that a mobile crane will be of great help to the personnel who work in said hospital, reducing the efforts of the personnel and the times of Care for patients with motor disabilities in the traumatology area.

From the SolidWorks analysis, a maximum stress of 50,356 MPa was obtained, which is less than the allowable stress of 90 MPa. Then, when verifying the minimum safety factor, a value of 5,362 was obtained; which is superior to the proposed one, which was 3, concluding that the design is correct and functional. Finally, the budget to implement the mobile crane is made, which amounts to S/. 4,530.50; where the material for the structural system, the actuator, the control system and other inputs for its correct assembly and assembly are included.

**Keywords:** Computer aided design, people with physical disabilities, applied mechanics.

## CAPÍTULO I

### I. Introducción

El traslado de pacientes con discapacidad motriz hacia y desde su cama a una camilla, silla de ruedas o mesa quirúrgica no es tarea sencilla para los camilleros en los hospitales, debido a que, para llevar a cabo dicha acción, es necesario moverlo entre varias personas, por elevación o arrastre (“sábana-en-vilo”). Entonces, aparece un problema sobre el uso de esta técnica, ya que el personal hace uso de la espalda, y para repartir el peso de forma equitativa deberían usar las piernas, lo cual en la realidad se hace complicado. Y con el uso en repetidas ocasiones de esta técnica, a mediano y largo plazo, aparecen patologías lumbares y lesiones patológicas, uno de los motivos con más frecuencia de baja laboral y de atención médica dentro del personal sanitario, donde es requerido exigencias físicas altas para llevar a cabo el trabajo de alzar, sujetar y trasladar a los pacientes con discapacidad motriz, y sin la ayuda de equipos auxiliares ergonómicos, sin disponer de asistencia de personal, donde a veces se utilizan posturas corporales forzosas, donde se puede perder el equilibrio y en ocasiones de alta resistencia, lo que provoca que el dolor de espalda este situado aproximadamente entre el 80-85% de estos trastornos. [1]

Teniendo en cuenta estos aspectos, se busca una solución factible, en este caso, la utilización de un aparato para el transporte de pacientes con discapacidad motriz, el mismo que puede ser operado por una sola persona de forma simple y sencilla mediante un mecanismo simple. Para lograr el diseño adecuado, se deben considerar aspectos de la sustentabilidad, es decir, capaz de mejorar la calidad de vida y servicio que reciben aquellas personas discapacitadas en un determinado hospital, además, se debe tener en cuenta el futuro, el dispositivo debe ser capaz de no dañar el medio ambiente, cumpliendo con el principio básico de la sustentabilidad.

Adicionalmente, debe ser diseñado de forma simple, con materiales económicos pero que cumplan ciertas especificaciones para su utilización, esto es, sin comprometer su funcionalidad y duración. Con esto, se quiere desarrollar un proyecto enfocado en el diseño y evaluación de un prototipo de grúa móvil, capaz de transportar a personas con discapacidad motriz, como pacientes con cuadriplejía, hemiplejía, paraplejía, tetraplejía, distrofia muscular, entre otras enfermedades degenerativas de la capacidad motriz.

## **1.1. Justificación e importancia de la investigación**

El proyecto se justifica en que busca dar solución al transporte de personas discapacitadas, mediante el diseño de una grúa móvil para poder trasladarlos y movilizarlos de forma segura y adecuada, evitando daños a su integridad física y emocional. Además de ayudar al trabajo de las personas encargadas de llevar a cabo el trabajo de trasladar a dichos pacientes. Adicionalmente, la presente investigación se espera que sirva como guía para futuros proyectos en relación a esta rama de la ingeniería. En el presente, existen muchas personas con discapacidad motriz donde se ve limitada su movilidad en las extremidades inferiores de su cuerpo, lo cual hace que hagan uso de silla de ruedas para poder moverse libremente. Se evaluará la parte mecánica que conformará el diseño de la grúa móvil, donde se obtendrá los esfuerzos máximos que podrá soportar para un determinado material propuesto, para así poder seleccionar la mejor opción y disminuir los costes de producción, tanto de operación y mantenimiento. En lo que respecta a la electrónica, se determinará el sistema más adecuado para poder automatizar dicha grúa móvil, buscando usar materiales adecuados que cumplan con la necesidad del paciente con discapacidad motriz y que sea de uso simple para que cualquier persona pueda utilizarla.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Diseñar una grúa móvil para mejorar el traslado de pacientes con discapacidad motriz del área de traumatología del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar las características relevantes sobre el traslado de pacientes con discapacidad motriz del área de traumatología.
2. Identificar las principales características que influyen para el diseño de la grúa móvil.
3. Dimensionar los elementos estructurales y a su vez los componentes del sistema de control para la grúa móvil.
4. Evaluar el diseño de la grúa móvil para corroborar si cumple con las especificaciones requeridas.

## CAPÍTULO II

### II. Marco teórico

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### Internacional

**Proyecto 1: “Diseño, Construcción e implementación de una grúa móvil para el transporte de pacientes con discapacidad en actividades de rehabilitación”.**

**Autor(es):** Astudillo Flores, Mateo I.

**Año:** 2019.

En el proyecto técnico se realiza el diseño, de una grúa de transferencia para pacientes con discapacidad motriz, para posteriormente construirlo, y finalmente implementarlo en algún centro que brinde ayuda a personas con discapacidad motriz.

En una primera parte, se procede a la revisión de la literatura y el estudio del estado del arte de mecanismos existentes con características similares y que se puedan encontrar en el mercado tanto nacional como internacional, luego se realiza la observación del proceso de traslado de pacientes dentro de los ambientes de la institución beneficiaria para establecer las necesidades de sus pacientes y colaboradores, y el levantamiento de las condiciones y restricciones necesarias para llevar a cabo el diseño del dispositivo. Luego, se procede con el diseño de un aparato que sirva para el transporte de pacientes dentro de las instalaciones de la fundación y que sea de apoyo para alcanzar distintas alturas para las actividades de rehabilitación de los mismos, además, dichos diseños serán validados con el uso de software como el ADAMS View y Autodesk Inventor.

Finalmente, se construye el mecanismo y se realizan las pruebas de funcionamiento para asegurar un funcionamiento correcto y poder garantizar la seguridad de la integridad física de los usuarios; el resultado final es una grúa de transferencia móvil que es ergonómica, de fácil mantenimiento, de simple montaje y desmontaje, y que no ocupa un espacio considerable dentro de las instalaciones de la institución mencionada.

[2]

## Nacional

### **Proyecto 2: “Diseño e Implementación de una grúa de bipedestación controlada por lógica difusa para la movilización de pacientes con grados de dependencia 3 y 4 en el Hospital de Emergencias Grau – ESSALUD”.**

**Autor(es):** Flores Pérez, Patricia Y.; Rodríguez Lizano, Yair P.

**Año:** 2019.

El propósito de esta tesis busca explicar la función y operación de una grúa de bipedestación con la capacidad de transportar a pacientes discapacitados, esto permitirá prevenir futuras úlceras por presión y evitar la misma postura lo que ocasionaría escaras debido al tiempo prolongado, el aseo diario y básico del paciente, limpieza del lecho de descanso, el transporte del paciente entre los ambientes del hospital y al mismo tiempo prevenir los peligros que conlleva el ser trasladados, como posibles caídas e inadecuadas posiciones que complicarían aún más la salud del paciente. Adicionalmente, la prevención de factores de riesgo ergonómico, demasiado esfuerzo y repetidos movimientos a lo que se expone el personal de asistencia al trasladar a las personas discapacitadas de forma manual. Se basa en conceptos teóricos de la inteligencia artificial con gran énfasis en Ingeniería, donde se logra sustentar el diseño además de la implementación de un controlador difuso. Donde se obtienen resultados positivos con respecto a la factibilidad del diseño mecánico y la operatividad de la grúa a escala de acero galvanizado, la cual fue sometida a múltiples pruebas de carga, igualmente sobre el diseño eléctrico y electrónico donde se alimentó al sistema con una fuente de 12 V en DC y con el uso de un pulsador de emergencia, se protege el sistema; a la vez fue factible el diseño informático donde controlo el sistema con el uso de las reglas difusas, arrojando valores adecuados para poder controlar el desplazamiento de un actuador lineal, demostrando así la operatividad y funcionalidad del prototipo de una grúa de bipedestación con la capacidad de funcionar en ambientes reducidos, como ejemplo, un baño, para satisfacer las necesidades básicas de los pacientes mientras tanto dure su permanencia en el hospital. [3]

## **2.2. Definición de discapacidad**

De acuerdo a la OMS, describe a la discapacidad como un término genérico el cual encierra restricciones, límites de actividad y deficiencias para poder participar con libertad dentro de la sociedad. El término discapacidad encierra aspectos negativos entre la interacción de personas con un problema de salud (ejemplo: parálisis cerebral, cuadriplejía) y ciertos factores tanto personales, ambientales como sociales (aptitudes negativas, transporte, locales con difícil accesibilidad además de no contar con apoyo social). [4]

### **2.2.1. Discapacidad y deficiencias físicas**

Existen generalmente dos formas de comprender la discapacidad.

En primer lugar, existe una variada complejidad en la humanidad, cuerpos con diferentes discapacidades y deficiencias, es decir, es el de alguien que vive con estas y que pueden ser físico, mental o a nivel sensorial. [5]

Esto conlleva a crear ciertas barreras sociales que, si se ignoraran a las personas con discapacidad o deficiencias, como consecuencia provoca de una manera u otra desigualdad. El juzgar o condenar no es un atributo personal del cuerpo humano, sino el producto de ciertas naciones no incluyentes. Y, en segundo lugar, entender y comprender que una discapacidad es una desventaja natural, donde se debe consolidar esfuerzos para poder solucionar totalmente o parcialmente esas deficiencias, con el propósito de dar garantías que toda persona con discapacidad pueda llevar un estándar de calidad de vida digna con un funcionamiento adecuado y regular como cualquier persona. [5]

### **2.2.2. Enfoques o modelos de la discapacidad**

Pueden distinguirse o clasificarse tres enfoques o modelos de tratamiento social, que se les brinda a pacientes discapacitados, y que actualmente coexisten en menor o mayor medida. [6]

#### **2.2.2.1. Modelo médico**

Existen 2 atributos fundamentales y son:

Primero, las causas para justificar la discapacidad son de carácter médico-científicas. Entonces, como se trata de la medicina, esta alude que la

discapacidad una ausencia de salud, es decir, una enfermedad. Segundo, se toma en cuenta que aquellas personas discapacitadas de alguna forma puedan dar un aporte a la sociedad, pero esto implica, en la misma medida en que se encuentren rehabilitadas o normalizadas, para poder lograr que formen parte de la comunidad (válidas y con capacidad) de la mejor manera posible. Con esto pueden lograr obtener por parte de la comunidad y la sociedad un valor agregado como persona y ciudadano. [6]

#### **2.2.2.2. Modelo Social**

Existen limitaciones individuales de las personas discapacitadas y se deben a la misma sociedad para poder prestar los servicios apropiados que garanticen que las necesidades de estas personas sean tomadas en consideración dentro de la comunidad y la sociedad. En este modelo se plantea que aquellas personas discapacitadas pueden colaborar a la comunidad de la misma forma que cualquier persona común y corriente. Entonces, comenzando con la idea fundamental de que la vida humana es igualmente digna para todos, se relaciona de forma directa con lo que puedan contribuir a la comunidad, brindándoles inclusión y aceptación. Esto implica que se debe promover en todos los ámbitos y aspectos dar igual oportunidad en la participación social a todos los habitantes de la comunidad para que directamente se evite la discriminación y la desventaja tradicional que pueda traer efectos negativos a las personas discapacitadas de forma indefinida, de forma que sea diseñada y pensada para brindar soluciones y atender las necesidades de la comunidad sin discriminación alguna. [6]

#### **2.2.2.3. Modelo de la diversidad**

Este enfoque o modelo afirma que toda la humanidad tiene el mismo valor moral, independientemente de sus deficiencias y capacidades, por ende, gozan de los mismos derechos humanos. Y, por lo tanto, deben tener todos sus derechos humanos garantizados. En este punto, el simple hecho de tener una discapacidad se convierte en algo de carácter ético y filosófico, para adquirir un status o estándar moral, donde toda persona sin importar su discapacidad, gozará de la misma condición de dignidad y humanidad, por lo tanto, todo acto de discriminación deberá ser considerado como una violación a los derechos humanos de las personas con discapacidad. [6]

### **2.2.3. Tipos de discapacidad**

Según la OMS, se clasifican en:

#### **2.2.3.1. Tetraplejía**

Daño producido en la medula espinal, específicamente en alguna de las vértebras cervicales, en especial de quinta a séptima o por alguna enfermedad que logre afectar a las neuronas motoras, lo que produce parálisis total o parcial de los miembros superiores e inferiores. Aunque, comúnmente se debe a un traumatismo. [7]

#### **2.2.3.2. Paraplejía**

Es el daño producido como consecuencia de una lesión medular a partir de la región dorsal y/o lumbar, afectando a los miembros inferiores, es decir, a las piernas. El daño puede ser total o parcial de la motricidad de ambos miembros inferiores. [7]

#### **2.2.3.3. Hemiplejía**

Es la consecuencia de una lesión que afecta a un hemisferio cerebral y que causa parálisis del brazo y piernas contrarias al hemisferio dañado, donde es muy frecuente que se afecte a la mitad de la cara. [7]

#### **2.2.3.4. Monoplejía**

Es una afectación poco frecuente, pero que solo daña a un miembro. [7]

### **2.2.4. Grados de discapacidad**

La discapacidad física se puede dividir en 3 grados:

#### **2.2.4.1. Leve**

Se presenta alguna dificultad para poder realizar las actividades cotidianas. Sin embargo, pueden ser independientes y no requerir de apoyo de terceros, superando las dificultades del entorno. [8]

#### **2.2.4.2. Moderada**

Aquí presentan una disminución o imposibilidad importante de su capacidad para lograr realizar la mayoría de las actividades cotidianas, donde llegan a

necesitar apoyo en las labores básicas para llevar a cabo su autocuidado. Se superan solo algunas dificultades del entorno. [8]

#### 2.2.4.3. Severa

Este grado indica que, para realizar las actividades cotidianas, necesita de una persona para lograrlo, la mayor parte del tiempo, incluso si se tuviera ayuda biomecánica no logra desarrollar una actividad sin la asistencia de un personal. [8]

### 2.3. Bases teóricas

La aplicación de las fórmulas de la Estática, Mecánica de Materiales y Elementos de Máquina serán útiles para poder determinar las fuerzas requeridas en los apoyos y los diferentes elementos estructurales que conformarán la grúa móvil, con el fin de poder seleccionar de manera adecuada el material de diseño.

#### 2.3.1. Ecuaciones de diseño

##### 2.3.1.1. Ecuaciones de Estática

Para determinar las fuerzas y momentos de una armadura o estructura, es necesario utilizar las ecuaciones de la estática [9]. Para el equilibrio estático se utilizan las ecuaciones siguientes:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \quad \dots (1)$$

$$\Sigma \vec{M} = 0 \quad \dots (2)$$

##### 2.3.1.2. Esfuerzo normal

Representación de la distribución de fuerza normal en un área determinada, dato de importancia para el diseño mecánico [9]. Se llama esfuerzo de tensión si la fuerza normal jala al elemento y de compresión si empuja al elemento. Se obtiene con la ecuación:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \dots (3)$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo normal.

F: Fuerza normal al área transversal.

A: Sección transversal donde actúa la fuerza.

### 2.3.1.3. Esfuerzo cortante

La intensidad de la fuerza, o fuerza paralela al área determinada. La ecuación siguiente sirve para calcularlo. [9]

$$\tau = \frac{V}{A} \quad \dots (4)$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante.

V: Fuerza paralela al área transversal.

A: Sección transversal.

### 2.3.1.4. Esfuerzo Admisible o de diseño

Para un adecuado diseño mecánico o estructural, es muy importante añadir un factor de seguridad, de forma de limitar dicho esfuerzo para evitar que falle el elemento en cuestión. [9]

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_y}{FS} \quad \dots (5)$$

Donde:

FS: Factor de seguridad.

$\sigma_{adm}$ : Esfuerzo admisible.

$\sigma_y$ : Esfuerzo de fluencia.

### 2.3.1.5. Sección para elemento estructural

Para poder seleccionar la sección más adecuada. Partiremos de la siguiente ecuación [10]:

$$A = \frac{F}{\sigma_{adm}} \quad \dots (6)$$

Donde:

A: Sección para una viga.

F: Fuerza aplicada en el elemento estructural.

$\sigma_{adm}$ : Esfuerzo admisible.

### 2.3.1.6. Esfuerzo cortante doble

El esfuerzo cortante doble promedio, se calcula con la fórmula [11]:

$$\tau = \frac{V}{2A} \quad \dots (7)$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante promedio en la sección.

V: Fuerza cortante interna resultante en la sección determinada.

A: Área de la sección.

### 2.3.1.7. Cálculo del diámetro para pasadores

Para determinar el diámetro de los pasadores, será necesario utilizar la ecuación [11]:

$$\phi = \sqrt{\frac{2F}{\pi\tau_{adm}}} \quad \dots (8)$$

### 2.3.1.8. Peso de un elemento

Para poder calcular el peso de un elemento definido, es necesario conocer la masa y la aceleración de la gravedad [11]. La ecuación descrita a continuación sirve para poder calcular el peso de un elemento en cuestión.

$$W = m \cdot g \quad \dots (9)$$

Donde:

W: Peso del elemento.

m: Masa del elemento.

g: Aceleración de la gravedad.

### 2.3.1.9. Módulo de sección

Para poder dimensionar los elementos de una viga, considerando el máximo momento, se utiliza la siguiente ecuación. [11]

$$S = \frac{M_{\text{máximo}}}{\sigma_{\text{adm}}} \quad \dots (10)$$

### 2.3.1.10. Cálculo para elementos de soporte en pasador

Los elementos de soporte para los pasadores, necesitan medidas adecuadas para poder trabajar correctamente, para ello se hace uso de la siguiente ecuación [11]:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{F}{2\pi \cdot \emptyset \cdot e} \quad \dots (11)$$

Donde:

$\emptyset$ : Diámetro de la sección transversal.

e: Espesor del elemento.

### 2.3.2. Pandeo de columnas

En consideración con [11], es necesario tener en consideración el análisis de pandeo de columnas para realizar cualquier diseño que involucre columnas.

#### Carga crítica

Al diseñar un elemento estructural, es importante que cumpla con los requerimientos de resistencia, estabilidad y deflexión. Cuando un elemento soporta cargas de compresión y considerando que estos son demasiado largos y delgados, dicha fuerza puede llegar a ser lo suficientemente grande para lograr que experimente deformación lateral o se ladee. Es decir, dichos elementos delgados y largos que experimentan cargas de compresión axial se llaman columnas, y la deformación lateral que se genera es llamado pandeo. Es frecuente, que dicho pandeo puede lograr que la columna falle de manera repentina y dramática en un mecanismo o estructura, por lo cual, es necesario prestar mucha atención al momento del diseño de las columnas con el propósito que puedan aguantar con total seguridad dichas fuerzas previstas sin que ocurra el pandeo. En la Fig. 1 se observa la carga crítica que puede soportar una columna sin pandearse.

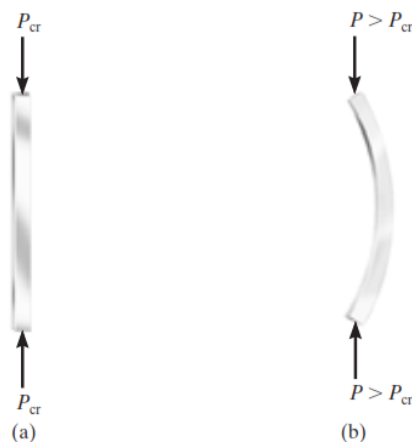


Fig. 1. Carga crítica en columna. [11]

### Criterio para determinar el pandeo

Se deben considerar dos criterios al momento de determinar si ocurre el pandeo en una columna, los cuales son:

$$P < \frac{kL}{4}$$

Cuando se da esto, la columna se encuentra en equilibrio estable.

$$P > \frac{kL}{4}$$

Cuando ocurre esto, la columna se encuentra en equilibrio inestable.

Cabe precisar, que  $P$  viene a ser la carga vertical aplicada a la columna,  $k$  es la constante de rigidez del material seleccionado y  $L$  viene a ser el largo o longitud de la columna.

Entonces, la carga crítica viene a ser:

$$P_{cr} = \frac{kL}{4}$$

### 2.3.3. Grúas para personas con discapacidad motriz

Se define grúa como una máquina empleada para elevar y transportar carga de un lugar a otro. Se puede movilizar la carga verticalmente dependiendo de la longitud del mástil y horizontalmente dependiendo del brazo de la grúa. Para esto se usa un gancho en el extremo de la grúa para fijar ahí la carga a trasladar por el aire. Existen diferentes tipos de grúas usadas para el traslado y posicionamiento de personas que

no pueden moverse por sí solas, su sistema está diseñado para proporcionar seguridad, comodidad y facilidad de adquisición para las personas que necesitan adquirirlas. [12]

Se puede adquirir una de estas grúas haciendo la importación de otros países, variando su precio según la marca o características de la grúa, dependiendo de las características que desee el usuario y/o el lugar donde se va a emplear, por este motivo se clasificará a las grúas en dos tipos: grúas móviles y grúas fijas. Para el uso de este tipo de grúa se emplea un arnés para poder trasladar al paciente. Según el tipo de dolencia o discapacidad se emplea un determinado tipo de arnés. [12]

### **2.3.3.1. Grúa fija**

Sirven para movilizar al paciente de cama a silla de ruedas y viceversa, el problema es que se fija en un solo punto, sin poder usarse para transporte a otro lugar.

Son fijadas una sola vez para su uso continuo. La utilidad es que ocupa poco espacio y por ese motivo es que son usadas de forma idónea en cuartos o recamaras con espacios reducidos, sin embargo, este tipo de grúa tiene la limitante que la mayoría de ellas solo se pueden trasladar pacientes en la posición de sentado o semi acostado, debido a que están empotradas junto a la pared y la cama, no hay espacio suficiente para que la persona pueda ser trasladada recostada o trasladado en camilla. [13]

#### **2.3.3.1.1. Grúa empotrada en piso**

En la Fig. 2 se observa un tipo de grúa que se encuentra empotrada a la pared y el piso, cerca al espaldar de la cama o camilla del paciente, su costo es menor, pero impide el traslado de la grúa, delimitando así su uso para un solo paciente. Su uso se hace necesario si el paciente tiene discapacidad motriz permanente, debido a no ser movable la grúa esta no puede ser usada por dos personas a la vez y según el espacio en donde este la grúa no puede trasladar pacientes que necesiten que su traslado sea semi acostado o acostado totalmente en un arnés, delimitando así su uso en pacientes que no necesiten ser trasladados en forma horizontal. [14]

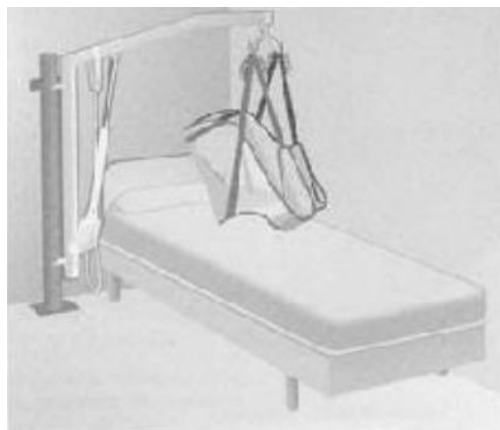


Fig. 2. Grúa fija empotrada en piso. [14]

#### 2.3.3.1.2. Grúa de piscina

En la Fig. 3 se puede observar una grúa que se encuentra empotrada en el piso, está diseñada para ingresar a la persona a la piscina para procesos de rehabilitación. Su uso en la mayoría de ocasiones es hospitalario por el mismo hecho de que se emplea para rehabilitación, la grúa debe contar con un acabado especial para evitar corrosión del material. Debe estar separado de los pasamanos de la piscina para evitar choques del usuario. El piso junto a la grúa debe ser con un coeficiente de rugosidad alto para poder maniobrar la silla de ruedas con seguridad y que el operador pueda trasladarse sin ningún problema. [15]



Fig. 3. Grúa para piscina. [15]

#### 2.3.3.1.3. Grúa para techo

En la Fig. 4 se puede observar claramente que se debe instalar un riel para poder sujetar el sistema de la grúa y pueda trasladarse por todo lugar donde

se encuentre el riel. Esta debe ser posicionada estratégicamente debido a que solo podrá seguir el camino trazado. Este tipo de grúa conlleva un gasto extra debido a que se tiene que acondicionar el techo para su uso. Su acceso se limita a la recámara del paciente, caso contrario se debe eliminar marcos de puertas y su acceso en ascensores es imposible. [16]



Fig. 4. Grúa para techo. [16]

### 2.3.3.2. Grúa móvil

Consta de ruedas en su base para poder desplazarse en los ambientes del hospital. Se debe contar con mínimo espacio para poder trasladarse, y sirven para transportar pacientes en diferentes condiciones como cama a cama, cama a silla de ruedas y cama a baño, este tipo de grúas son más usadas debido a que pueden ser empleadas por más de una persona. Dependiendo de las marcas existentes, en el mercado se pueden encontrar de múltiples precios dependiendo del peso a soportar, materiales utilizados y arreglos extras. [17]

#### 2.3.3.2.1. Grúa para arnés

En la Fig. 5 se puede observar una grúa para colocar un arnés, su uso es para trasladar pacientes de la cama o camilla a la silla de ruedas y viceversa, dependiendo de la enfermedad o discapacidad, se utiliza un arnés diferente. La grúa cuenta con un mando para bajar o subir el brazo superior horizontal a diferentes alturas evitando así choques con objetos en la recámara, consta en sus ruedas traseras con frenos para poder posicionar al paciente en la grúa sin ningún riesgo. [18]



Fig. 5. Grúa para Arnés. [18]

#### 2.3.3.2.2. Grúa de camilla

En la Fig. 6 se usa si el traslado del paciente debe ser en forma horizontal, para cambiar de cama a camilla y viceversa. Se usan en lugares amplios debido a que la camilla debe girar en posición horizontal, posee frenos en las ruedas traseras, esto evitar riesgos en pisos con pendiente. Este tipo de grúa es más de uso hospitalario debido a que es aquí donde más se necesita trasladar pacientes en forma horizontal, su diseño es más robusto para soportar grandes cargas, debido a que en ellas también se pueden trasladar mujeres embarazadas. [19]



Fig. 6. Grúa para Camilla. [19]

#### 2.3.3.2.3. Grúa de baño

En la Fig. 7 se puede observar que tiene un apoyo en el mástil para proporcionar un soporte mayor a la persona discapacitada al momento de ir hacer sus necesidades cotidianas. El arnés se usa en la espalda y por debajo de los brazos para dejar libre las sentaderas de la persona, este tipo de grúa se usa dependiendo de la enfermedad o discapacidad que tenga la persona para que no afecte su estado de salud. Su mástil es más corto de lo normal debido a que la persona va semi vertical. [20]



Fig. 7. Grúa para baño. [20]

#### 2.3.3.3. Actuador lineal

Del tipo eléctrico, sirve para convertir el movimiento de rotación de un motor a corriente continua de tensión baja en movimiento lineal, traducido, movimientos de empuje y halado. [21]

Gracias a este actuador, se tiene la posibilidad de poder elevar, inclinar, ajustar, empujar o halar pesados objetos o difíciles de alcanzar, gracias a la ayuda de un botón. Instalar un actuador es simple y fácil, comparado con los sistemas hidráulicos y el espacio que requieren es mucho menor, ya que carece de mangueras o bombas. [22]

#### 2.3.3.4. Microcontroladores PIC

Prácticamente es un circuito integrado programable, en su interior tiene todos los elementos de una computadora. Sirve para monitorear el funcionamiento de una tarea específica, es de tamaño compacto y reducido, y generalmente viene

dentro del aparato al cual controla. Por esta característica es que se le llama controlador incrustado. [23]

Se dice que es un aparato electrónico encapsulado dentro de un circuito de nivel alto de integración. Son muy usados, lo que es fácil de conseguir en el mercado en diferentes marcas y fabricantes. [24]

Es una computadora dedicada, ya que en su memoria solo se almacena un programa destinado para controlar y monitorear una aplicación en específico; sus líneas de entrada y salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del aparato a controlar, para ello, todos los recursos complementarios que estén disponibles tendrán la exclusiva tarea de priorizar sus requerimientos. Cuando se programa y configura el microcontrolador, solo servirá para controlar la tarea encomendada. [23]

#### **2.3.3.5. Fuente de energía eléctrica**

En la Fig. 8 se puede observar la fuente de energía; es el dispositivo con la responsabilidad de generar el voltaje y corriente suficientes para que funcione el circuito y así pueda funcionar todo el conjunto de dispositivos que lo conforman. [25]

Las baterías y los generadores pueden considerarse aproximaciones de fuentes de tensión ideal. [26]

Una batería contiene diferentes elementos químicos que se transforman en energía eléctrica para su uso. Las más empleadas y conocidas son las de plomo-ácido, níquel-hierro, níquel-cadmio, níquel-hidruro metálico, iones de litio, polímero de litio. Por este motivo, en la actualidad se encuentra una amplia gama de fuentes eléctricas (pilas, baterías), todo depende de la aplicación, encontrándose fuentes recargables y no recargables, a distinta tensión y amperaje. [26]



Fig. 8. Baterías. [27]

### 2.3.3.6. Sistema de control

La Fig. 9 muestra un ejemplo de proceso de control automático. Es una interconexión de diferentes elementos para formar una determinada configuración de sistema. Un sistema o componente del sistema susceptible de ser controlado, al cual se le aplica una señal  $r(t)$  de entrada para obtener una respuesta o salida  $y(t)$ , puede representarse mediante bloques. Se pueden clasificar en dos tipos: lazo abierto o no automático y de lazo cerrado o automático. Para controlar la salida se debe tomar en cuenta qué señal es la que está ingresando al sistema por eso se da una salida proporcional a la entrada deseada. [28]

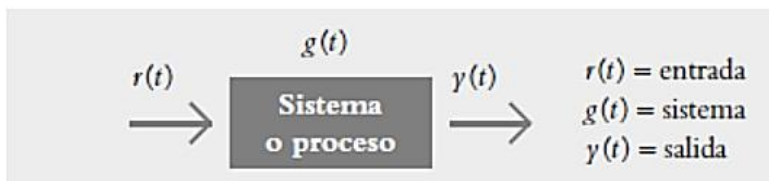


Fig. 9. Proceso de control. [28]

#### 2.3.3.6.1. Sistema de control de lazo abierto

Este tipo de sistema, la acción del control es independiente de la salida. Prácticamente se hace uso de un actuador o regulador con el propósito de producir una respuesta específica. Por lo general los sistemas de lazo abierto tienen como control el ajuste de tiempo de activación del sistema; un ejemplo claro se puede observar en la Fig. 10 en una tostadora donde se ajusta el tiempo que se quiere que el pan se tueste. [28]

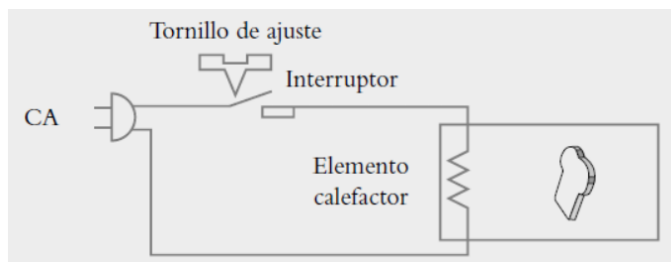


Fig. 10. Control de lazo abierto. [28]

#### 2.3.3.6.2. Sistema de control de lazo cerrado

Este sistema se caracteriza porque la acción de control es dependiente de la salida. Este utiliza un sensor para detectar la respuesta en tiempo real para compararla y luego crear una referencia a manera de entrada. También por eso se les denomina sistemas retroalimentados. Ya que retroalimentar es lo mismo que decir comparar; es decir, se comparan la salida real respecto al El término *retroalimentar* significa comparar; en este caso, la salida real se compara con respecto proceso que se desea, de tal manera que, si el sistema lo requiere, se puede aplicar una acción de corrección encima del proceso por controlar. [28]

El controlador PID es la solución más común a los problemas prácticos de control. [29]

En la Fig. 11 se observa un tostador automático, ya que tiene un sensor para determinar cuándo el pan está listo, independientemente del tiempo que transcurra.

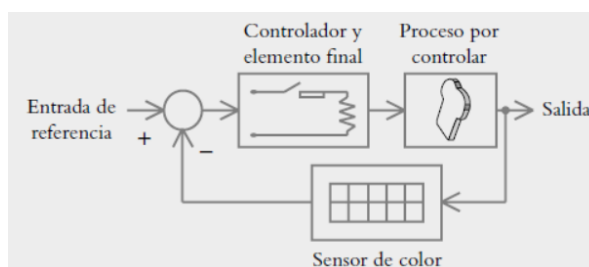


Fig. 11. Control de lazo cerrado. [28]

#### 2.3.4. Ingeniería de factores humanos

Como su nombre lo indica, es el estudio entre la correlación hombre a máquina, donde es una ciencia aplicada que clasifica el diseño de aparatos, sistemas y

condiciones físicas de trabajo con los requerimientos y capacidades para el trabajador. [10]

Donde se quiere que los aparatos cuenten con una ergonomía buena, esto es, que el aparato se adapte al hombre y no al contrario. La información que se necesita para cualquier problema de diseño de máquina parte desde las longitudes del cuerpo humano y su distribución sobre la población por género y edad, además de la destreza del cuerpo humano para sostener aceleración en distintas posiciones. Varios de estos modelos se desarrollaron por el gobierno, con la regularidad que prueba la capacidad de la milicia para aguantar condiciones extremas ambientales. Entonces como parte de cualquier investigación, debe ser de prioridad para cualquier diseño mecánico, debe incluir sobre investigación de factores humanos. [10]

Para poder calcular las fuerzas, esfuerzos, deformaciones, entre otros factores, nos apoyaremos de los principios básicos de la estática para el diseño. Además, de utilizar, la mecánica de materiales, una rama de la mecánica, centrada en estudiar los efectos internos entre esfuerzo y deformación en un cuerpo solido sometidos a cargas o fuerzas externas. Con esto definiremos además el material adecuado de acuerdo a los resultados obtenidos de los cálculos, para seleccionar el material más adecuado que cumpla con los requisitos de diseño y sostenibilidad, además de ser económico. Es por eso que usaremos estos principios para poder diseñar un dispositivo que sea rígido y que, además no falle a la hora de hacer las pruebas de funcionamiento. [11]

#### **2.4. Hipótesis**

El diseño de una grúa móvil mejora significativamente en el traslado de personas con discapacidad motriz del área de Traumatología del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo.

A continuación, se muestra la matriz de consistencia.

Tabla 1: Matriz de Consistencia

<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>
¿De qué manera influye el diseño de la grúa móvil en el traslado de personas con discapacidad motriz en el área de traumatología?	- Evaluar de qué manera influye el diseño de la grúa móvil en el traslado de personas con discapacidad motriz del área de traumatología del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo.	- El diseño de una grúa móvil influye significativamente en el traslado de personas con discapacidad motriz del área de Traumatología del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo.	<p><b>Primera variable</b> Traslado (V. Independiente)</p> <p><b>Segunda variable</b> Diseño (V. Dependiente)</p>
<p><b>Problemas específico 1</b> ¿Qué características relevantes posee el traslado de personas con discapacidad motriz para el diseño de la grúa móvil?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO 1</b> ✓ Identificar las características relevantes sobre el traslado de pacientes con discapacidad motriz del área de traumatología.</p>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICA 1</b> ✓ Se obtendrán las características relevantes respecto al traslado de pacientes con discapacidad motriz del área de traumatología.</p>	<p><b>ENFOQUE MIXTO</b> (Cualitativo y cuantitativo)</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> descriptiva y no experimental</p>
<p><b>Problema específico 2</b> ¿Cuáles son las características principales que se deben tener en cuenta para el diseño de la grúa móvil?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO 2</b> ✓ Identificar las principales características que influyen para el diseño de la grúa móvil.</p>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICA 2</b> ✓ Se detallan las principales características que influyen para el diseño de la grúa móvil.</p>	<p><b>INSTRUMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrevista a grupos de profesionales que atienden a personas con discapacidad motriz.</li> <li>- Análisis de contenido (libros, tesis, informes, revistas, páginas web).</li> <li>- Software especializado</li> </ul>
<p><b>Problema específico 3</b> ¿Cuáles son las dimensiones de los elementos estructurales y componentes del sistema de control para la grúa móvil?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECIFICO 3</b> ✓ Dimensionar los elementos estructurales y a su vez los componentes del sistema de control de para la grúa móvil.</p>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICA 3</b> ✓ Las dimensiones de los elementos estructurales son los adecuados y los componentes del sistema de control cumplen con el fin requerido.</p>	<p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>Todos los pacientes del área de traumatología con discapacidad motriz del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo</p>
<p><b>Problema específico 4</b> ¿Cumplirá el diseño de la grúa móvil con las especificaciones requeridas?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO 4</b> ✓ Evaluar el diseño de la grúa móvil para corroborar si cumple con las especificaciones requeridas.</p>	<p><b>HPOTESIS ESPECIFICA 4</b> ✓ Con el uso de software especializado se evalúa el diseño de la grúa móvil para demostrar que cumple con las especificaciones requeridas.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

## **2.5. Operacionalización de variables**

### **2.5.1. Variable dependiente**

Diseño de Grúa móvil.

### **2.5.2. Variable independiente**

Traslado de personas con discapacidad motriz.

En la Tabla 2 mostrada a continuación se detallan estas variables.

Tabla 2: Operacionalización de las variables para el desarrollo de la investigación

Variable	Definición conceptual	Instrumentos	Indicadores	Unidades
<b>Variable independiente</b> Traslado de personas con discapacidad motriz	Es la acción de llevar a una persona de un lugar a otro, pero considerando las condiciones limitantes debido a la condición física de una persona.	Cuestionario. Ficha de observación.	Arquitectura de los ambientes. Velocidad de la grúa. Radio de Giro. Fuerza de rozamiento. Fuerza para mover la grúa. Ancho y altura de puertas.	Metro (m). Metro/segundo (m/s). Metro (m). Newton (N). Newton (N). Metro (m).
<b>Variable dependiente</b> Diseño de Grúa móvil	Aparato electromecánico que sirve de ayuda para trasladar a personas con discapacidad motriz para de alguna forma mejorar su calidad de vida. Cuenta con un actuador para el levantamiento de dichas personas.	Uso del software SOLIDWORKS. Hojas de cálculo MS Excel. Software MD Solids.	Peso del paciente. Fuerzas internas. Diagrama de Fuerza Cortante. Diagrama de Momento Flector. Sección transversal. Esfuerzo normal. Esfuerzo cortante. Momento. Deformaciones en los elementos. Factor de seguridad.	Newton (N). Newton (N). Newton (N). Newton.metro (N.m). Metro <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ). Pascal (Pa). Pascal (Pa). Newton por metro (N.m). Milímetro (mm). Adimensional.

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO III

### III. Metodología

#### 3.1. Enfoque y diseño de la investigación

El enfoque para desarrollar el proyecto de investigación será:

##### **Enfoque Mixto:**

Este tipo de enfoque, integra tanto al cualitativo como al cuantitativo.

En el tipo de Investigación se utilizará:

##### **Investigación Descriptiva:**

Debido a que detalla las propiedades y/o características de un sujeto, objeto o situación en específico, sin emplear algún tipo de juicio y en esencia procura de niveles altos de objetividad.

##### **Investigación No Experimental:**

Se caracteriza porque no se manipulará ninguna de las variables involucradas, sino que se utilizaran conforme se presenten en su contexto real.

En lo que respecta al diseño, tenemos:

##### **Diseño Mecánico:**

Utilizando las teorías de la Estática, Mecánica de Materiales, Elementos de Máquinas, entre otras materias pertenecientes a este campo, utilizando fórmulas, ecuaciones y bibliografías importantes para el desarrollo de este proyecto de investigación. Además de considerar ciertos aspectos de carácter ergonómico y mecánico para dar solución al diseño de la grúa móvil, determinando las dimensiones necesarias para la grúa para su fácil traslado en centros hospitalarios. Se considerarán diferentes alternativas de solución, con la finalidad de poder determinar la que mejor se adecue al diseño con los requerimientos ergonómicos y de espacio disponibles.

Un dato importante para poder seleccionar adecuadamente el material que conformara la estructura de la grúa es el límite de fluencia, aparte de ser de uso comercial, es decir, fácil de obtener en el mercado, también debe ser capaz de soldarse de forma fácil, con el fin de reducir y optimizar costos en la mano de obra a la hora de ensamblar el conjunto.

Finalmente, se considerará una carga crítica total de 170 kg a cargar por la grúa, dato importante para dimensionar la geometría y espesor de las vigas que conformaran la grúa móvil, teniendo en consideración que estará en movimiento, lo cual puede provocar en el transcurso del traslado, el efecto péndulo, generando torsión en los elementos de la grúa.

En el diseño mecánico se incluirán los planos, donde se podrán visualizar la manera de cómo se debe ensamblar la grúa, los materiales y demás características necesarias.

#### **Diseño Electrónico:**

Para poder diseñar el sistema de control o electrónica para el actuador a seleccionar, se debe considerar la carga a soportar, la tensión a utilizar y la corriente de diseño. Además, para darle mayor valor al diseño se evaluará la opción de agregar componentes que puedan hacerla más funcional y útil. Incluyendo la programación que sirva para poder accionar todo el sistema de control desde una caja de control o por medio de una aplicación que por vía Bluetooth pueda enviar información a un smartphone.

A la vez se determinarán los componentes adecuados para la grúa, considerando disponibilidad y precios en el mercado.

#### **3.1.1. Esquema de investigación**

Para poder seguir una secuencia correcta para el diseño de la grúa móvil para personas con discapacidad motriz, se presenta el siguiente esquema para tal fin.

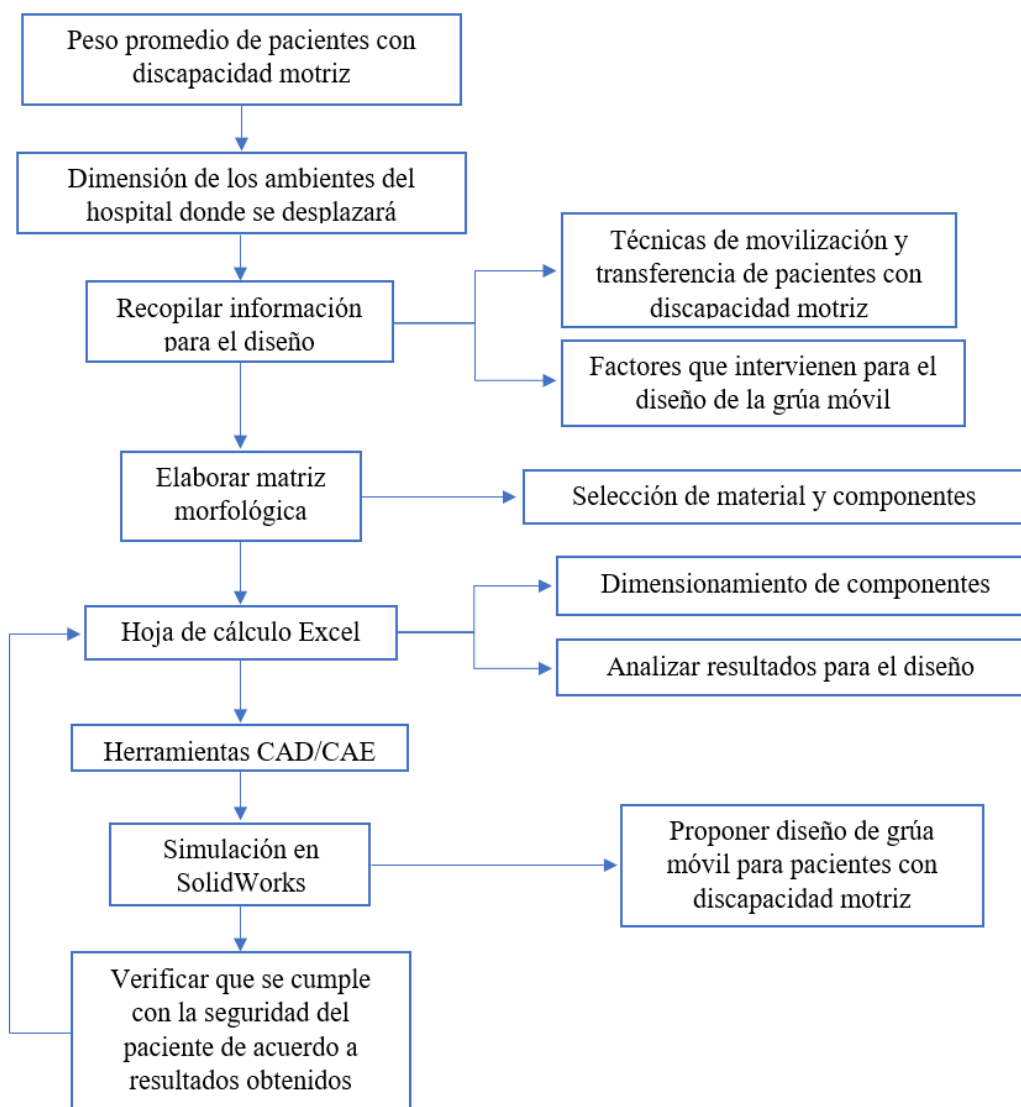


Fig. 12. Esquema para el diseño de la grúa móvil.

### 3.2. Sujetos de la investigación

La población de estudio está conformada por los pacientes del área de traumatología del HNAAA.

La muestra de estudio serán los pacientes con discapacidad motriz del área de traumatología del HNAAA.

### 3.3. Métodos y procedimientos

Los métodos y procedimientos se detallan a continuación:

## Métodos

### Entrevista

Este método servirá para obtener información y determinar lo que se necesita en el Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo para cubrir la necesidad en los pacientes con discapacidad motriz para su traslado y movilización, considerando la comodidad, confort y ergonomía para ellos, en el diseño de una grúa móvil.

### Observación Directa

También se obtendrá información respecto a las dimensiones de los lugares por donde circulará la grúa móvil para poder determinar la geometría y dimensiones adecuadas para su correcto funcionamiento.

### Análisis de Contenido

Servirá para obtener información de las diferentes bibliografías existentes sobre grúas móviles para personas con discapacidad motriz. Además de información referente sobre el personal encargado de operar la maquinaria, para poder diseñar la grúa móvil para una fácil operación y traslado.

### Procedimiento

Para poder llevar a cabo el desarrollo de esta investigación, se hizo uso del método deductivo, partiendo de las leyes físicas, de la resistencia de materiales y del análisis estructural, todo esto para poder calcular, dimensionar, seleccionar los materiales y equipos adecuados que conformarán la grúa móvil.

## 3.4. Técnicas e instrumentos

Conforme a los métodos empleados, se detallan las siguientes técnicas e instrumentos:

Tabla 3. Relación de técnicas e instrumentos

<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos</b>
Entrevista	Cuestionario
Observación Directa	Ficha de observación
Análisis documental o bibliográfico	Ficha de registro de datos o ficha bibliográfica

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV**

### **IV. Desarrollo y resultados**

#### **4.1. Características relevantes del traslado de pacientes con discapacidad motriz**

De acuerdo a los objetivos planteados, se empezó por recopilar información sobre la manera como se trasladan a personas con discapacidad motriz para posteriormente analizarla y usarla para el diseño de la grúa móvil, seguidamente se continua con la realización de una matriz morfológica para determinar la mejor opción de grúa, con el objetivo de poder satisfacer gran parte de las necesidades de dichas personas, es decir, que sea usada por personas con diferente discapacidad motriz. Se sabe que para poder trasladar a una persona con discapacidad motriz es necesario contar con personal adecuadamente calificado, pero no solamente eso, sino que también debe estar físicamente calificado, tener ciertas actitudes frente a circunstancias que podrían ocurrir que de alguna u otra manera pueden poner en juego la paciencia o el temperamento de dicho personal, además también debe tener actitud para el tipo de trabajo que va a realizar, con la finalidad de evitar accidentes para la persona discapacitada, evitando que pueda golpearse o sufrir algún tipo de daño físico. Pero no solo nos centramos en el paciente, sino también en el personal encargado de realizar dicho trabajo, porque también puede sufrir algún tipo de daño físico o emocional, debido que a veces para poder trasladar a una persona con discapacidad es necesario de varias personas, lo cual puede afectar la columna, ocasionando daño físico debido a que no se puede controlar la postura en cómo se debe cargar al paciente, y de una u otra forma, terminan con algún tipo de dolor, que en el mediano o largo plazo, trae consecuencias negativas en la salud del personal o camillero.

##### **4.1.1. Técnicas de movilización y transferencia**

La formación académica relacionada al manejo y cuidado de personas enfermas, toma más importancia en su formación sobre los futuros profesionales en los aspectos de carácter técnico respecto al tratamiento dado a los pacientes, pero se deja un poco de lado las materias básicas que en cierta manera son esenciales y que deberían tener mayor énfasis, como ejemplo, respecto a las técnicas de transferencia y movilización. [30]

Para aquellos futuros profesionales que no cuenten con la preparación adecuada y en donde el entorno de trabajo no está adaptado de manera adecuada a la fisiología humana, las técnicas de movilización y transferencia suponen en gran medida un riesgo muy alto respecto a los accidentes, donde se destaca los trastornos de aspecto muscular y esquelético, originados por la misma labor realizada, y al largo plazo conducen a una anomalía de forma invalidante con las consecuencias de una disminución del potencial físico del futuro profesional. [30]

Entonces, para el caso de los profesionales sanitarios o fisioterapeutas, que por su conocimiento y formación trabajan para dar soluciones ergonómicas y biomecánicas, para controlar y dar prevención a lesiones del sistema muscular y esquelético, resulta algo ilógico pensar que también son propensos a sufrir algún de estas lesiones derivadas de la misma labor que conllevan, como consecuencia de una inadecuada higiene postural o por ciertos factores de riesgo ergonómicos debido al repetitivo trabajo y su intensa labor física. [30]

Es por esto que es importante e imprescindible tomar medidas preventivas a lo largo de los años de su formación como Fisioterapeutas, con el fin de que los futuros profesionales logren ejecutar su trabajo con competencias propias del ejercicio con eficacia y eficiencia, con efectividad para así evitar la discapacidad. [30]

#### **4.1.1.1. Movilización**

Este movimiento se realiza sobre la misma superficie donde reposa el paciente, lo que implica una variación de posición o de situación, como ejemplo, sentarse en la cama. Estas son:

##### **Activas**

Estas las puede realizar el paciente por sí solo, siempre y cuando bajo la responsabilidad de un profesional.

Aquí se pueden mover articulaciones como músculos o zonas corporales. Para llevarla a cabo pueden utilizarse distintos dispositivos, como pesas, poleas, fajas, etc.

## **Pasivas**

Son ejecutadas por el profesional sanitario en los diferentes segmentos corporales. Esta se aplica para aquellos pacientes que de alguna manera no pueden ejecutar ningún tipo de esfuerzo.

### 4.1.1.1.1. Técnicas de movilización

Las técnicas más importantes de movilización en el sitio se dan en la cama o camilla. El giro del paciente es el de más importancia, porque es la base para los cambios posturales y además punto de partida para que el paciente pueda sentarse al filo de la cama. La recomendación es siempre comenzar con movilizaciones pasivas de las diferentes articulaciones como codos, hombros, rodillas, muñecas, tobillos, etc.; esto permite mejorar y mantiene las capacidades funcionales del paciente además sirve como un calentamiento para las siguientes movilizaciones que se vayan a llevar a cabo. [30]

#### **Cambio de decúbito supino a decúbito lateral**

El profesional se ubica en un lado de la cama, hacia donde se quiere girar al paciente, empieza girando la cabeza hacia el lado que se quiere para orientarlo. Enseguida, coloca las demás partes del cuerpo en la dirección del movimiento a realizar. [30]

#### **Pasos a seguir:**

- Se aleja del cuerpo el brazo más cercano.
- Se aproxima el brazo que está más lejos y se deja colocado encima del cuerpo del paciente.
- El miembro inferior más lejano se flexiona, este se deja ligeramente inclinado respecto al miembro inferior que está totalmente extendido, sino se puede flexar la rodilla, se debe cruzar la extremidad sobre la otra.



Fig. 13. Cambio de decúbito supino a decúbito lateral. [30]

Consecuentemente, la profesional sujeta con una de sus manos, la extremidad superior más lejana del paciente y la mano libre la lleva al glúteo del mismo lado y en seguida tira del paciente hacía sí mismo, donde finalmente queda el paciente en posición de decúbito lateral, gráficamente se resume en la Fig. 13. [30]

#### **Movilización hacia un lado de la cama**

Primero se divide en 3 segmentos el cuerpo del paciente: tronco, pelvis y miembros inferiores, y estos se movilizan por separado. El profesional se ubica de un lado de la cama, es decir, hacia donde quiere movilizar al paciente, siempre a la altura del segmento que se va a mover en ese instante y tratando de mantener siempre una postura dinámica. Para lograr movilizar el tronco, el profesional debe pasar sus brazos por debajo de las axilas del paciente, con el fin de poder sujetar la espalda del mismo. Seguidamente se desliza el tronco del paciente de la misma forma, hasta movilizarlo la distancia que se necesita. Se sigue los mismos pasos para movilizar los demás segmentos; para la pelvis se colocará los brazos debajo de los glúteos y para los miembros inferiores, los brazos irán debajo de las rodillas y al otro nivel de los gemelos, esto se aprecia en la Fig. 14. [30]



Fig. 14. Movilización hacia un lado de la cama de tronco, pelvis y miembros inferiores.  
[30]

### **Sentar al paciente al filo de la cama**

Para lograr esta movilización, el paciente debe estar en posición en decúbito supino, pero idealmente sería en decúbito lateral, porque así se hace más sencilla la técnica y se realiza menos esfuerzo para el profesional. Este mismo debe colocarse en lado hacia el que quiere sentar al paciente, siempre tratando de mantener postura dinámica, para colocar al paciente en decúbito lateral. Coloca sus brazos por debajo de la nuca del paciente para sujetarlo a la altura de la escápula y con el brazo libre agarra y sujeta los miembros inferiores a la altura de las rodillas, en tanto el paciente debe colocar su brazo libre encima del hombro del profesional. Al final, levanta y rota el cuerpo del paciente de un solo movimiento para que este quede sentado al filo de la cama. Ver Fig. 15. [30]



Fig. 15. Pasos para sentar al paciente al filo de la cama. [30]

### **Sentar correctamente al paciente en una silla**

Este tipo de movilización es muy frecuente, debido a que los pacientes al estar sentados son más propensos a deslizarse sobre la silla, esto provoca una postura incorrecta. Primero, el profesional flexa las rodillas del paciente y ubica los pies al mismo nivel (pies paralelos). Luego, se ubica detrás del paciente (separando los pies como si fuese a dar un paso) y cruza los brazos del paciente e introduce sus propios brazos por debajo de las axilas hasta poder sujetar con las manos al nivel de los codos. Al final, inclina al paciente hacia adelante y posteriormente tira de él para atrás, para poder dejarlo en la posición deseada y correcta. Ver Fig. 16. [30]



Fig. 16. Pasos a seguir para sentar correctamente al paciente en una silla. [30]

### **Sentar al paciente en el filo de la silla**

Es una movilización esencial para lograr una transferencia, por ejemplo: llevar al paciente de sedestación a bipedestación, llevarlo de la silla a la cama, etc. El profesional al comienzo debe alinear de manera correcta el cuerpo del paciente. Luego, debe ubicar por delante y sujetando con un brazo por la espalda y con el brazo libre debajo de la rodilla del lado opuesto, se debe inclinar al paciente hacia un lado y se moviliza hacia adelante la pierna contralateral. Finalmente, inclina al paciente hacia el lado opuesto y se repite la misma operación alternativamente hasta que el paciente quede al filo de la silla. Cabe recalcar que después de esta movilización y una vez ubicado el paciente, es necesario e importante que se tomen precauciones importantes; uno de ellos es realizar cambios posturales cada cierto intervalo de tiempo, poner almohadas o hacer realizar cualquier otra modificación solo para evitar y prevenir complicaciones como las úlceras debido a la presión. Ver Fig. 17 para mayor detalle. [30]



Fig. 17. Pasos para sentar al paciente en el filo de la cama. [30]

#### 4.1.1.2. Transferencia

Este tipo de movimiento se lleva a cabo de una superficie a otra. Debido a esto, conlleva un riesgo más alto para su ejecución porque implica un cambio en el plano de trabajo y superficie de apoyo, existiendo un momento donde el paciente y el profesional encargado están sin apoyo, lo cual puede provocar un daño más grave como una caída accidental del discapacitado al suelo; ahí radica la verdadera importancia de una verdadera y una adaptación adecuada del medio en que se llevan a cabo. [30]

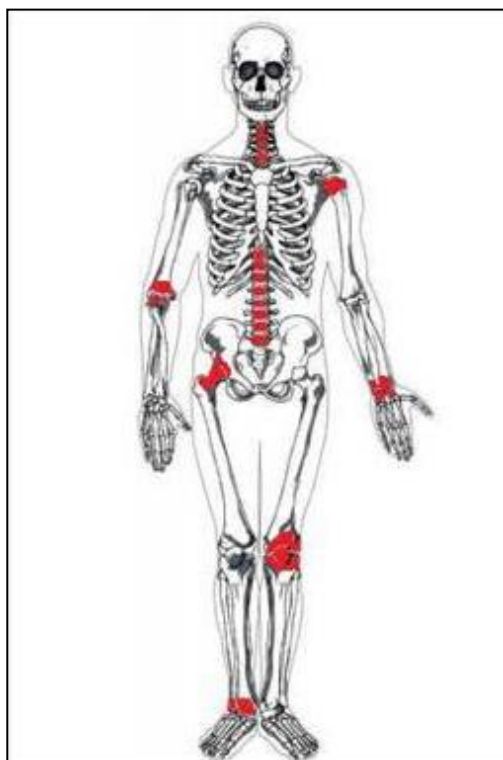


Fig. 18. Lesiones musculo-esqueléticas. [30]

Cabe indicar que la movilización y transferencia de personas con discapacidad o movilidad reducida, son actividades que son muy frecuentes en el sector hospitalario, geriátrico, centros de reposo, entre otros. Y que en cierta medida suponen una carga física realmente considerable para el personal de enfermería, que, si en el caso no está preparado o entrenado para ello, puede conllevar a provocarle importantes lesiones del tipo muscular y esquelético. [30]

El conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de tendones, músculos articulaciones y nervios que se focalizan principalmente en hombros, cuello, codos, muñecas, manos y columna vertebral, donde los diagnósticos más frecuentes son tendinitis, tenosinovitis, síndrome del túnel carpiano, contracturas, mialgias, y en mayor importancia, las raquialgias. [30]

El dolor de espalda, es el principal trastorno que afecta al personal sanitario; por consecuencia de una mala realización de levantamientos inadecuados e incorrectos, excesiva carga, posturas adoptadas de forma inadecuada tanto al realizar las movilizaciones como al desempeñar tareas estáticas, es decir, una acumulación de pequeños microtraumatismos que por el momento son desapercibidos pero que se le debe dar la importancia que se merecen por sus implicancias en la salud del personal sanitario a largo plazo. [30]

#### 4.1.1.2.1. Técnicas de transferencia

Existen muchas técnicas, pero solo se detallarán las más usadas, además de que todas ellas en realidad son variantes de 3 movimientos básicos que son los que tienen importancia aprender, con el fin de adaptarlos al momento que se tenga que utilizar. Se detallan a continuación [30]:

##### **Pasar de la posición de sentado a bipedestación**

Para llevar a cabo esta transferencia, debe estar sentado el paciente y lo más cerca posible del borde, adicionalmente debe tener los pies bien apoyados sobre el suelo, en un asiento duro y lo suficientemente alto. [30]

El profesional se ubica delante del paciente, siempre con su espalda recta y las piernas en posición como para dar un paso (una pierna del profesional debe estar entre las piernas del paciente y la otra debe estar hacia atrás flexionando las rodillas), luego le abraza la espalda al paciente con sus brazos

a la altura de la cintura y el paciente debe apoyar sus brazos en los hombros del profesional. Para finalizar y mantener siempre la postura, se debe inclinar el tronco del paciente hacia delante para después levantarlo hacia arriba con la finalidad de colocarlo en bipedestación. Ver Fig. 19. [30]



Fig. 19. Pasos a seguir para pasar de la posición de sentado a bipedestación. [30]

Para aquellos pacientes que puedan mantenerse en posición recta por sí solos, las presas se cambian, como en puede apreciar en la Fig. 20.



Fig. 20. Cambio de paso para pacientes que pueden estar en posición recta. [30]

### **Pasar de la bipedestación a la posición de sentado**

Es igual a la anterior, solo que los pasos se realizan de forma inversa.

Lo que cambia es la dirección del desplazamiento, esto es, se parte de la bipedestación donde el profesional inclina el tronco del paciente para adelante

y luego lo mueve hacia atrás para finalmente dejarlo en posición de sentado sobre el asiento. Cabe indicar que el paciente está de espaldas hacia el asiento, esto puede generar algo de inseguridad, es por eso que el profesional debe caminar hacia atrás con él hasta que las piernas toquen el filo del asiento, hay es cuando el paciente podrá tener seguridad se sentará sin ningún miedo. [30]

### **Pasar de una superficie a otra desde la posición de sentado**

En esta técnica, el paciente está sentado próximo al borde del asiento, y en lo posible que siempre tenga sus pies bien apoyados en el suelo y tener una posición estable. El profesional debe colocarse por delante del paciente en la posición como dar un paso, con uno de sus miembros inferiores entre los del paciente y el otro en dirección hacia atrás. Luego, abraza la espalda del paciente con ambos brazos y este debe agarrar al profesional para empezar el desplazamiento separándolo del asiento y elevándolo hacia arriba en tanto gira con los pies en la dirección al asiento que se desea transferir. El giro puede llevarse a cabo en bloque o por avances pequeños. Finalmente, una vez situado al frente del otro asiento, se inclina el tronco del paciente hacia adelante y luego para atrás hasta que quede totalmente sentado. Ver Fig. 21. [30]



Fig. 21. Secuencia de movimientos para pasar de una superficie a otra desde la posición de sentado. [30]

#### **4.1.1.3. Diferencias entre movilización y transferencia**

Cabe recordar las diferencias entre movilización y transferencia, además del riesgo que conlleva cada una de las diferentes actividades para poderlas ejecutar. [30]

#### 4.1.1.4. Principios básicos

La movilización y transferencia no debería ser una actividad agotadora, ni una fuente de lesiones y riesgos ni para el paciente ni para el personal de enfermería. Estos principios básicos se detallan a continuación:

##### 4.1.1.4.1. Adaptar el medio

En el entorno de trabajo se deben realizar los cambios suficientes y necesarios para hacer posible los desplazamientos, transferencias y movilizaciones, con esto se mejora la situación global del paciente, porque podría desplazarse y desenvolverse con más autonomía. Además de mejorar la situación del personal de enfermería, ya que podrá tener un mejor control sobre el paciente y poder llevar a cabo los cuidados y movilizaciones utilizando el mínimo esfuerzo posible, minimizando la probabilidad de lesionar o dañar al paciente y a él mismo. [30]

##### 4.1.1.4.2. Colaboración del paciente

Sin importar el grado de dependencia o patología, se debe permitir al paciente participar activamente, ya que esto permitirá que tenga mayor confianza en sí mismo, además de sentir cierta autonomía. [30]

##### 4.1.1.4.3. Orientar al paciente

La desorientación es una complicación asociada a la inmovilidad, y las causas son diferentes, aunque se pueden evitar usando tres medidas:

- Primero, para comenzar cualquier movimiento del paciente se debe indicar que mire o gire la cabeza en la dirección en que se va a girar o desplazar. El motivo es simple, ya que siempre que movemos nuestra cabeza en una dirección, es porque nos desplazaremos en esa dirección, es decir, nuestro cuerpo obedece a donde nuestra cabeza este direccionada. [30]
- Usar términos comunes y concretos para ambas personas, y no utilizar ciertas palabras que puedan resultar abstractas como derecha o izquierda sin que la lateralidad no esté bien definida. Por ejemplo, referencias concretas son: gire hacia la puerta, mire hacia el techo, etc. [30]

- Desplazar al paciente sobre una superficie de apoyo, ya que estos movimientos aportarán al paciente información sensorial y, por lo tanto, estos permitirán y ayudarán a que se oriente mejor en el espacio donde se encuentra desplazando. [30]

#### 4.1.1.4.4. Emplear un único Fisioterapeuta [30]

- Esto hará posible ejecutar el trabajo cuando no hay más que una persona disponible, debido a que no se cuenta con 2 o más profesionales.
- Además, la información mediada entre paciente y profesional será más clara de entender cuando solo proviene de una sola persona.
- Cuando se tienen 2 o más Fisioterapeutas existe una mayor probabilidad de ocasionar dificultades, para concentrarse solo en el paciente, debido a que muchas ocasiones y de alguna forma inconsciente las conversaciones se ven desviadas de la actividad que se está ejecutando.

#### 4.1.1.4.5. Basar la movilización en el contacto

Las manos del fisioterapeuta deben contactar con el cuerpo del paciente, esto es para indicarle en cada instante lo que debe hacer. Cuanto mayor sea esta superficie de la mano que hace el contacto con el paciente, la información será más clara y se minimiza el dolor. [30]

#### 4.1.1.4.6. Hablar poco

En realidad, para llevar a cabo todo el proceso de movilización, principalmente la información debe con el tacto. La información hablada que se le brinde al paciente debe ser breve, precisa, y, sobre todo, paralela y simultánea a la realización del movimiento. [30]

#### 4.1.1.4.7. Moverse simultáneamente y en dirección al desplazamiento

El Fisioterapeuta debe moverse de forma armónica paralelo con el paciente, de forma conjunta, y de esta manera se transmite mejor la información y sensación de movimiento de forma mutua y por otra parte se aprovecha la energía cinética, utilizando menos fuerza. [30]

#### 4.1.1.4.8. Postura del Fisioterapeuta

- Siempre mantener la espalda recta y vertical para que las cargas que actúan en ella se transmitan de forma homogénea, para así evitar contracturas musculares o cualquier otro tipo de trastorno en la columna vertebral del profesional. [30]

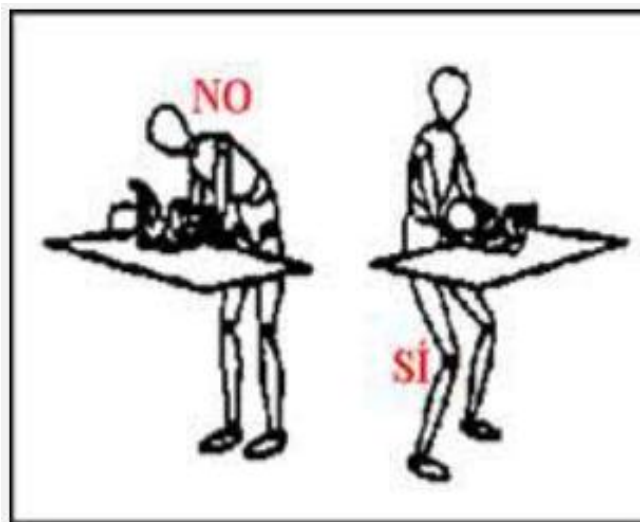


Fig. 22. Postura adecuada para el profesional. [30]

- Situarse en el lado hacia donde se va a desplazar al paciente.
- Separar los pies y tener uno ligeramente más adelante que el otro para proporcionar una buena base de apoyo para aumentar la estabilidad.
- Flexionar ligeramente las rodillas, y se aumentara la flexión o extensión según sea necesario ganar o perder altura.
- Y siempre, el profesional debe trabajar a una altura que sea aproximada a la altura del paciente.

#### 4.1.1.4.9. Movilizar imitando el movimiento del cuerpo humano [30]

Se debe observar primero como se mueve nuestro cuerpo para después intentar imitar esos movimientos con el paciente, siempre siguiendo los pasos o principios básicos mencionados con anterioridad.

#### 4.1.1.4.10. No mover todo el cuerpo a la vez

En ningún momento y bajo ninguna circunstancia se debe desplazar todo el cuerpo del paciente, sino que esto debe hacerse por partes, moviendo las

distintas regiones corporales más pesadas de poco a poco y siempre colocándolas en dirección al movimiento, de la misma forma no se debe desplazar toda la distancia en un solo único movimiento, sino avanzar poco a poco, en pequeños pasos en la dirección adecuada, así se moviliza al paciente haciendo uso del mínimo esfuerzo posible. [30]

#### 4.1.1.4.11. No levantar pesos

Al levantar peso, se requiere de más esfuerzo y el que mayor riesgo de lesión posee, tanto para el paciente como el profesional, por eso se debe evitar cargar con pesos levantando el cuerpo del paciente. [30]

#### 4.1.1.4.12. No hacer daño al paciente

La movilización y transferencia debe ser algo normal y común entre paciente y profesional, bajo ningún concepto debe ser un proceso doloroso o traumático para el paciente. Se debe tener cuidado con ciertas zonas del cuerpo que son especialmente sensibles al dolor y que por ende se debe evitar movilizar desde ellas, por ejemplo: el cuello, cintura, caderas y hombros, ya que estas zonas son las que permiten la movilidad corporal. La recomendación es movilizar desde la cabeza, tronco, brazos, piernas y pelvis, porque son zonas mucho más resistentes y con menos sensibilidad al dolor. [30]

#### 4.1.1.4.13. Mantener el cuerpo del paciente bien alineado

Si el cuerpo del paciente se encuentra bien organizado y alineado, se desplazará de forma vertical hacia la superficie de apoyo, donde el esqueleto es quien soporta todo el peso, y como los huesos están diseñados para esa función, el resto del organismo no tendrá que someterse a ningún sobreesfuerzo. [30]

### **Cuidados de Enfermería**

En el Anexo 14, se tiene el Instrumento para recolección de datos, tanto para el área de enfermería y para el paciente, el mismo que se usó para entrevistarlos y toda la información recolectada se resume a continuación:

**1. ¿Al iniciar la movilización de pacientes con discapacidad motriz coloca su cuerpo de manera adecuada?**

De acuerdo a la entrevista, el personal de enfermería indicó que todas las movilizaciones o traslados comúnmente se dan del momento, lo cual por lo general los lleva a adoptar posiciones incómodas para el cuerpo, más aún cuando se trata de pacientes con un peso de más de 90 kg.

**2. ¿Solicita ayuda de otras personas o colegas, cuando la movilización del paciente es riesgosa?**

Según el personal de enfermería, sí se necesita de ayuda para poder movilizar o trasladar a un paciente con discapacidad motriz, comúnmente las personas involucradas son la enfermera, el terapeuta y entre 1 a 2 familiares más, sumando en total de 3 a 4 personas.

**3. ¿Se favorece de algún MÉTODO mecánico de movilización para contrarrestar el sobre esfuerzo al movilizar a pacientes con discapacidad motriz?**

Llevar un protocolo para poder movilizar a los pacientes con discapacidad motriz, pero por lo general, no es fácil llevarlo a cabo, debido a que se cuenta con poco personal y que se dan del momento. En el HNAAA no cuentan con ningún equipo mecánico que ayude a movilizar o trasladar a pacientes con discapacidad motriz, indicando que todo lo realizan el personal del mismo hospital más los familiares del paciente.

**4. ¿Con que frecuencia realiza la movilización de pacientes con discapacidad motriz?**

Según el personal de enfermería, las veces se dan de acuerdo a la necesidad del paciente.

**5. ¿Algún aporte para corregir los procesos de movilización del paciente?**

Para poder ayudar a disminuir el esfuerzo que hace el personal de enfermería, necesitan de una grúa móvil, que serán de gran ayuda para la movilización de pacientes con discapacidad motriz, ellos comentan que en otros países si se cuenta con esos equipos y, por ende, les gustaría poder con algún tipo de estos equipos, los mismos que serán de gran utilidad y ayuda.

## **6. ¿Cuál es la frecuencia de pacientes con discapacidad motriz?**

La frecuencia de pacientes diariamente atendidos en el HNAAA, se dice que el 80% del total de personas que llegan, no pueden moverse, comúnmente son ancianos con una edad entre los 80 a 90 años, y la lesión más común es la fractura de cadera. pacientes q producto de algún accidente quedan con cuadriplejia, hemiplejia, monoplejía, tetraplejía son escasos, dándose entre 1 a 2 mensualmente. La permanencia de los pacientes con discapacidad motriz es de 10 a 25 días, dependiendo de la disponibilidad para una operación posterior para su mejora, lo cual puede disminuir o aumentar y pasar más de 25 días.

## **7. ¿Cuál es el rango de pesos de los pacientes con discapacidad motriz?**

El peso puede variar, llegando en algunos casos hasta un máximo de más de 100 kg.

### **Paciente**

#### **1. ¿Se siente cómodo cuando lo trasladan?**

En algunos casos pacientes manifestaron incomodidad por ser tan dependientes de otras personas para moverse, logran sentir inestabilidad, temor a movimientos bruscos en algunos casos.

#### **2. ¿Ha sufrido alguna lesión en el momento de su traslado?**

Algunos manifestaron que sentían dolor y debilidad y que recurrían a terceros para su acompañamiento a los SS.HH., lugar donde se incrementaban su temor de sufrir caídas.

De acuerdo a la información recopilada de los pacientes en el hospital, se clasifico las necesidades de los pacientes como se detalla a continuación en la Tabla 4, entendiendo que 3 es muy importante, 2 es importante y 1 es de poca importancia.

Tabla 4. Valor de importancia de acuerdo a las necesidades del paciente

Ítem	Necesidad	Importancia
1.1	Facilidad para su uso	3
1.2	Fácil desplazamiento de un ambiente a otro	2
1.3	Maniobrado por una sola persona	3
1.4	Mínimo esfuerzo para el profesional a cargo	2
1.5	Podrá cargar un peso de 170 kg máximo	3
1.6	Material adecuado y de confort para el paciente	2
1.7	Se moviliza de forma que no cause daños al paciente	3
1.8	Tiene estética el diseño	1
1.9	Material con resistencia adecuada	3
1.10	Costo menor comparado con otras grúas similares	2
1.11	Las medidas son adecuadas a los ambientes del hospital	3
1.12	No se requiere de especiales cuidados para limpiarse	2

Fuente: Elaboración propia.

### **Recopilación de información en el Área de Traumatología**

Para poder determinar la cantidad de pacientes que ingresan al área de traumatología con el fin de justificar la necesidad del uso de una grúa móvil para ayudar en el trabajo a la hora de atenderlos, en la Tabla 5 se puede observar dicha información resumida, indicando el total por cada tipo de lesión presentada en cada paciente.

Tabla 5. Totalidad de pacientes en Traumatología ingresados en 2019 y 2020

LESIÓN	CANTIDAD DE PACIENTES							TOTAL
	2019					2020		
	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	
ABCESO MANO							1	1
ACETABULO			1					1
AMPUTACION			2				1	3
AMPUTACION PIE				1				1
AMPUTACION POPLITEA				1				1
AMPUTACIÓN EXTREMIDAD INFERIOR		2						2
AMPUTACION SUPRACONDILAR	1	1	2					4
ARTROPLASTIA						1		1
ARTROSCOPIA					3			3
ARTROSIS DE RODILLA							1	1
ARTROSIS TOBILLO			1					1
ATROFIA ARTICULACION						1		1
BIOPSIA			1					1
<b>FRACTURA DE CADERA</b>	14	4	10	7	18	10	8	<b>71</b>
CADERA y TIBIA				1				1
CALCANEAO	1	1	1					3
CARPIO						1		1
CLAVICULA				2	1			3
CODO/FEMUR				1				1
COLUMNA				1	1			2
COMPLICACION INFECCIOSA PROTESIS		1			1			2
COMPLICACION MECANICA CADERA		1						1
CONDROBLASTOMA		1						1
<b>COXARTROSIS (ARTROSIS DE CADERA)</b>	7	7	5	7	4	2	12	<b>44</b>
CUBITO	2			1		1	2	6
CUBITO -RADIO	1	2	1	1				5

CUERPO EXTRAÑO					1			1
DEDOS DE LA MANO	1					1	1	3
DEFORMIDAD CONGENITA MANO				1				1
DEFORMIDAD PIE					1			1
DESVIACION PIE						1		1
DISPLACIA DE CADERA					1		2	3
ESPOLON DE HAGLUND	1							1
EXCERESIS		1						1
FALANGE						1		1
<b>FEMUR</b>	12	12	10	8	12	8	13	<b>75</b>
<b>FEMUR-TIBIA</b>	1				18			<b>19</b>
FRACTURA RADIO						1		1
<b>GONARTROSIS (ASTROSIS DE RODILLA)</b>	12	9	20	18		8	12	<b>79</b>
HEMINGOCELE						1		1
HERIDA ABIERTA PIE					1			1
HOMBRO	1							1
<b>HUMERO</b>	4	3	4	6	5	5	1	<b>28</b>
ILIACO		1						1
IMPLANTE							1	1
IMPLANTE PIERNA MECANISMO	1							1
IMPLANTE PROTESIS PIERNA	1							1
IMPLANTE TOBILLO		1						1
INFECCION		2						2
INFECCION OSEA							3	3
INFECCION RODILLA			1					1
INTERTROCANTERICA			2					2
L.C.C		1	2					3
LIGAMENTOS							1	1
LUXACION CODO			1					1
LUXACION DE HOMBRO	1	1	1		1	1		5

<b>MALEOLO (TOBILLO)</b>	2	3	4		3	2	2	<b>16</b>
MALFORMACION		1						1
MANO	1	1	1			3		6
LESION EN MENISCO						3		3
MENISCOPATIA						2	7	9
METACARPIOS	1		2		1			4
MULTI TRAUMATISMO EN PIERNAS	1							1
NECROSIS DEDOS PIE	1							1
OSTEOMIELITIS	1							1
OSTEOSARCOMA	1							1
FRACTURA DE PELVIS	2			1			1	4
<b>PERTROCANTOSIS (FEMUR)</b>	5	8	8	7	5	9	4	<b>46</b>
PIE	1		1					2
PIE DIABETICO	1		1		1	1		4
PIERNA			1		1			2
POLIDACTILIA			1	1				2
PROTESIS	1	1		1				3
PROTESIS CADERA					1			1
PROTESIS INFECTADA							1	1
PROTESIS PIE					2			2
PROTESIS PIERNA				1				1
QUISTE OSEO				1		1	1	3
<b>RADIO</b>	6	8	8	5	5	5	5	<b>42</b>
RETIRO MATERIAL PROTESIS			1					1
<b>FRACTURA DE RODILLA</b>		2		2		1	2	<b>7</b>
ROTULA	1			1	1			3
RUPTURA DE TENDON		1						1
SEUDOARTROSIS FEMUR	3	1	1		1		1	7
SUBTROCANTERICA (FEMUR)	2	2		1				5
TALIPES CALCANEEO		1		1				2

TALIPES EQUINO		1			2			3
TENDON PIE		2				1		3
TENDON MANO	1							1
<b>TIBIA</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>26</b>
TIBIA PERONE			2	1		1		4
TOBILLO	1			2	1	3		7
TORNILLOS		1						1
TRAUMAS MULTIPLES					1			1
TROCANTER (FEMUR)		1						1
TROMBOSIS			1					1
<b>TUMOR PIE</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>		<b>15</b>
TUMOR ARTICULAR BRAZO			1					1
TUMOR CARTILAGO					1			1
<b>TUMOR PIERNA</b>	<b>2</b>		<b>2</b>					<b>4</b>
TUMOR RODILLA						1		1
TUMOR TOBILLO			1	2				3
ULCERAS FEMUR				1				1

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 5, se puede deducir que la mayoría de pacientes ingresaron con problemas de cadera, tibia, radio, peritrocantérica, maléolo, humero, gonartrosis, fémur-tibia y fémur, lo cual demuestra la necesidad de contar con una grúa móvil para poder movilizar a aquellos pacientes que, al no poder caminar, puedan desplazarse sin problemas dentro del hospital con el uso de dicha grúa. Además, se obtuvo información del peso, edad y días de permanencia de los pacientes del área de traumatología del HNAAA.

Tabla 6. Peso máximo en adultos según el género

GÉNERO	PESO MÁXIMO EN KILOGRAMOS						
	2019					2020	
	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
FEMENINO	80	76	81	87	91	91	73
MASCULINO	87	92	89	83	91	100	96
<b>TOTAL</b>	167	168	170	170	182	191	169

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 6, el peso máximo fue de 100 kg registrado en el mes de enero del 2020, el cual es menor a los 170 kg que puede soportar la grúa móvil diseñada.

En la Tabla 7, se observa los pacientes que ingresaron de acuerdo a la edad al área de traumatología.

Tabla 7. Pacientes que ingresaron al Área de Traumatología según la edad

EDAD (AÑOS)	CANTIDAD DE PACIENTES							TOTAL
	2019					2020		
	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	
[0 - 10]	5	10	7	4	6	4	4	<b>40</b>
[11 - 20]	10	7	3	4	7	6	7	<b>44</b>
[21 - 30]	3	5	7	6	4	9	3	<b>37</b>
[31 - 40]	3	6	4	7	6	7	3	<b>36</b>
[41 - 50]	7	8	7	5	3	9	8	<b>47</b>
[51 - 60]	10	6	13	15	13	6	18	<b>81</b>
[61 - 70]	24	17	15	21	19	14	17	<b>127</b>
[71 - 80]	22	20	29	14	26	13	16	<b>140</b>
[81 - 90]	13	15	19	12	17	12	8	<b>96</b>
[91 - 100]	3	1	5	1	2	2	3	<b>17</b>
[101 - 110]	0	0	0	0	1	0	1	<b>2</b>
<b>TOTAL</b>								<b>667</b>

Fuente: Elaboración propia.

Analizando la Tabla 7, se observa que gran cantidad de pacientes que ingresan al área de traumatología, la edad varía entre los 51 a 90 años. Lo que supone que estos pacientes deben tener un peso mayor a los 70 kg, por ende, se hace necesario e

indispensable el uso de una grúa móvil para poder trasladarlos, ya que debido a su peso esto se vuelve dificultoso.

Adicionalmente, se recopiló información respecto a los días de permanencia, los cuales se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Días de permanencia de los pacientes del Área de Traumatología

DIAS DE PERMANENCIA	CANTIDAD DE PACIENTES							TOTAL
	2019					2020		
	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	
[0 - 10]	69	58	71	55	65	55	61	434
[11 - 20]	24	29	30	28	27	22	19	179
[21 -30]	5	7	7	5	9	5	8	46
[31 - 40]	2	1	1	1	3	0	0	8
<b>TOTAL</b>								<b>667</b>

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 8, se puede analizar que los días de permanencia de la mayoría de pacientes que ingresaron al área de traumatología varía entre los 0 a 20 días, lo que nuevamente hace ver lo importante y valioso que sería contar con una grúa móvil para poder trasladarlos sin problemas, evitando los sobre esfuerzos en el personal y posibles lesiones que puedan ocurrirles a los pacientes debido a una mala maniobra.

#### 4.2. Principales características que influyen para el diseño de la grúa móvil

Para poder diseñar la grúa móvil es necesario tener las dimensiones de los espacios con que cuenta el hospital, para ello, se necesita los planos del nosocomio, especialmente del Área de Traumatología, en el Anexo 15 se puede observar dicho plano. También se debe considerar la transferencia de los pacientes para el diseño, esto es, cama-silla de ruedas, cama-camilla, cama-baño, camilla-silla de ruedas, silla de ruedas-baño y viceversa en todos los casos, entonces es necesario considerar las medidas del mobiliario.

La Tabla 9 detalla estos datos para ser considerados en el diseño.

A continuación, se muestra un plano de referencia donde se puede observar el recorrido o trayectoria de la grúa móvil sobre áreas por donde se desplazará con mayor frecuencia, cabe mencionar que las medidas de los pasadizos, ascensores, puertas de cada habitación y los baños, son las mismas en todo el hospital. En la Fig. 23 se observa la trayectoria o recorrido desde el ascensor hasta la habitación, es decir, para entrar a

la habitación, realizando un análisis se puede verificar que la grúa móvil se desplazará sin problemas por los pasillos, que entrará sin dificultad por las puertas.

Al entrar a la habitación del Área de Traumatología si se deberán hacer ciertas maniobras girando la grúa de forma que pueda movilizarse dentro del ambiente, finalmente se verifica que si logra cumplir ya que cuenta con las medidas adecuadas.

En la Fig. 24 se observa la trayectoria o recorrido desde la habitación hasta el ascensor, es decir, para salir de la habitación, cabe resaltar que para poder levantar al paciente desde su cama a la grúa móvil, primero se pasan las patas de la grúa por debajo de la cama, quedando el brazo móvil a la altura del paciente, luego se coloca el arnés de seguridad ajustándolo lo suficiente para poder elevar al paciente y posteriormente poder llevarlo para que pueda ir al baño o pueda salir para evitar que se estrese, realizar algún análisis, entre otras actividades para su recuperación o mantenerlo estable.

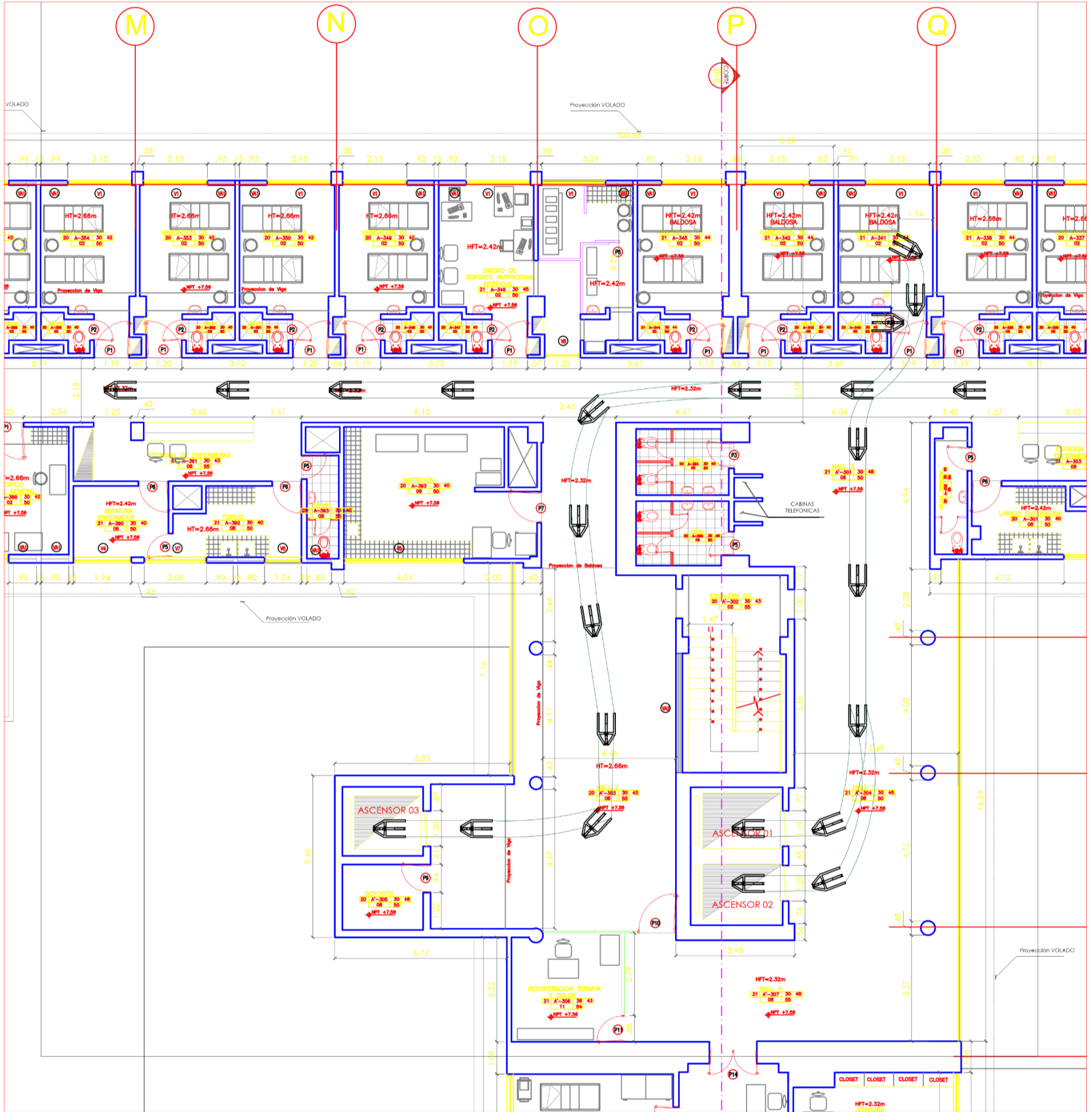


Fig. 23. Trayectoria para entrar a la habitación del área de traumatología, incluye su recorrido en ascensores, pasillos, cuartos y baños.

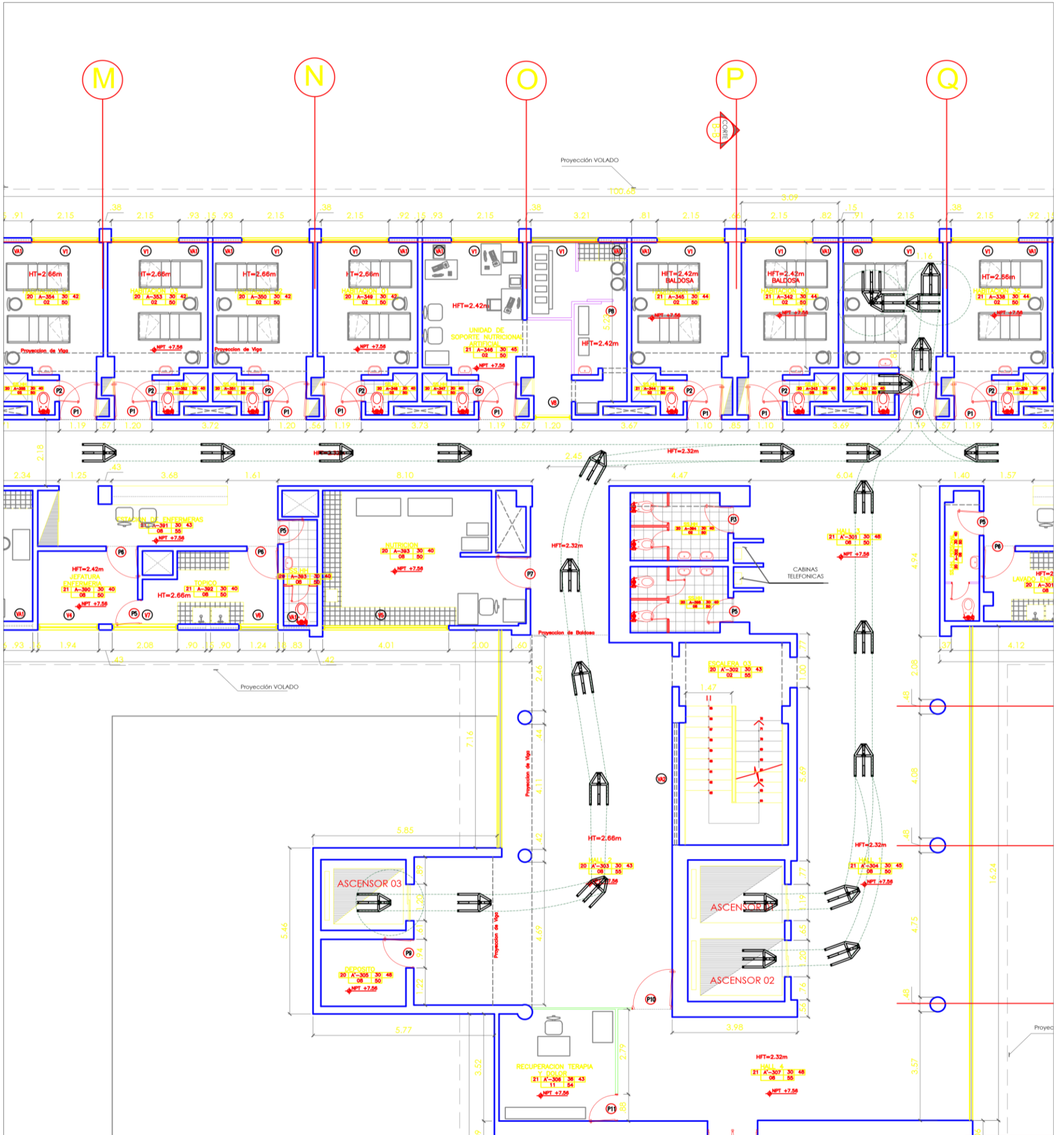


Fig. 24. Trayectoria para salir de la habitación del área de traumatología, incluye su recorrido en ascensores, pasillos, cuartos y baños.

De acuerdo a la Fig. 23 y Fig. 24, y al análisis del recorrido o trayectoria de la grúa móvil dentro de las instalaciones del hospital, considerando además las maniobras a realizar, se puede deducir que las medidas en pasillos, puertas, habitaciones y camas, son las suficientes para que la grúa móvil pueda desplazarse sin problemas.

### **Plan de Izaje**

Para poder utilizar la grúa móvil, es necesario contar con un plan de izaje y para dicho fin es necesario contar con información relevante para poder llevarlo a cabo, como son radio, longitud del brazo, peso del gancho, peso del arnés, peso de la carga, otros pesos (sillas de ruedas u otro). Estos datos se detallan a continuación:

Longitud del brazo: 1,07 m

Peso del gancho: 3 kg o 29,43 N

Peso del arnés: 2 kg o 19,62 N

Peso de la carga: 100 kg o 981 N

Otros pesos: 20 kg o 196,2 N

Carga bruta: 125 kg o 1226,25 N

Posteriormente, calculamos el factor de capacidad, el mismo que no debe exceder del 80% de la carga máxima que puede cargar la grúa móvil. Entonces, se puede usar la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad (\%)} = \frac{\text{Carga Bruta Real}}{\text{Carga máxima}}$$

$$\text{Capacidad (\%)} = \frac{125 \text{ kg}}{170 \text{ kg}} \times 100\% = \frac{1226,25 \text{ N}}{1667,70 \text{ N}} \times 100\%$$

$$\text{Capacidad (\%)} = 73,53\%$$

Con esta ecuación, se puede demostrar que no se excede el 80% de la carga máxima que puede cargar la grúa móvil. Adicionalmente se puede resumir en una tabla todas las medidas de los ambientes, puertas, camas y pasillos de todo el hospital. (Ver Tabla 9)

Al ser una grúa móvil, está posee un radio de giro de 2,32 m; el mismo que se muestra en la Fig. 25.

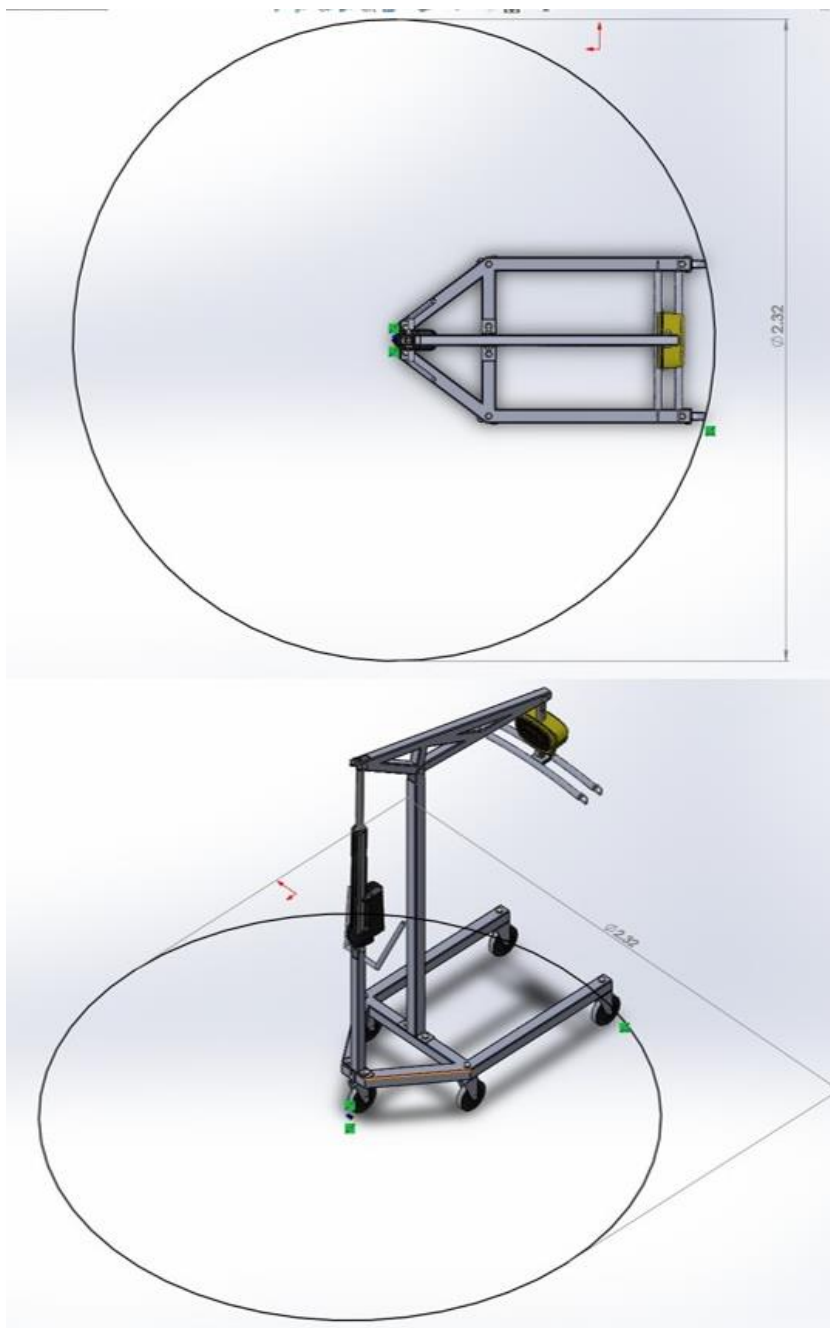


Fig. 25. Radio de giro de la grúa móvil. (SolidWorks 2018)

En la Fig. 26 se muestra la altura máxima y mínima sobre la cual se suspenderá el paciente con discapacidad motriz al momento de utilizar la grúa y ejecutar el plan de izaje antes mencionado.

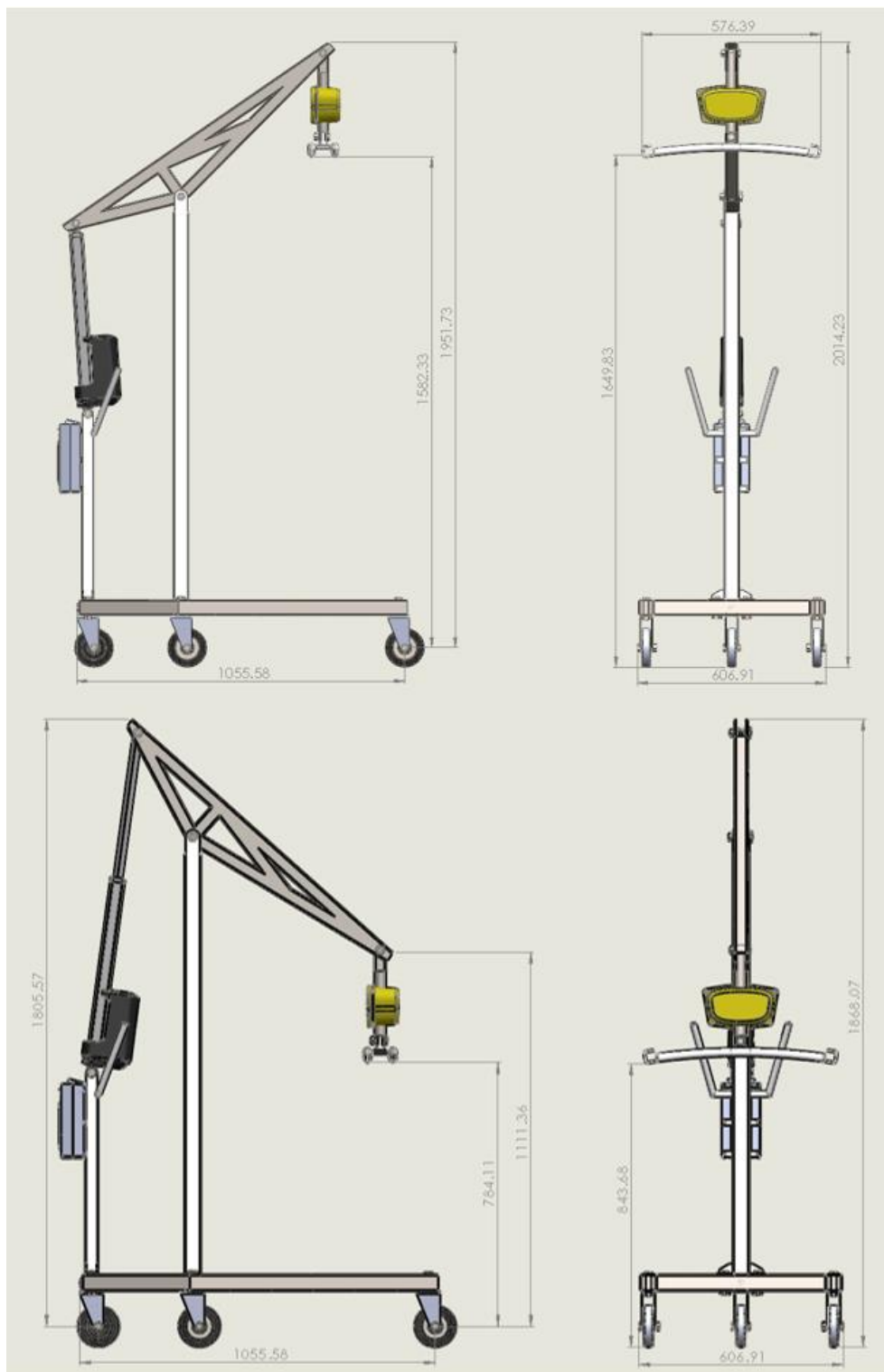


Fig. 26. Altura máxima y mínima para la grúa móvil. (SolidWorks 2018)

Tabla 9. Dimensiones de los ambientes y mobiliario en el hospital

Ambiente	Medidas (m)
Pasillos	Ancho: 2,18 m
	Alto: 2,32 m
Puertas	Ancho: 1,20 m (entrada) 0,62 m (baño)
	Alto: 2,10 m
Cuarto	Ancho: 3,09 m
	Largo: 4,11 m
	Alto: 2,42 m
Camilla	Ancho: 0,80 m
	Alto: 0,80 m
Cama (variable)	Alto mínimo: 0,35 m
	Alto máximo: 0,60 m
	Ancho: 0,93 m
Silla de ruedas	Ancho: 0,70 de rueda a rueda
	Alto: 0,70 m en el descanso de brazos

Fuente: Elaboración propia.

### Información previa al diseño de la grúa móvil

A partir de este punto, se evaluará de acuerdo a la ciencia de la ingeniería, la selección de los materiales, componentes y demás dispositivos para el correcto diseño de la grúa móvil. Se detallarán los requerimientos funcionales para poder desarrollar dicho proyecto, se tendrán en cuenta los parámetros mínimos que se van a considerar para cumplir con la parte técnica para toda la estructura de la grúa móvil, estos son:

#### - Función principal a desempeñar

Será utilizada para el traslado de personas con discapacidad motriz. La trayectoria por donde se desplazará dicha grúa será vertical y rectilínea hasta una altura de 80 cm desde el suelo, la misma que podrá ser regulada. El dato importante es que será utilizada por personas con discapacidad motriz. La carga máxima que debe soportar será de 170 kg, incluyendo al paciente, accesorios y estructura para su elevación.

#### 4.2.1. Diseño Electromecánico

##### Estructura de la grúa móvil

Todo el conjunto debe tener la capacidad para soportar la carga de 170 kg como máximo, las dimensiones de la grúa móvil serán de 0,60691 m de ancho por 1,1798 m de largo y con una altura máxima de 2,01423 m. El soporte para poder maniobrar

la grúa móvil deberá estar ubicado aproximadamente a 95 cm de altura con respecto al piso terminado, con la finalidad de dar seguridad y comodidad a los pacientes.

### **Aplicación para su correcto uso**

Se utilizará un elevador con la finalidad de reemplazar cualquier tipo de esfuerzo del profesional o persona encargada al intentar subir a los pacientes con discapacidad móvil.

### **Dimensiones adecuadas para un correcto funcionamiento**

El espacio máximo que ocupara la grúa móvil en el hospital y sus ambientes será de 0,60691 m de ancho por 1,1798 m de largo, suficientes para cumplir con el fácil desplazamiento en los ambientes en que se necesite.

### **Desplazamiento y velocidad máxima**

El movimiento se desarrollará sobre una trayectoria vertical, tanto de forma ascendente como descendente para su desplazamiento.

La velocidad de desplazamiento considerando a personas con discapacidad motriz debe estar en el rango menor o igual a 0,1 m/s.

Como se elevará a los pacientes con discapacidad motriz por encima de los 80 cm respecto del suelo, se limita la velocidad de desplazamiento del elevador a 0,04 m/s.

### **Selección de los materiales**

Toda la estructura de la grúa móvil debe ser diseñada con materiales que ofrezcan resistencia, rigidez y estabilidad, de manera que, en el desplazamiento de ida, venida, ascenso y descenso, no se generen deformaciones en los componentes que la conforman. Cabe recordar que deben ser materiales de fácil acceso en el mercado nacional, donde se permita mantenimientos rápidos en caso de tener que reemplazarlos.

### **Costos de los materiales**

Se buscará que el diseño de la grúa móvil sea lo más económico posible, considerando su función y eficiencia, esto es, será construido con materiales que tengan la mejor relación costo/beneficio, al mismo tiempo se deben considerar los costos de mantenimiento, que a la vez deben ser lo más económicos posibles.

### Seguridad para el paciente y profesional encargado

Se cumplirá con todas las medidas de seguridad para garantizar el funcionamiento adecuado sin inconvenientes, donde se garantice la seguridad y salud de los pacientes que traslade.

### Ergonomía, dato importante para el confort del paciente

Debe ser de fácil manipulación, además que las personas que utilicen la grúa móvil deberán acceder de manera fácil a los controles del mismo; el acceso debe ser lo más sencillo posible, considerando los espacios necesarios para que el paciente ingrese sin problemas y no tenga la necesidad de inclinarse para acceder al mismo.

## 4.2.2. Matriz morfológica

### 4.2.2.1. Selección de material de grúa móvil

Aquí se mostrarán las ventajas y desventajas de cada material, permitiendo realizar una comparación adecuada de uno con otro para facilitar el adecuado para el diseño y satisfacer las necesidades, estos se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10. Matriz morfológica para material a seleccionar

	<b>Acero</b>	<b>Aluminio</b>
<b>Ventajas</b>	Aplicación Industrial	Aplicación Industrial
	Inoxidable	Inoxidable
	Resistente (desde 400 MPa a 2240 MPa)	
	Soldadura accesible, para doblado y troquelado	
	Resistente a la corrosión	
<b>Desventajas</b>	Precio alto	Precio relativamente alto
	Material pesado	Conductor térmico
		Gran huella ecológica

Fuente: Elaboración propia.

Se usará una puntuación de sobre los 20 puntos, para evaluar los requerimientos necesarios del material a seleccionar.

- Resistencia                    4/20
- Funcionalidad                3/20
- Montaje                        3/20
- Acoplamiento                3/20
- Adquisición                  3/20

- Costo 4/20

Tabla 11. Puntuación para la selección del material

<b>Criterio</b>	<b>Acero</b>	<b>Aluminio</b>
Resistencia	4	3
Funcionalidad	3	2
Montaje	3	2
Acoplamiento	3	2
Adquisición	3	2
Costo	2	3
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>14</b>

Fuente: Elaboración propia.

Concluyendo que el acero es el material más adecuado para el diseño de la grúa móvil, gracias a sus propiedades, ventajas y requerimientos planteados. Cabe recalcar que se utilizara el acero ASTM A500 (Anexo 1), debido a sus características que se adecuan a lo requerido. Además de ser un material ampliamente utilizado por el sistema hospitalario entre otros sectores.

#### 4.2.2.2. Selección del tipo de sistema de elevación

La Tabla 12 muestra la matriz morfológica mostrando las ventajas y desventajas de cada tipo del sistema de elevación, la misma que servirá para seleccionar el mejor sistema para la grúa.

Tabla 12. Matriz morfológica para la selección del sistema de elevación

	<b>Elevador Hidráulico</b>	<b>Elevador Electromecánico</b>	<b>Elevador Elect. con pistón</b>
<b>Ventajas</b>	Montaje superficial	Montaje superficial c/regulación	Montaje superficial c/regulación
	Fácil de maniobrar	Precio bajo	Precio alto
	Transmite fuerzas altas	Incorpora motor en AC/DC	Incorpora motores a pistón
	Uso Industrial	Velocidad de desplazamiento controlada	Diseño de fácil integración
<b>Desventajas</b>	Gran tamaño	Baja velocidad de detección	Desplazamiento corto
	Precio muy alto	Rebotes en el contacto	Baja velocidad
	Dependiente de la fuerza	Dependiente de la fuerza del motor	Dependiente de la distancia

Fuente: Elaboración propia.

Nuevamente se establece una valoración sobre 20, para poder evaluar los requerimientos necesarios para el sistema de elevación, se detallan en la Tabla 13.

- Tamaño 4/20

- Funcionalidad 3/20
- Montaje 3/20
- Acoplamiento 3/20
- Adquisición 3/20
- Costo 4/20

Tabla 13. Puntaje para la selección del sistema de elevación

	<b>Elevador Hidráulico</b>	<b>Elevador Electromecánico</b>	<b>Elevador Elect. Con pistón</b>
Tamaño	2	4	4
Funcionalidad	3	3	3
Montaje	2	3	2
Acoplamiento	2	2	3
Adquisición	2	3	2
Costo	2	4	4
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>18</b>

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la puntuación de la Tabla 13, el elevador electromecánico cumple con las necesidades para el diseño de la grúa móvil, por su funcionamiento, diseño compacto, ensamblaje, manejo adecuado y por el costo no hay inconvenientes ya que es el más idóneo. (Anexo 2)

#### 4.2.2.3. Selección del controlador del sistema de elevación

Para automatizar el proceso de control del sistema de elevación, se dispone de múltiples alternativas en el mercado, las mismas que deben acoplarse a las necesidades del sistema de elevación y su nivel de complejidad. Los mismos que se detallan a continuación:

- Microcontrolador PIC 16F84A
- Arduino Atmega
- PLC

##### **Microcontrolador PIC 16F84A**

Es un microcontrolador programable de gama media de 8 bits, consta de 18 pines, posee una memoria de programa del tipo flash, lo que permite

reprogramarlo hasta un límite de 10 000 veces. Sencillo de manejar, por eso se considera como uno de los más adecuados. [31]

Sus principales características son:

- Set de solo 35 instrucciones
- Memoria de programa de 1 KB (equivale a 1024 instrucciones)
- Máxima velocidad de operación: 20 MHz
- 68 bytes de RAM
- 64 bytes de EEPROM
- 4 fuentes de interrupción
- 2 puertos de salida
- 13 líneas de I/O configurables individualmente
- 25 mA de corriente por pin

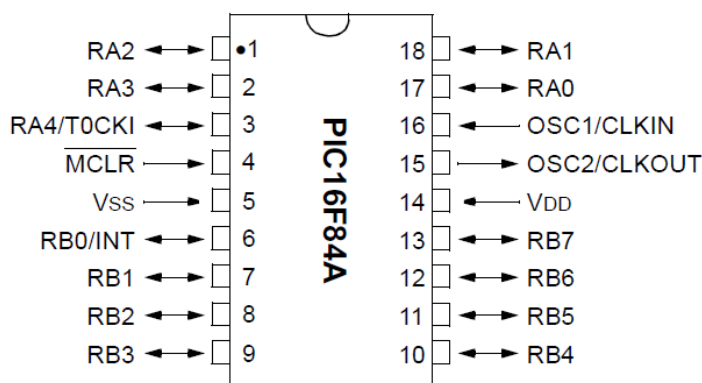


Fig. 27. Distribución de pines del PIC 16F84A. [31]

## Arduino

Es una plataforma de desarrollo que se basa en la electrónica de hardware libre, incorporando un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra.

Estos pines permiten realizar la conexión entre el microcontrolador y los múltiples sensores y actuadores de una forma muy sencilla (generalmente con cables Dupont).

El logo se puede observar en la Fig. 28, el software Arduino es de fácil uso para los usuarios, pudiendo ejecutarse en Windows, Mac y LINUX. Las placas son por general algo baratas comparadas con otras plataformas de microcontroladores.



Fig. 28. Logo del software ARDUINO. [32]

Arduino cuenta con múltiples placas como son ATmega 8, ATmega 168, ATmega 328, ATmega 1280, ATmega 2560, ATmega 32U4, basadas en Atheros, ARM, ATtiny85 e Intel.

## PLC

Controlador Lógico Programable o PLC por sus siglas en inglés. Se dice que es un “cerebro” que sirve para activar los componentes de una maquinaria para desarrollar actividades de manera potencialmente peligrosas para sus operadores, imperfectas o demasiado lentas.

El PLC es propiamente dicho como un ordenador, donde la parte principal es la CPU, módulo de memorias y entradas/salidas, la fuente de alimentación y la unidad de programación. Para lograr que funcione, es importante y necesario que se cargue con una programación previa a la función o funciones que se quieren llevar a cabo.

En la Fig. 29 se puede observar una variedad de PLC's de la marca SIEMENS.



Fig. 29. PLC's Siemens [33]

Para poder llevar una comunicación entre el ser humano y el PLC, se hace indispensable el uso de un HMI (Human Machine Interface o Interfaz Humano Máquina). Su precio de adquisición es realmente alto en comparación con el Microcontrolador PIC 16F84A y de Arduino.

#### 4.2.2.4. Selección del controlador

En la Tabla 14 se muestra la matriz morfológica con estos tres controladores para el sistema de elevación del actuador electromecánico, para realizar un análisis y seleccionar el más adecuado para el sistema en mención.

Tabla 14. Matriz morfológica selección del controlador para el sistema de elevación

	<b>Microcontrolador PIC 16F84A</b>	<b>ARDUINO</b>	<b>PLC</b>
<b>Ventajas</b>	Tamaño compacto	Tamaño compacto	Tamaño compacto
	Montaje en superficie y fácil	Plataforma de hardware y código abierto	Montaje en superficie y fácil
	Precio bajo	Precio medio	Precio alto
	Código de programación libre	Gran cantidad de librerías	Robusto y confiable
<b>Desventajas</b>	Necesario el uso de una placa como base	Susceptible a variación de voltaje	Se requiere el uso de licencias
	No cuenta con HMI	Velocidad de detección baja	Precio alto
	Susceptible a variación de voltaje	PCB del ARDUINO	E/S limitadas

Fuente: Elaboración propia.

Como todas las valoraciones, se establece una valoración sobre 20, para la evaluación de los requerimientos necesarios para el controlador, se resume en la Tabla 15.

- Tamaño 3/20
- Funcionalidad 3/20
- Montaje 2/20
- Acoplamiento 2/20
- HMI 3/20
- Adquisición 3/20

- Costo 4/20

Tabla 15. Puntaje para la selección del controlador

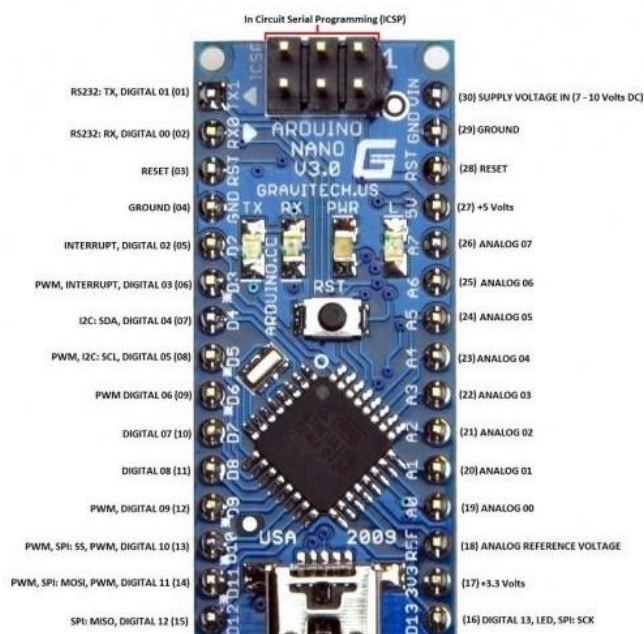
	<b>PIC 16F84A</b>	<b>ARDUINO</b>	<b>PLC</b>
Tamaño	3	3	3
Funcionalidad	3	3	3
Montaje	1	2	2
Acoplamiento	1	3	3
HMI	0	3	3
Adquisición	3	3	2
Costo	4	3	2
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>18</b>

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la puntuación de la Tabla 15, el controlador más adecuado sería el ARDUINO, con una puntuación final de 20. Siendo el más idóneo para implementarlo en el sistema de control del actuador electromecánico, ya que cuenta con un buen tamaño y un precio accesible, además de poseer una infinidad de módulos de expansión.

#### 4.2.2.4.1. Selección del modelo adecuado de Arduino

Para poder programar como funcionara el actuador electromecánico, se necesitó de un módulo Nano Arduino (Anexo 3) y para darle algo más atractivo y funcional, se añadió al diseño, una balanza para poder saber la carga cuando se use la grúa móvil, un módulo bluetooth para enviar y recibir datos desde una aplicación a un smartphone, además de poder controlar el actuador desde la misma app, también se agregó un sistema de sirena que sonara cuando la batería se encuentre en 11% o menos. En la Fig. 30 se observa el módulo Nano Arduino.















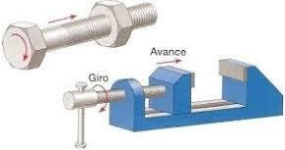





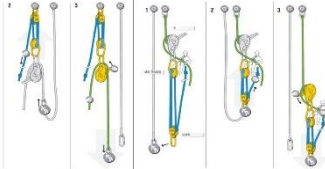





Arduino Nano V3 - Pin Description

Fig. 30. Módulo Nano Arduino. [34]

#### 4.2.2.5. Matriz morfológica general

De la Tabla 16, se observa las posibles configuraciones para el diseño de la grúa móvil, teniéndose en total 384 posibles configuraciones potenciales, pero cabe destacar que varias no son del todo compatibles, es debido a ello, que previo a esta matriz morfológica se hizo una evaluación previa a cada tipo de componente o sistema para que sea seleccionado de forma correcta y adecuada, teniendo en cuenta múltiples factores para el diseño en mención. La matriz morfológica del diseño de la grúa móvil se puede observar en la Tabla 16.

Tabla 16. Detalle de matriz morfológica completa para el diseño de la grúa móvil

Sistema de Elevación	Material	Número de ruedas	Alimentación	Estructura	Ensamblaje
Pistón hidráulico 	Acero A500 	Tres 	Manivela 	Fija 	Armable y desarmable 
Actuador electromecánico 	Aluminio 	Cuatro 	Pilas 	Móvil 	Compacto 
Tornillo de potencia 	Acero Inoxidable 	Cinco 	Baterías 	Pórtico 	_Soldada 
Polipasto 	Acero galvanizado 	Seis 	AC 220 V 	Bipedestación 	Engranajes 

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 16, se puede decir lo siguiente:

- El sistema de elevación seleccionado es un actuador electromecánico, por poseer mejores características entre otros factores que lo hacen la mejor opción para el diseño de la grúa móvil en estudio. Además de que puede funcionar con baterías.
- El Acero A500 es el material más idóneo, debido a sus características mecánicas y costo razonable, la selección se realizó con anterioridad líneas arriba, donde este material obtuvo la mejor puntuación.
- Para el diseño de la grúa móvil se ha considerado el uso de cinco ruedas para poder desplazarse, además de brindar una mejor estabilidad y reducir las fuerzas resultantes cuando se haga uso de la misma.
- Debido a que se utilizará un actuador electromecánico con su sistema de control, es necesario activarlo por medio de baterías ya que la grúa se desplazará distancias largas, lo hace el más ideal, evitando usar alimentación en AC lo que conllevaría a tener un gran cable para cuando se desplace además de generar un obstáculo para los trabajadores del HNAAA.
- Como el mismo nombre lo indica, se trata de diseñar una grúa móvil para poder trasladar a los pacientes del área de traumatología del HNAAA.
- Con el fin de poder transportar a la grúa móvil de un lado a otro sin problemas, de ser el caso de requerir llevarla a otro lugar alejado, es que se seleccionó un ensamblaje del tipo armable y desarmable, además de que si se fabrica sería más fácil su traslado, ya que al llegar a su destino final puede armarse sin problemas.

#### **4.3. Cálculos mecánicos**

Para empezar con el diseño mecánico de la grúa móvil y sus componentes, es necesario contar con cierta información relevante para su correcto dimensionamiento, como los esfuerzos admisibles del material a utilizar, el factor de seguridad en la estructura como en los pernos o pasadores, la carga, la velocidad, el factor de fricción del piso, la altura máxima de los ambientes, etc; los mismos que se detallan en la Tabla 17 a continuación:

Tabla 17. Indicadores a utilizar para el diseño mecánico

<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Velocidad de la grúa	0,10	m/s
Peso máximo del paciente para cargar	170,00	kg
Esfuerzo normal último	270,00	MPa
Esfuerzo cortante último	270,00	MPa
Factor de seguridad	3,00	adimensional
Esfuerzo normal admisible	90,00	MPa
Esfuerzo cortante admisible	90,00	MPa

Fuente: Elaboración propia.

Para dimensionar adecuadamente los elementos y componentes que conforman la grúa móvil, es necesario realizar los cálculos mecánicos, los mismos que se detallan a continuación:

#### 4.3.1. Representación 2D de la grúa móvil

Para elaborar una representación o bosquejo del diseño de la grúa móvil, se hizo uso del software AutoCAD 2019 para realizar las vistas en 2D, vista en planta, vista lateral y un isométrico. En la Fig. 31 se puede apreciar los elementos y componentes que conformarán parte de la grúa móvil, estos son:

- Actuador Lineal.
- Columna o mástil.
- Brazo móvil, tipo armadura.
- Soporte para actuador lineal.
- Base y ruedas.

Cabe resaltar, que las fuerzas resultantes máximas en el actuador lineal como en los demás elementos estructurales se dan cuando el actuador se encuentra a  $0^\circ$  con respecto a la horizontal o eje X positivo, es decir, cuando el elemento inferior del brazo móvil está a  $0^\circ$  respecto al eje X positivo. Debido a esto es que se analiza en esa posición. Los planos en 2D con vista en planta, lateral y frontal de todos los elementos estructurales de la grúa móvil se pueden ver en los Anexos del 07 al 12.

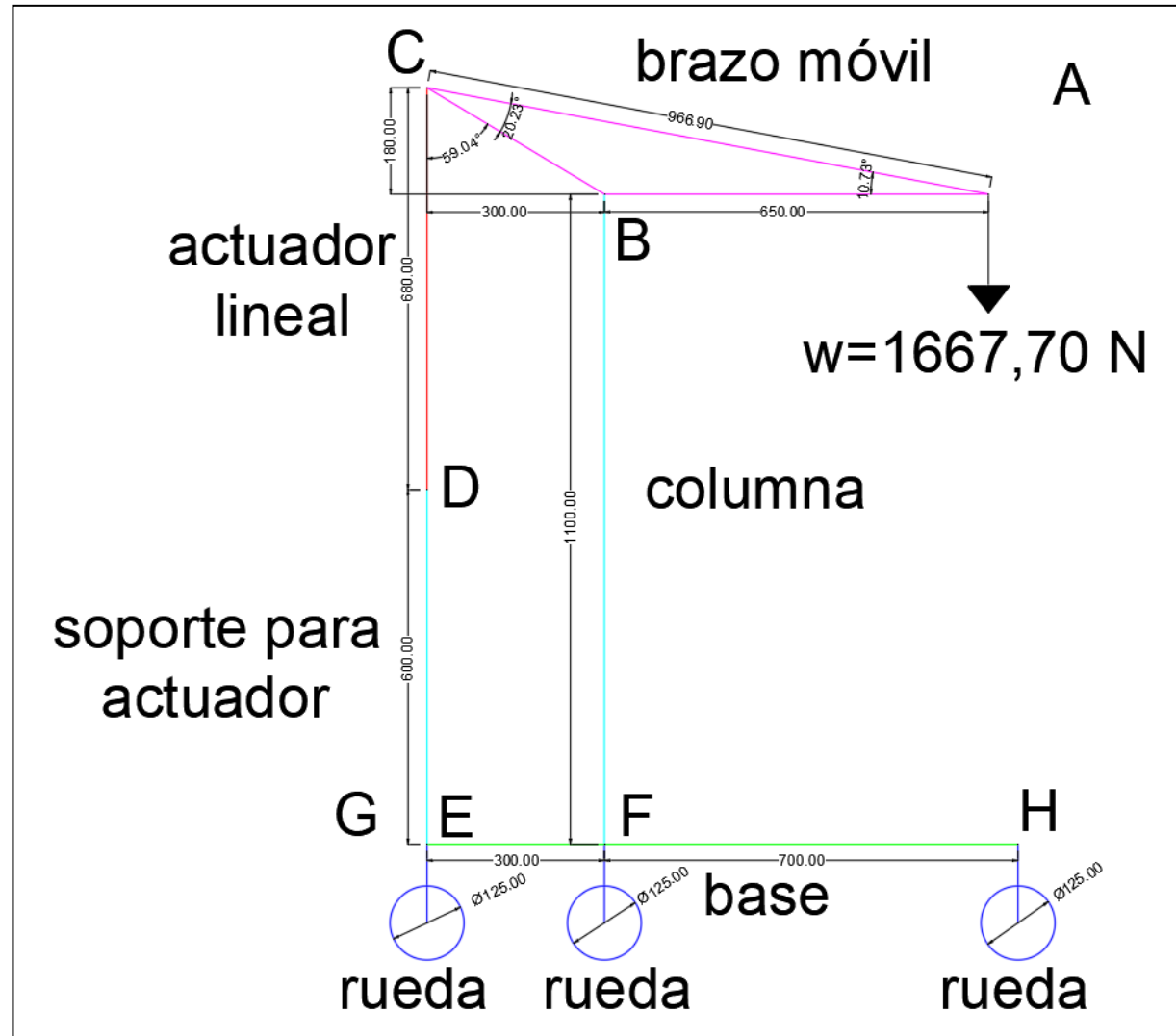


Fig. 31. Representación de la vista lateral para el diseño de la grúa móvil. (Uso de AutoCAD 2019)

### 4.3.2. Selección del actuador lineal

La masa o carga máxima considerar para el diseño de la grúa móvil será de 170 kg, donde se mencionó con anterioridad. La misma que será usada para determinar el peso máximo, de acuerdo a la ecuación 9.

$$W = mg$$

Donde:

W: Peso (N).

m: Masa del paciente = 170 kg.

g: Aceleración de la gravedad =  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

Reemplazando estos datos, se obtiene:

$$W = 170 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 1667,70 \text{ N}$$

El peso es el dato importante de donde partiremos para empezar el análisis para el dimensionamiento de la grúa.

Se añade este peso en el extremo derecho del brazo, y se procede a calcular las fuerzas que actúan en el actuador lineal y en el pasador ubicado entre el brazo y la columna, se resume en la Fig. 32.

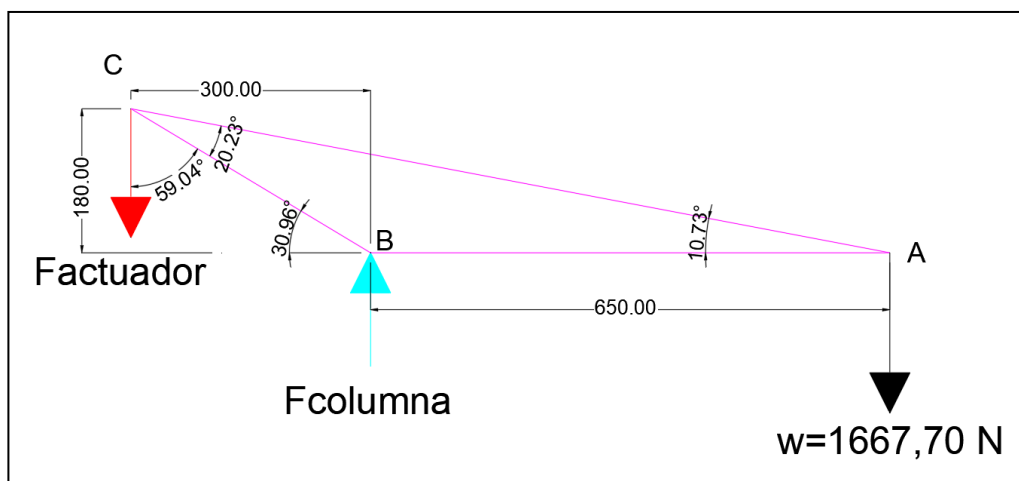


Fig. 32. Fuerzas actuantes en el brazo de la grúa móvil.

Con la ecuación 1 y 2, se calcula la fuerza en el actuador lineal y la fuerza en la columna, de la siguiente manera:

$$\Sigma M_C = 0$$

$$F_{\text{columna}} (0,30 \text{ m}) - W(0,95 \text{ m}) = 0$$

$$F_{\text{columna}} = \frac{1667,70 \text{ N} (0,95 \text{ m})}{0,30 \text{ m}} = 5281,05 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{\text{columna}} - W - F_{\text{actuador}} = 0$$

$$F_{\text{actuador}} = 5281,05 \text{ N} - 1667,70 \text{ N} = 3613,35 \text{ N}$$

De acuerdo al sentido de la fuerza en el actuador, quiere decir que está trabajando en tracción. Con estos datos, se selecciona un actuador lineal adecuado para el diseño de la grúa.

El actuador lineal LINAK LA36, con una capacidad en tracción de 4500 N, cumple con lo indicado, además de poseer una carrera de 400 mm o 0,40 m. Esto para que pueda ascender y descender de forma correcta de acuerdo a lo planteado. En el Anexo 2 se puede observar la ficha técnica del actuador LINAK LA36 (ANEXO 02). Ver Fig. 33 para una referencia.



Fig. 33. Actuador Lineal LINAK LA36. [35]

#### 4.3.3. Selección de los elementos estructurales

Para seleccionar los elementos estructurales, como el brazo, mástil, base y soporte del actuador, se debe tener en cuenta un factor de seguridad igual a 3. El material para los elementos estructurales será de acero ASTM A500 Grado B. (Anexo 1)

Considerando un esfuerzo de fluencia de 270 MPa, se procede a calcular el esfuerzo admisible con la ecuación 5.

$$\tau_{adm} = \sigma_{adm} = \frac{270 \text{ MPa}}{3} = 90 \text{ MPa}$$

#### 4.3.3.1. Dimensionamiento del brazo móvil

Primero se debe calcular las fuerzas internas en los elementos estructurales que conforman el brazo móvil de la grúa, en la Fig. 34 se puede observar el bosquejo en 2D de la grúa móvil. El cálculo se detalla a continuación:

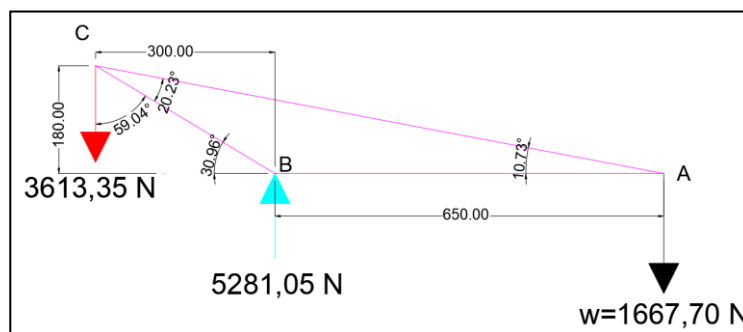


Fig. 34. Brazo móvil tipo armadura y sus fuerzas actuantes.

El nudo A se analiza para calcular las fuerzas internas en los elementos AB y AC. En la Fig. 35, se observa el diagrama de cuerpo libre del Nudo A.

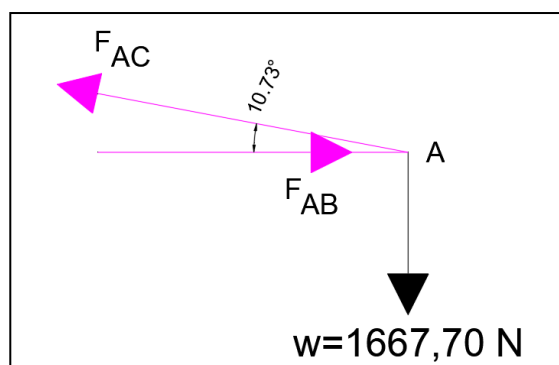


Fig. 35. Diagrama de cuerpo libre del Nudo A.

Utilizando las ecuaciones de condición de equilibrio, se calcula las fuerzas requeridas de la siguiente manera:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{AC}(\sin 10,73^\circ) - 1667,70 \text{ N} = 0$$

$$F_{AC} = 8957,41 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{AB} - F_{AC}(\cos 10,73^\circ) = 0$$

$$F_{AB} = 8800,79 \text{ N}$$

El elemento AB se encuentra sometido a compresión y el elemento AC a tracción. Luego continuamos con el Nudo C, en la Fig. 36 se detalla el diagrama de cuerpo libre de dicho nudo con las fuerzas actuantes.

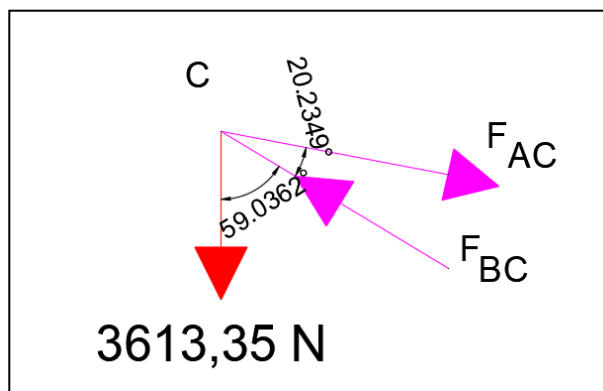


Fig. 36. Diagrama de cuerpo libre del nudo C.

Con las ecuaciones de equilibrio estático, se determina las fuerzas de los elementos BC y AC.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{AC}(\sin 79,2711^\circ) - F_{BC}(\sin 59,0362^\circ) = 0$$

$$F_{AC} = 0,8727 F_{BC}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{BC}(\cos 59,0362^\circ) - F_{AC}(\cos 79,2711^\circ) - 3613,35 \text{ N} = 0$$

$$0,5145 F_{BC} - 0,8727 F_{BC}(0,1861) = 3613,35 \text{ N}$$

$$F_{BC} = \frac{3613,35 \text{ N}}{0,3521} = 10262,56 \text{ N}$$

$$F_{AC} = 8956,14 \text{ N}$$

Se determina que el elemento estructural BC se encuentra trabajando a compresión y el elemento AC a tracción.

Se resume toda la información en la Tabla 18.

Tabla 18. Resumen de cargas en el brazo móvil y en la columna.

Elemento Estructural	Fuerza (N)	Tipo de esfuerzo
AB	8800,79	Compresión
BC	10262,56	Compresión
AC	8956,14	Tracción
Columna	5281,05	Compresión

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizará el software MDSolids para determinar las fuerzas internas en los elementos estructurales del brazo móvil y verificar que son similares a las calculadas manualmente. En la Fig. 37, se tiene una captura de pantalla de los resultados con dicho software.

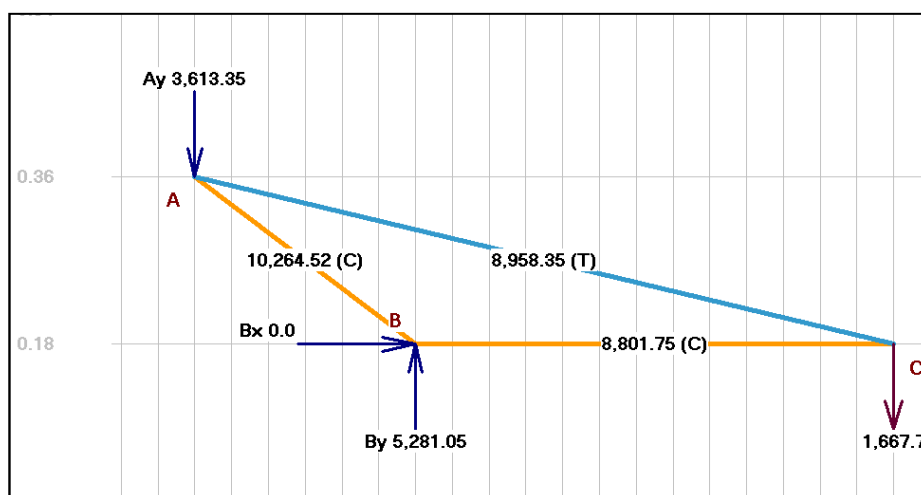


Fig. 37. Resultados obtenidos para el brazo móvil. (MD Solids)

Con esto se logra concluir que los resultados calculados manualmente son similares a los obtenidos con el software MD Solids. Se resume esta información en la Tabla 19.

Tabla 19. Comparativo entre cálculo manual y MD Solids

Elemento estructural	Manual		MD Solids	
	Fuerza (N)	Tipo	Fuerza (N)	Tipo
AB	8800,79	Compresión	8801,75	Compresión
BC	10262,56	Compresión	10264,52	Compresión
AC	8956,14	Tracción	8958,35	Tracción
Columna	5281,05	Compresión	5281,05	Compresión

Fuente: Elaboración propia.

De todas las fuerzas en los elementos estructurales del brazo móvil, se considera la mayor de todas para dimensionar la sección adecuada, todos de una misma

sección para la estética de la grúa móvil. Con la ecuación 6, calculamos el área del elemento estructural.

$$\sigma_{adm} = \frac{F_{BC}}{A_{BC}}$$

Despejando se obtiene:

$$A_{BC} = \frac{F_{BC}}{\sigma_{adm}}$$

Reemplazando los datos, el área será:

$$A_{BC} = \frac{10\,264,52\text{ N}}{90 \times 10^6\text{ N/m}^2}$$

$$A_{BC} = 0,00011405\text{ m}^2$$

$$A_{BC} = 114,05\text{ mm}^2$$

Los elementos estructurales AB, BC y AC serán de un área mínima de 114,05 mm<sup>2</sup>; indicando que en la realidad será un solo elemento que será soldado para darle la forma requerida. El elemento adecuado sería un tubo cuadrado de 40mmx40mmx3mm.

#### 4.3.3.2. Dimensionamiento de la columna

Ahora se calcula el área de la columna o mástil, con la ecuación de esfuerzo normal.

$$A_{columna} = \frac{F_{columna}}{\sigma_{adm}}$$

$$A_{columna} = \frac{5281,05\text{ N}}{90 \times 10^6\text{ N/m}^2}$$

$$A_{columna} = 0,000058678\text{ m}^2$$

$$A_{columna} = 58,678\text{ mm}^2$$

Para la columna será necesario un elemento estructural con un área mínima de 58,678 mm<sup>2</sup>. Cabe resaltar que en realidad es el elemento que soportará la mayor parte de la carga, por lo tanto, tendrá medidas superiores al brazo móvil, seleccionando un tubo cuadrado de 50mmx50mmx2,5mm.

#### 4.3.3.3. Dimensionamiento del soporte para actuador lineal

Siguiendo con el cálculo, se determina el área del soporte para el actuador lineal LINAK L36. Sabiendo que este soportará una fuerza máxima de 3 613,35 N.

$$A_{\text{soporte actuador}} = \frac{F_{\text{soporte actuador}}}{\sigma_{\text{adm}}}$$

$$A_{\text{soporte actuador}} = \frac{3\,613,35 \text{ N}}{90 \times 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$A_{\text{soporte actuador}} = 0,000040148 \text{ m}^2 = 40,148 \text{ mm}^2$$

Para el soporte del actuador se utilizará un tubo cuadrado de 40mmx40mmx2mm.

#### 4.3.3.4. Dimensionamiento de los pasadores

Los pasadores de igual forma se calculan de acuerdo al material seleccionado.

Se utilizará un acero aleado, con un esfuerzo de fluencia de 620 MPa o 90 ksi. Tanto el esfuerzo normal y cortante son iguales. Para pasadores el factor de seguridad debe ser de 8. Con la ecuación 3 se obtiene:

$$\tau_{\text{adm pasador}} = \sigma_{\text{adm pasador}}$$

$$\tau_{\text{adm pasador}} = \frac{90000 \text{ psi}}{8} = 11250 \text{ psi}$$

Ahora se calcula el área necesaria para el pasador en los puntos A, B y C. En la Fig. 38 se muestra el DCL para cada pasador.

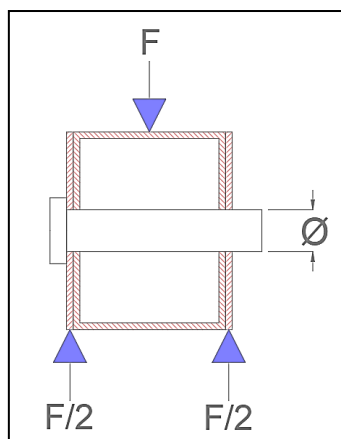


Fig. 38. Diagrama de Cuerpo Libre para los pasadores.

Con el uso de la ecuación 8, primero se calcula el pasador en el nudo A.

$$\Phi_{\text{pasador A}} = \sqrt{\frac{2F_{BC}}{\pi\tau_{\text{adm pasador}}}}$$

$$\Phi_{\text{pasador A}} = \sqrt{\frac{2(2307,12 \text{ lb})}{\pi(11250 \text{ psi})}}$$

$$\Phi_{\text{pasador A}} = 0,3613 \text{ pulgadas}$$

Los pasadores en el brazo serán de la misma medida, que según el cálculo es de 0,3613 pulgadas para poder resistir los esfuerzos. En la realidad el pasador será de 5/8 pulgadas o 15,875 mm de diámetro.

En la columna de igual forma se dimensiona el pasador que une al brazo móvil con una carga de 5 281,05 N o equivalente a 1 187,23 lb; dato que servirá para dimensionar el diámetro del pasador.

$$\Phi_{\text{pasador brazo columna}} = \sqrt{\frac{2F_{\text{columna}}}{\pi\tau_{\text{adm pasador}}}}$$

$$\Phi_{\text{pasador brazo columna}} = \sqrt{\frac{2(1\ 187,23 \text{ lb})}{\pi(11\ 250 \text{ psi})}}$$

$$\Phi_{\text{pasador brazo columna}} = 0,2592 \text{ pulgadas}$$

Con estos cálculos, se puede decir que, los pasadores para la grúa móvil serán de 5/8 pulgadas de diámetro. Los mismos que servirán para enlazar el brazo móvil y la columna.

Para poder instalar el actuador, es necesario el uso de pasadores, entonces:

$$\Phi_{\text{pasador actuador}} = \sqrt{\frac{2F_{\text{actuador}}}{\pi\tau_{\text{adm pasador}}}}$$

$$\Phi_{\text{pasador actuador}} = \sqrt{\frac{2(812,31 \text{ lb})}{\pi(11\ 250 \text{ psi})}}$$

$$\Phi_{\text{pasador actuador}} = 0,2144 \text{ pulgadas}$$

Será necesario el uso de pasadores de 5/8 pulgadas de diámetro para la instalación del actuador lineal LINAK LA36.

#### 4.3.3.5. Cálculo de los elementos de soporte para pasadores

Ahora, se calcula las dimensiones de los elementos de soporte para los pasadores, en este caso se dimensiona el espesor de los elementos de soporte para los pasadores considerando que el diámetro es de 1/2 pulgada, que se convierten a metros.

Utilizando la ecuación 11 se calcula el espesor para el brazo móvil:

$$e_{\text{brazo móvil}} = \frac{F_{BC}}{2\pi \cdot \phi \cdot \sigma_{adm}}$$

$$e_{\text{brazo móvil}} = \frac{10262,56 \text{ N}}{2\pi(0,015875 \text{ m})(90 \times 10^6 \text{ N/m}^2)}$$

$$e_{\text{brazo móvil}} = 0,001143 \text{ m} = 1,143 \text{ mm}$$

De acuerdo a los cálculos efectuados a los pasadores y a los demás elementos que conforman la grúa móvil, se concluye que todos los pasadores serán de 5/8 pulgadas de diámetro para las uniones donde se tenga que ensamblar el brazo móvil, la columna, el actuador y la base para el actuador y de 1/2 pulgadas de diámetro para el resto de pasadores. Por lo tanto, todos los elementos de soporte para los pasadores deben ser de un espesor de 1,143 mm o el inmediato superior que se tenga disponible en el mercado.

#### 4.3.3.6. Dimensionamiento de los elementos para la base

Para poder dimensionar correctamente el tubo cuadrado adecuado, se hará uso del software SolidWorks para poder saber las reacciones en las ruedas. Debido a que la base cuenta con 5 ruedas el análisis manual se hace complejo, por lo tanto, es que se hace uso de dicho software. Se puede analizar como una viga que es una vez hiperestática. Se empleo el software para determinar sus reacciones de forma correcta y posteriormente se calculará los diagramas de fuerza cortante y momento flector. La Fig. 39 muestra los resultados obtenidos del SolidWorks. Con este dato, entonces se procede a graficar los diagramas, los que se muestran en la Fig. 40.

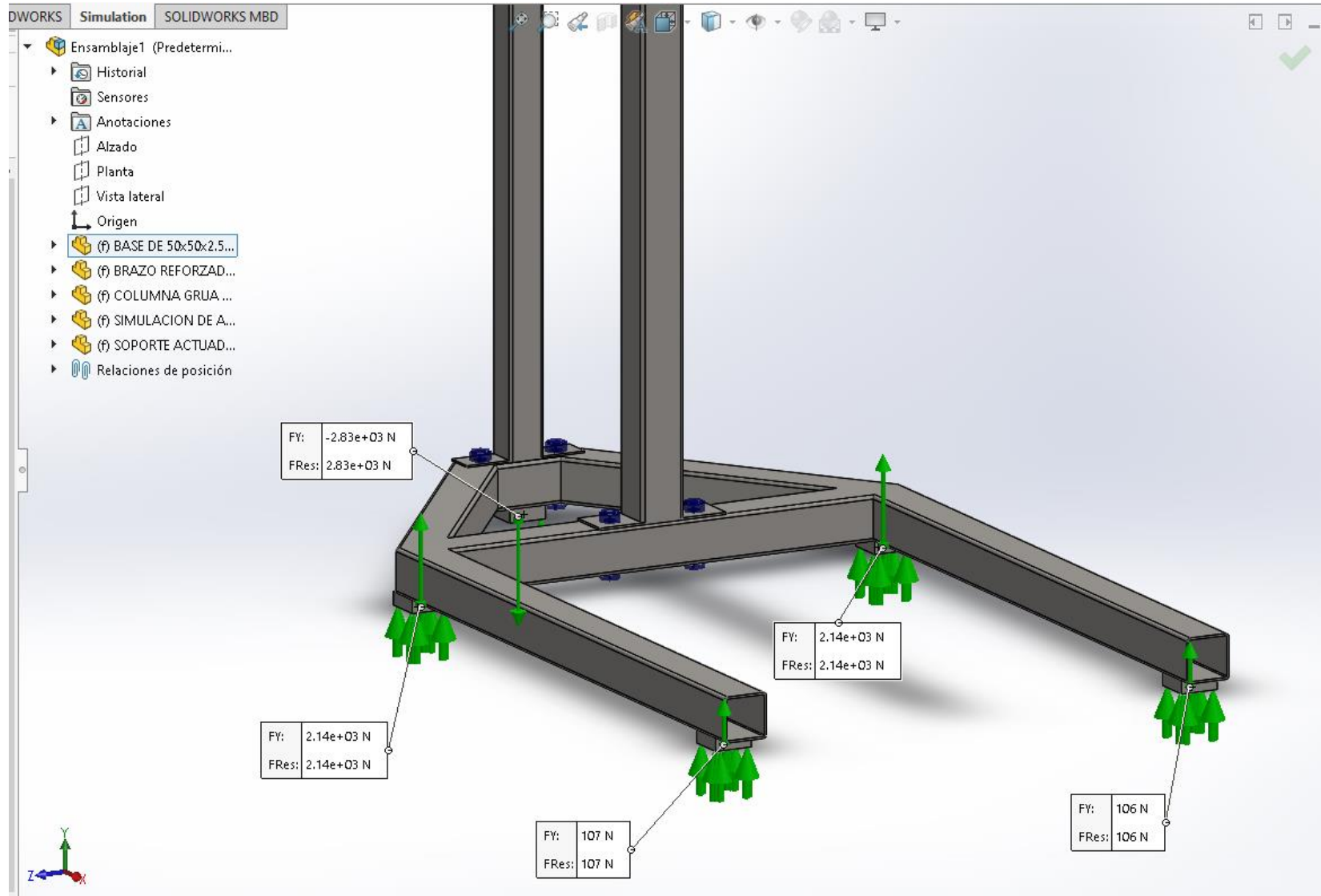


Fig. 39. Cálculo de reacciones en los apoyos donde irán las ruedas, obtenidos de MD Solids.

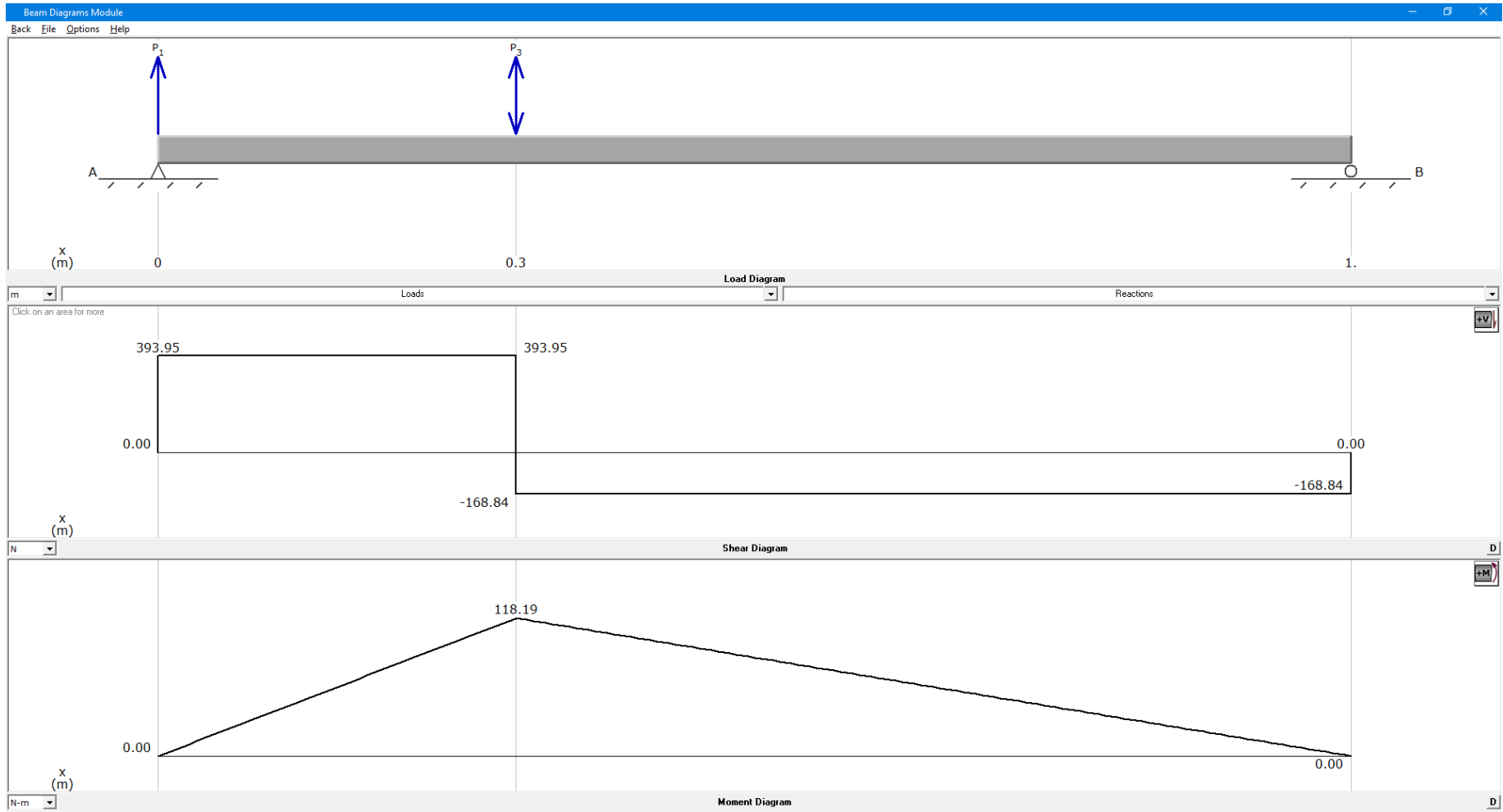


Fig. 40. Diagrama de fuerza cortante y momento flector para la base de la grúa móvil. (MD Solids)

Al comparar los resultados calculados manualmente y con el software MD Solids, las fuerzas en las ruedas son iguales.

Analizando el diagrama de momento flector, se obtiene un momento máximo con un valor de 118,19 Nm; dato que sirve para dimensionar la sección de las bases, con la ecuación 10 se obtiene.

$$S_{\text{base}} = \frac{|M_{\text{máx}}|}{\sigma_{\text{adm}}}$$

$$S_{\text{base}} = \frac{118,19 \text{ Nm}}{90 \text{ MPa}}$$

$$S_{\text{base}} = 0,000001313 \text{ m}^3 = 1313 \text{ mm}^3$$

Concluyendo que se necesita un elemento estructural con módulo de sección igual o inmediato superior a  $1313 \text{ mm}^3$ . Por lo tanto, se usará un tubo cuadrado de  $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 2,5\text{mm}$  para la base la grúa móvil, con la finalidad de hacerlo más estable y estético con la columna.

#### 4.3.3.7. Selección de las ruedas para desplazamiento

En las ruedas se reparte la fuerza resultante, al convertir de N a kg, para saber la masa que resistirá cada rueda, se procede de la siguiente manera, cabe resaltar que la rueda 1 tiene una fuerza negativa y hacia abajo, indicando que queda “volando” después de cargarlo.

$$m_2 = \frac{R_2}{g} = \frac{2140 \text{ N}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 218,14 \text{ kg}$$

$$m_3 = \frac{R_3}{g} = \frac{107 \text{ N}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 10,907 \text{ kg}$$

Del resultado obtenido, se necesita una rueda que soporte 218,14 kg o el inmediato superior que se pueda encontrar en el mercado.

#### 4.3.4. Análisis cinético para la grúa móvil

Es necesario determinar la fuerza que se debe aplicar en el mango de la grúa, por eso es necesario saber que la velocidad limitante para la grúa es de 0.1 m/s constante, donde primero se debe mover toda la estructura de la grúa móvil, cuando se llega a la velocidad de 0,1 m/s, con aceleración igual a 0, la fuerza necesaria será

igual al coeficiente de rozamiento del piso por la fuerza normal resultante. En la Fig. 41 se puede observar el diagrama cinético:

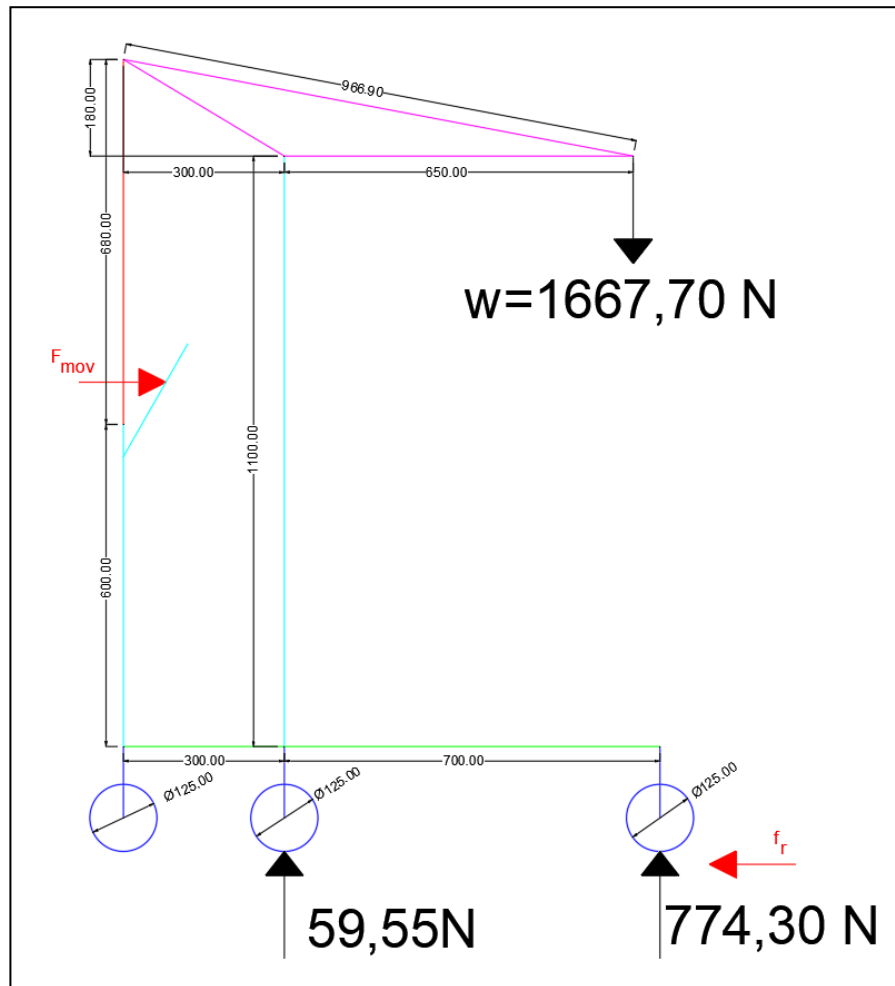


Fig. 41. Diagrama cinético para análisis de la grúa móvil.

En primer lugar, la reacción normal en el piso será:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{N\text{piso}} = 59,55 \text{ N} + 774,30 \text{ N}$$

$$R_{N\text{piso}} = 833,85 \text{ N}$$

Considerando que se hizo un análisis de la mitad de la base, por ende, la reacción normal total en todo el piso donde se desplaza la grúa es:

$$R_{NT\text{piso}} = 2R_{N\text{piso}}$$

$$R_{NT\text{piso}} = 2(833,45 \text{ N})$$

$$R_{NT\text{piso}} = 1667,70 \text{ N}$$

Considerando un coeficiente de rozamiento para pisos sanitarios de 0,15; se puede calcular la fuerza de rozamiento, contraria al movimiento.

$$f_r = \mu R_{NT\text{piso}}$$

$$f_r = 0,15(1667,70 \text{ N})$$

$$f_r = 250,155 \text{ N}$$

Ahora, para poder determinar el valor de la fuerza F, la que servirá para poder mover la grúa, considerando que parte del reposo y llega hasta 0,1 m/s de velocidad final en un tiempo de 1 segundo, se procede de la siguiente manera:

$$\Sigma F_x = ma_x$$

$$\Sigma F_x = m \frac{dv}{dt}$$

$$(F - f_r)dt = mdv$$

Reemplazando datos e integrando:

$$(F - 250,155 \text{ N}) \int_0^{1 \text{ s}} dt = 170 \text{ kg} \int_0^{0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}} dv$$

$$F - 250,155 \text{ N} = 170 \text{ kg} \left( \frac{v_0^{0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}{t_0^{1 \text{ s}}} \right)$$

$$F = 250,155 \text{ N} + 170 \text{ kg} \left( \frac{0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1 \text{ s}} \right)$$

$$F = 267,155 \text{ N} \approx 27,23 \text{ kg}$$

El personal encargado de movilizar al paciente deberá hacer uso de ambas manos, donde debe aplicar la mitad en cada una, es decir, de 133,578 N o 13,616 kg. Cabe mencionar que una vez alcanzando la velocidad constante, la fuerza necesaria será de 250,155 N o 25,50 kg. La fuerza en cada mano será entonces de 125,078 N o 12,75 kg.

#### **4.4. Evaluación del diseño de la grúa móvil para corroborar que cumple con las especificaciones requeridas**

##### **4.4.1. Simulación en SolidWorks**

Para empezar con la simulación de la grúa móvil, se procede a modelar pieza a pieza. Cabe mencionar que se realizaron pruebas antes de llegar al modelo final, donde el software calculaba un factor de seguridad (FDS) menor de 3 en ciertas zonas, por lo que se procedió a reforzar sus elementos. El modelo final se detalla paso a paso a continuación.

##### **Primer paso: Modelado del brazo móvil**

En primer lugar, se empieza con el brazo móvil para la grúa (Anexo 7). En la Fig. 42 se observa el modelado de dicha pieza reforzada.

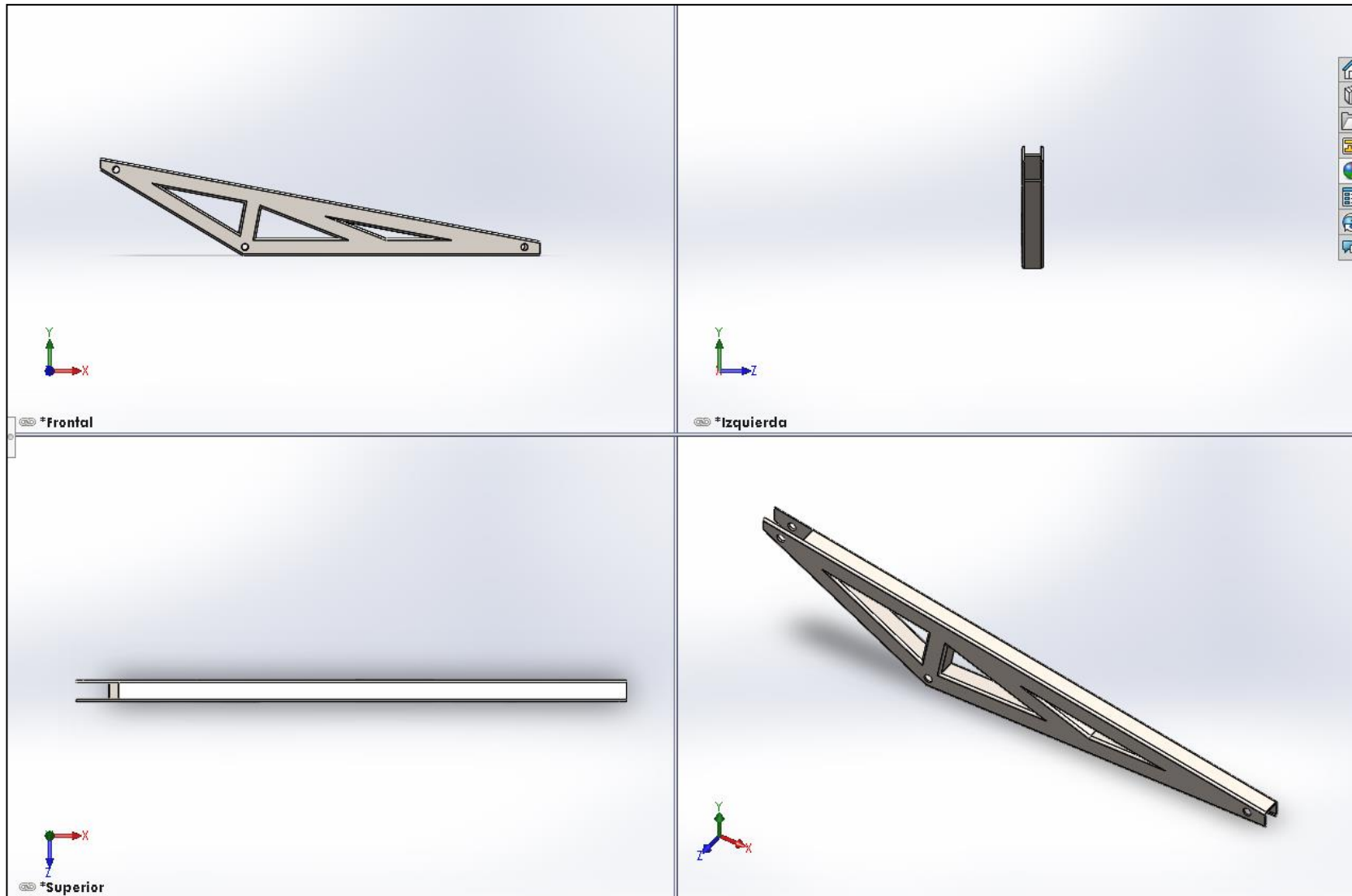


Fig. 42. Vistas del modelado del brazo móvil reforzado. (SolidWorks 2018)

### Segundo paso: Modelado de la columna para la grúa móvil

De acuerdo a las medidas descritas para la columna en el Anexo 8, en la Fig. 43 se puede observar el modelado final creado para dicha columna.

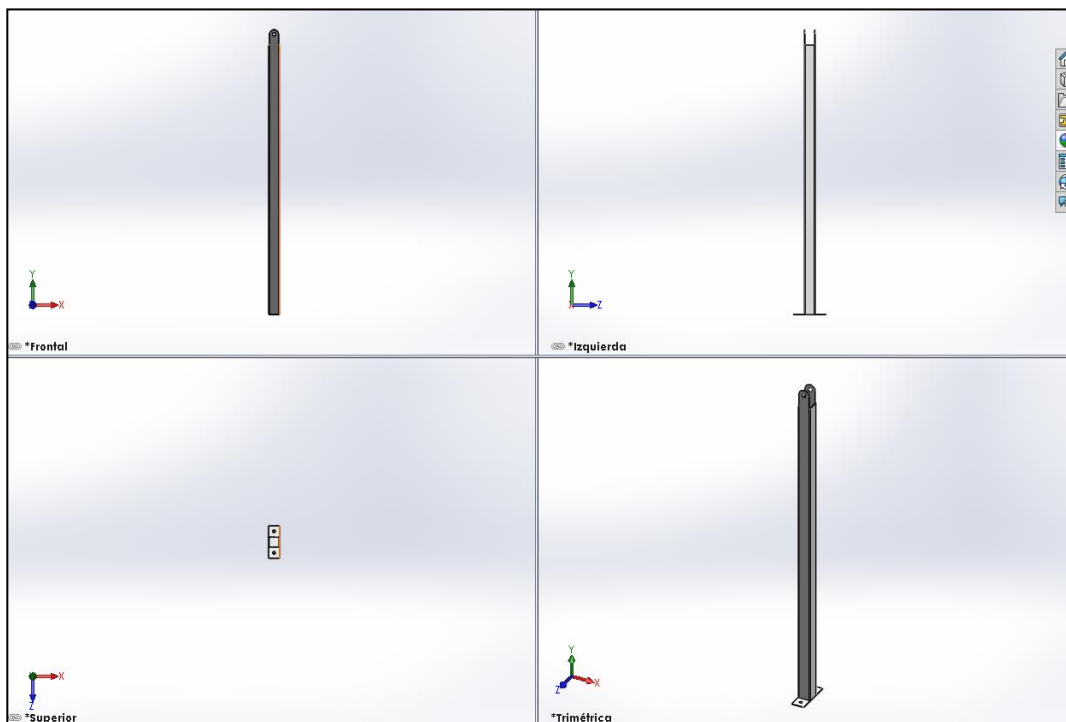


Fig. 43. Vistas del modelado de la columna. (SolidWorks 2018)

### Tercer paso: Modelado del soporte para el actuador lineal

Para poder ensamblar el actuador lineal entre el brazo móvil y la base, es necesario de una base especial para el mismo, en la Fig. 44 se puede observar el modelado de dicha pieza. (Anexo 9)

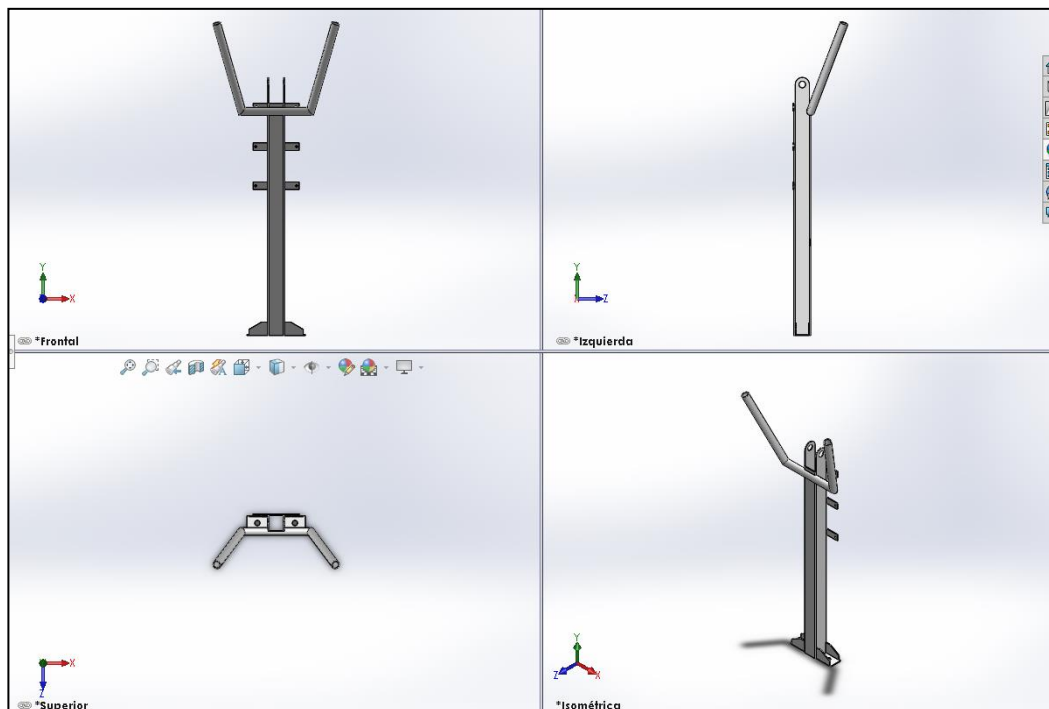


Fig. 44. Vistas del modelo para la base del actuador lineal. (SolidWorks 2018)

#### **Cuarto paso: Modelado de la base de la grúa móvil**

La base de la grúa servirá para que esta se pueda soportar en el suelo y pueda quedar horizontal. En la Fig. 45 se detalla el modelado, cabe indicar que tendrá 5 ruedas en la base para el equilibrio y desplazamiento de la grúa móvil. (Anexo 10)

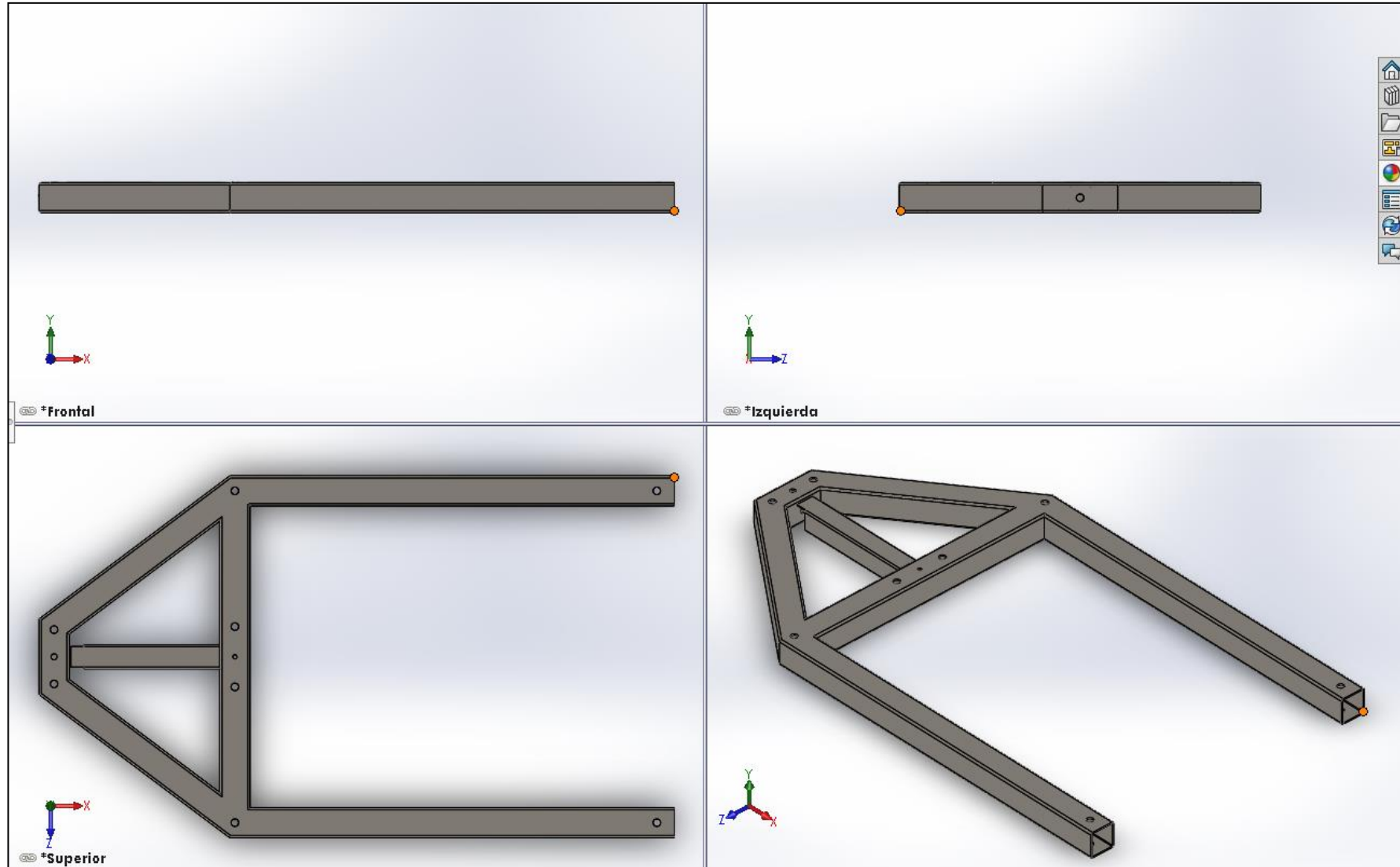


Fig. 45. Vistas de la base para la grúa móvil. (SolidWorks 2018)

### Quinto paso: Modelado del diseño del gancho o percha

Para poder levantar a los pacientes, es necesario el uso de un gancho o percha que pueda soportar el peso de ellos. En el Anexo 11 se aprecia el plano para modelar dicho gancho.

En la Fig. 46 se observa el modelo creado del gancho o percha.

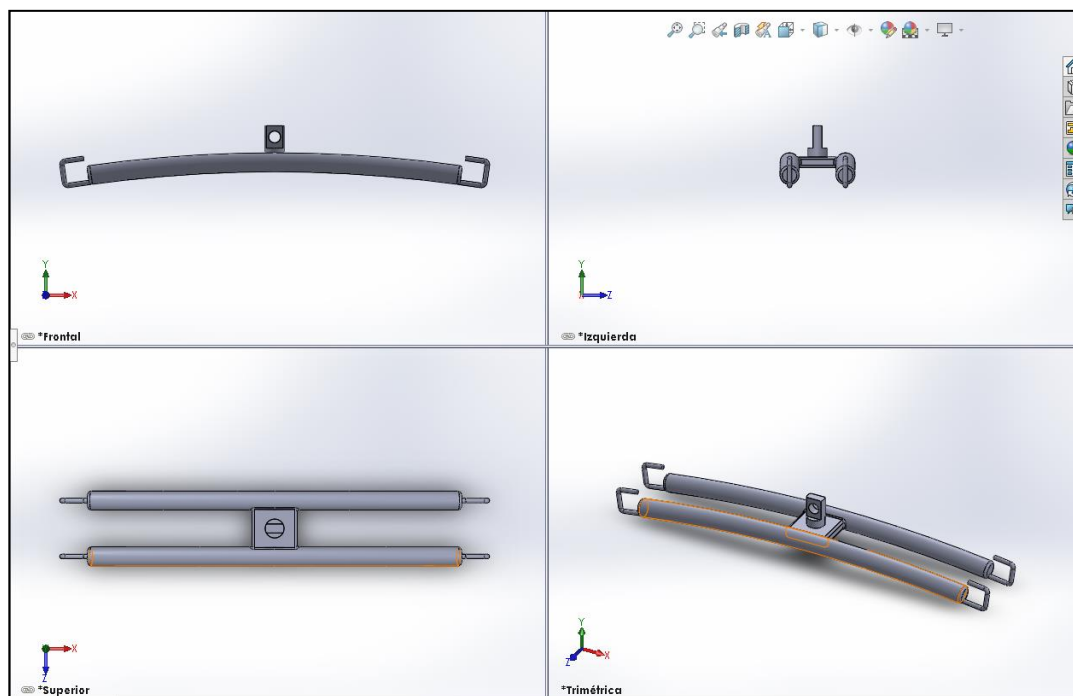


Fig. 46. Vistas del modelo para el gancho o percha. (SolidWorks 2018)

### Sexto paso: Ensamblaje de las piezas para la grúa móvil

Finalmente, para poder obtener la grúa móvil, se ensamblan todas las piezas una a una, que encajen de forma correcta, para luego realizar el análisis estático, para hallar las fuerzas actuantes, esfuerzos, deformaciones, factores de seguridad, entre otros datos importantes para el correcto diseño de la grúa móvil en mención.

La Fig. 47 muestra el modelado del ensamblaje final.

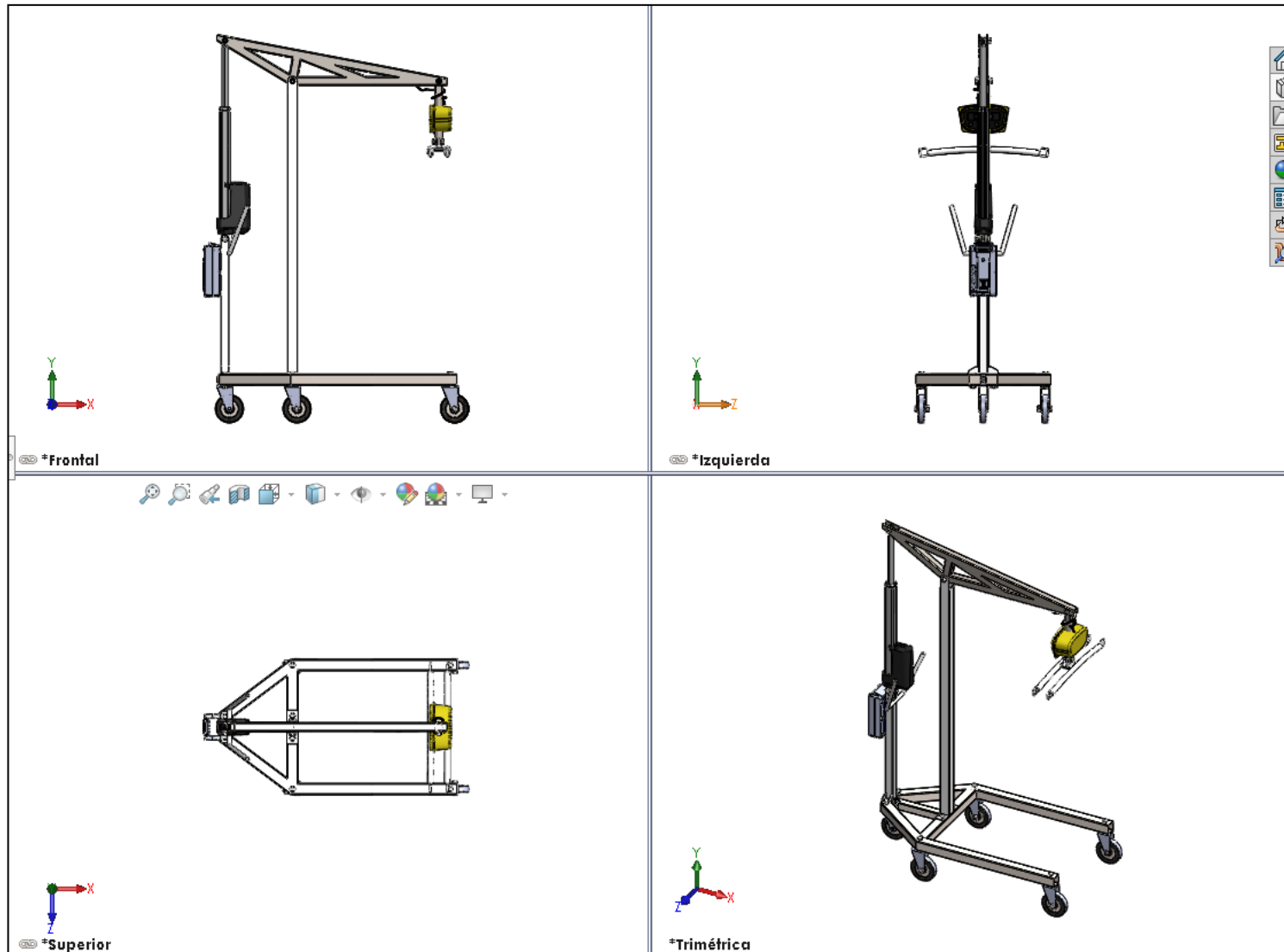


Fig. 47. Vistas del modelo ensamblado para la grúa móvil. (SolidWorks 2018)

En la Fig. 48 se observa el modelo en 3D del ensamblado final de la grúa móvil, en los cuales pueden observarse los elementos siguientes:

- Actuador Lineal LINAK LA36.
- Brazo móvil.
- Columna o mástil.
- Base para actuador.
- Base para la grúa móvil.
- Gancho o percha.
- Ruedas referenciales. (Anexo 5)
- Balanza referencial. (Anexo 6)
- Pernos para unir los elementos estructurales y componentes.
- Cableado para sistema de control. (Ver Fig. 49)

La Fig. 48 muestra la vista isométrica del ensamblaje con todos los componentes para la grúa móvil propuesta.

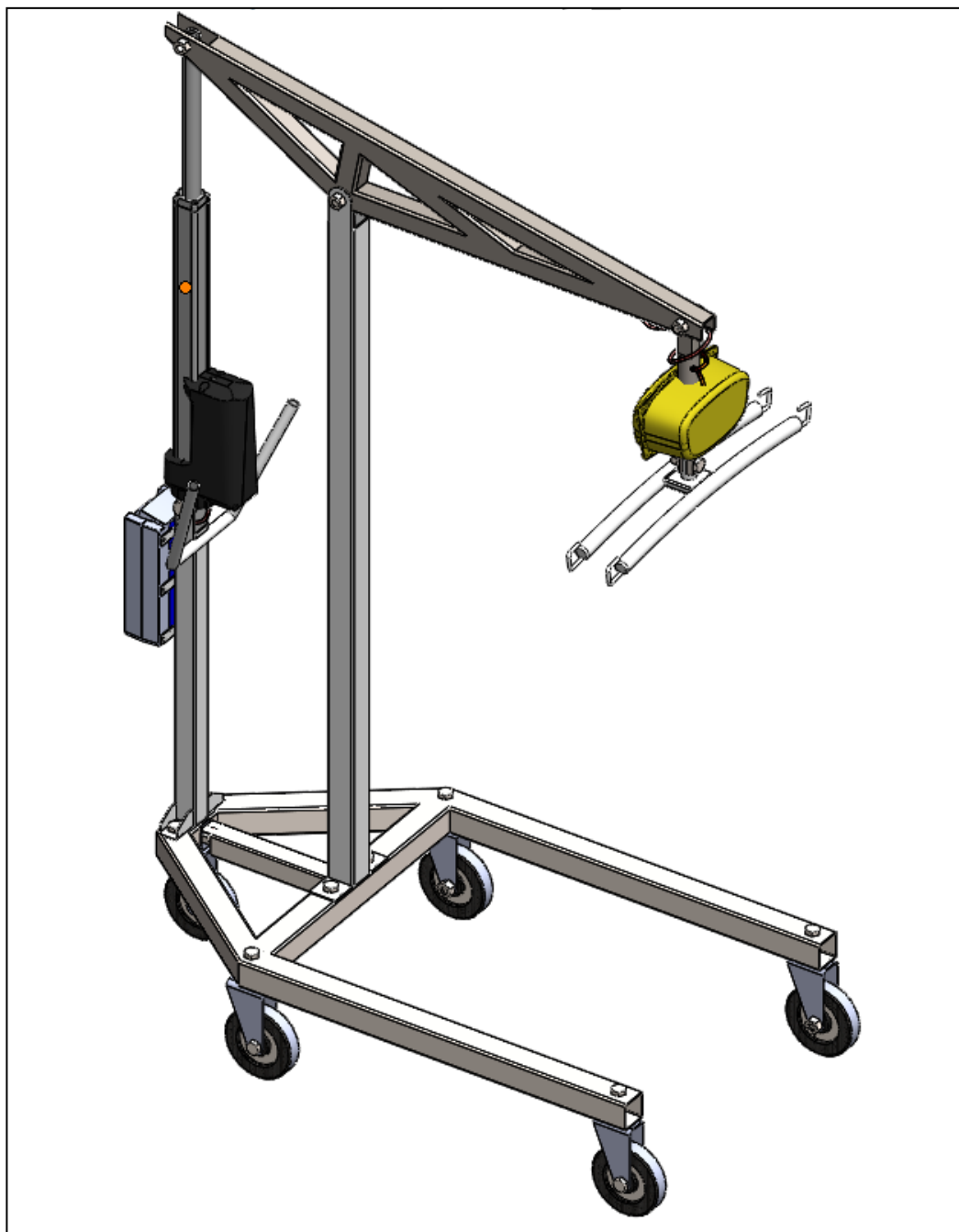


Fig. 48. Vista Isométrica del Modelo 3D del ensamblaje para la grúa móvil. (SolidWorks 2018)

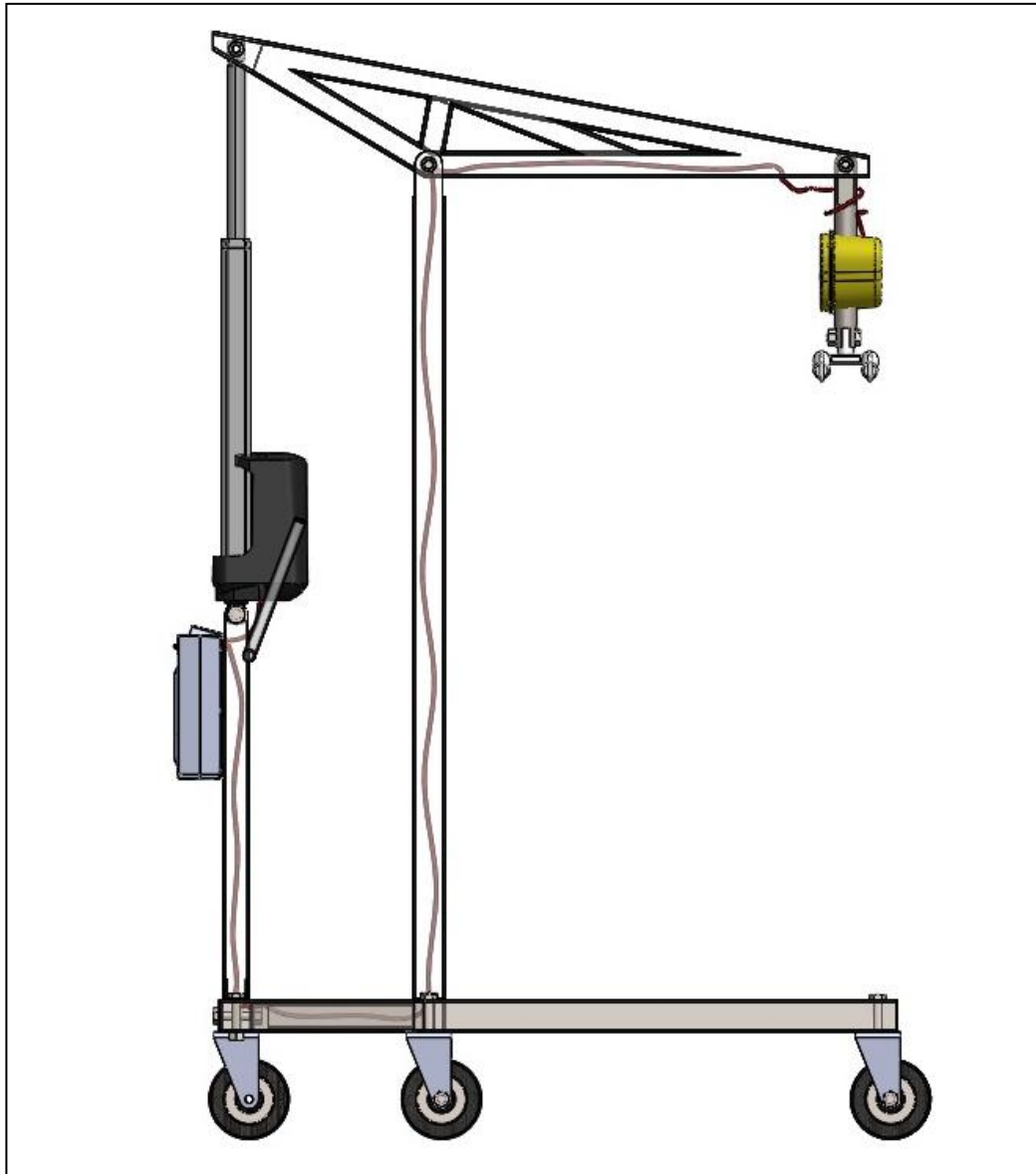


Fig. 49. Recorrido del cableado del sistema de control. (SolidWorks 2018)

### **Séptimo paso: Simulación del Análisis estático**

Para poder llevar a cabo dicho análisis es necesario convertir todos los elementos estructurales modelados como sólidos, ya que SolidWorks lo considera como vigas, con la finalidad de poder agregarle los pernos sin problemas. Se agregan las restricciones, que sean fijas en las cinco ruedas que se están considerando en la base, luego se debe configurar todo el ensamblaje como una pieza rígida y que los contactos entre los elementos y los pernos deben considerarse de la misma forma. Seguidamente, se debe considerar el material, en este caso el Acero ASTM A500 con un límite elástico de 270 MPa.

Posteriormente, se agregan uno a uno los pasadores o pernos considerados, teniendo en cuenta donde van colocados los de  $\frac{1}{2}$  pulgada y  $\frac{5}{8}$  pulgada.

Luego se agrega la carga en el extremo del brazo móvil, que es de 170 kg o su equivalente a 1667,7 N. Una vez configurado todo lo anteriormente mencionado, se procede enmallar el ensamblaje teniendo en cuenta que los elementos cuentan con curvaturas, se debe crear dicha malla basada en curvatura. (Fig. 50)

#### Información de malla

Tipo de malla	Malla mixta
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	En los nodos
Verificación jacobiana para el vaciado	Activar
Tamaño máximo de elemento	30 mm
Tamaño mínimo del elemento	6 mm
Trazado de calidad de malla	Malla solida
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Fig. 50. Información de mallado para el modelado de la grúa móvil. (SolidWorks 2018)

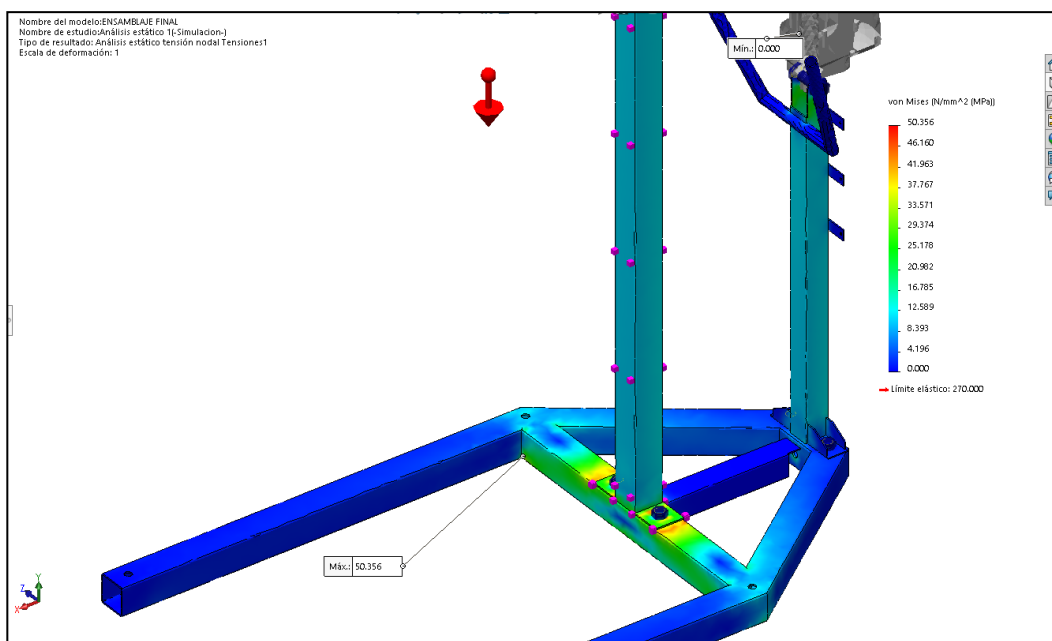


Fig. 51. Esfuerzos obtenidos de la Simulación. (Uso de SolidWorks 2018)

De acuerdo a la Fig. 51, se puede apreciar un esfuerzo máximo de 50,356 MPa el cual es inferior al esfuerzo admisible propuesto de 90 MPa, indicando que la selección de las secciones de los materiales ha sido correcta.

Luego, se procedió a verificar el factor de seguridad mínimo y el global de la grúa móvil, obteniendo un valor de 5,362 superior al valor planteado que era de 3, nuevamente pasando la prueba de que los cálculos fueron correctos. En la Fig. 52 se observa el factor de seguridad mínimo obtenido mediante el uso del software SolidWorks 2018.

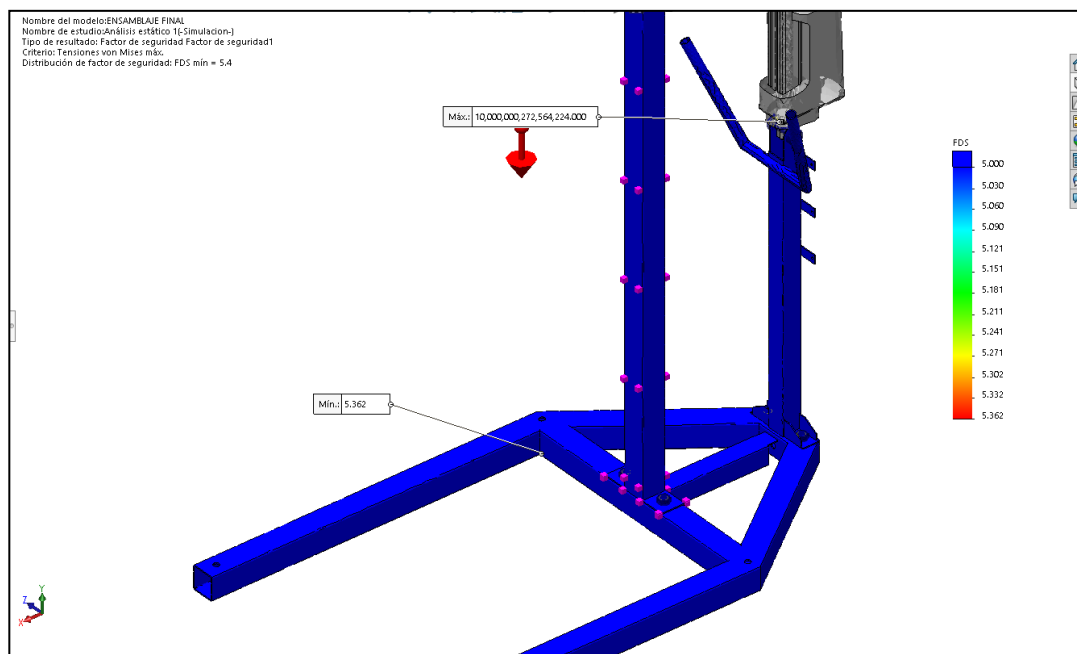


Fig. 52. Factor de seguridad obtenidos de la simulación. (Uso de SolidWorks 2018)

Luego, se procede a analizar si los pasadores o pernos seleccionados cumplen con el factor de seguridad propuesto. El software indica en color verde si pasaron dicha prueba y en color rojo cuando es necesario prestar atención en los que se requiera. Como conclusión, se puede observar que los 7 pernos cumplen, pasando con un factor de seguridad superior a 8. En la Fig. 53 se aprecia dicha información.

Fuerza de conector

Nombre de estudio: Análisis estático 1

Conector: Todos los conectores Unidades: SI

Tipo de conector: Conector

Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante	Conector
Fuerza cortante (N)	-6.1331	-2594.9	0	2594.9	Refrentado con tuerca-9
Fuerza axial (N)	0	0	3.2166	3.2166	Refrentado con tuerca-9
Momento flector (N.m)	-3.0791	0.0044802	0	3.0791	Refrentado con tuerca-9
Torsión (N.m)	0	0	0	0	Refrentado con tuerca-9
Fuerza cortante (N)	3.1391	0	-3.5453	4.7353	Refrentado con tuerca-10
Fuerza axial (N)	0	6.6806	0	6.6806	Refrentado con tuerca-10
Momento flector (N.m)	0.090373	0	0.080026	0.12071	Refrentado con tuerca-10
Torsión (N.m)	0	0	0	0	Refrentado con tuerca-10
Fuerza cortante (N)	3.1036	0	2.8518	4.2149	Refrentado con tuerca-11
Fuerza axial (N)	0	6.9179	0	6.9179	Refrentado con tuerca-11
Momento flector (N.m)	-0.073524	0	0.079411	0.10822	Refrentado con tuerca-11
Torsión (N.m)	0	0	0	0	Refrentado con tuerca-11
Fuerza cortante (N)	0.36144	0	-15.887	15.891	Refrentado con tuerca-12
Fuerza axial (N)	0	1.8632	0	1.8632	Refrentado con tuerca-12
Momento flector (N.m)	0.39231	0	0.009025	0.39241	Refrentado con tuerca-12
Torsión (N.m)	0	0	0	0	Refrentado con tuerca-12
Fuerza cortante (N)	0.92604	0	15.211	15.239	Refrentado con tuerca-13
Fuerza axial (N)	0	4.1106	0	4.1106	Refrentado con tuerca-13
Momento flector (N.m)	-0.37752	0	0.022771	0.37821	Refrentado con tuerca-13
Torsión (N.m)	0	0	0	0	Refrentado con tuerca-13
Fuerza cortante (N)	-2.3083	2900.5	0	2900.5	Refrentado con tuerca-14
Fuerza axial (N)	0	0	-3.3477	3.3477	Refrentado con tuerca-14
Momento flector (N.m)	24.91	-0.15191	0	24.911	Refrentado con tuerca-14
Torsión (N.m)	0	0	-0	0	Refrentado con tuerca-14
Fuerza cortante (N)	6.0908	2743.6	0	2743.6	Refrentado con tuerca-15
Fuerza axial (N)	0	0	3.7149	3.7149	Refrentado con tuerca-15
Momento flector (N.m)	1.3661	0.005826	0	1.3661	Refrentado con tuerca-15
Torsión (N.m)	0	0	0	0	Refrentado con tuerca-15

Cerrar Guardar Ayuda

Fig. 53. Fuerzas resultantes en pernos obtenidos de la simulación. (Uso de SolidWorks 2018)

Para una mejor apreciación de las reacciones en los pasadores o pernos, estos se muestran en la Fig. 54.

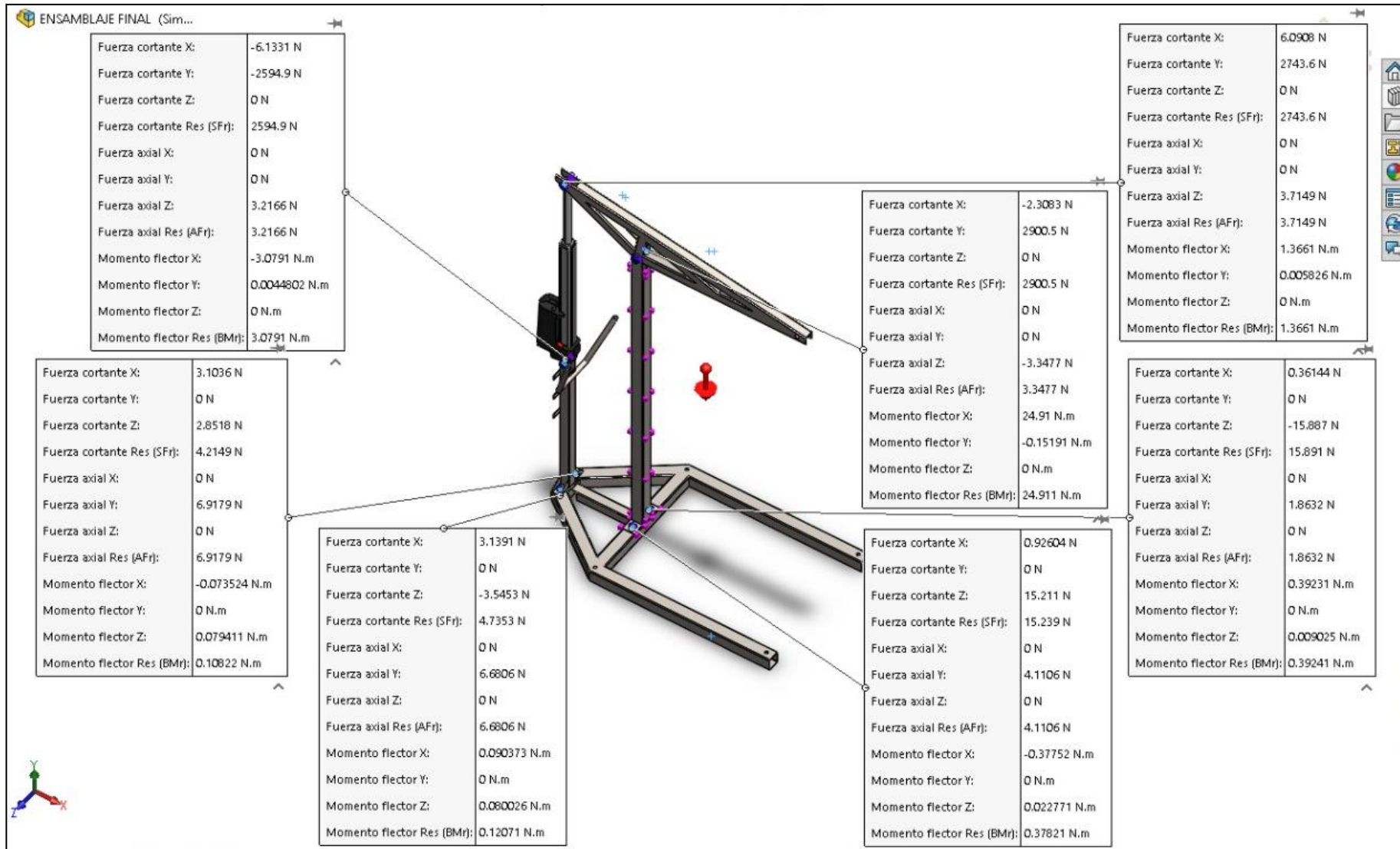


Fig. 54. Reacciones en los contactos. (Uso de SolidWorks 2018)

Finalmente, se comprueba las deformaciones o desplazamientos obtenidos, donde el máximo desplazamiento se da en el extremo donde se carga el brazo móvil, con un valor de 1,773mm. Entonces se puede concluir que este desplazamiento es realmente pequeño, casi imperceptible.

En la Fig. 55, se pueden observar los desplazamientos máximos y mínimos obtenidos mediante el uso de SolidWorks en la grúa móvil.

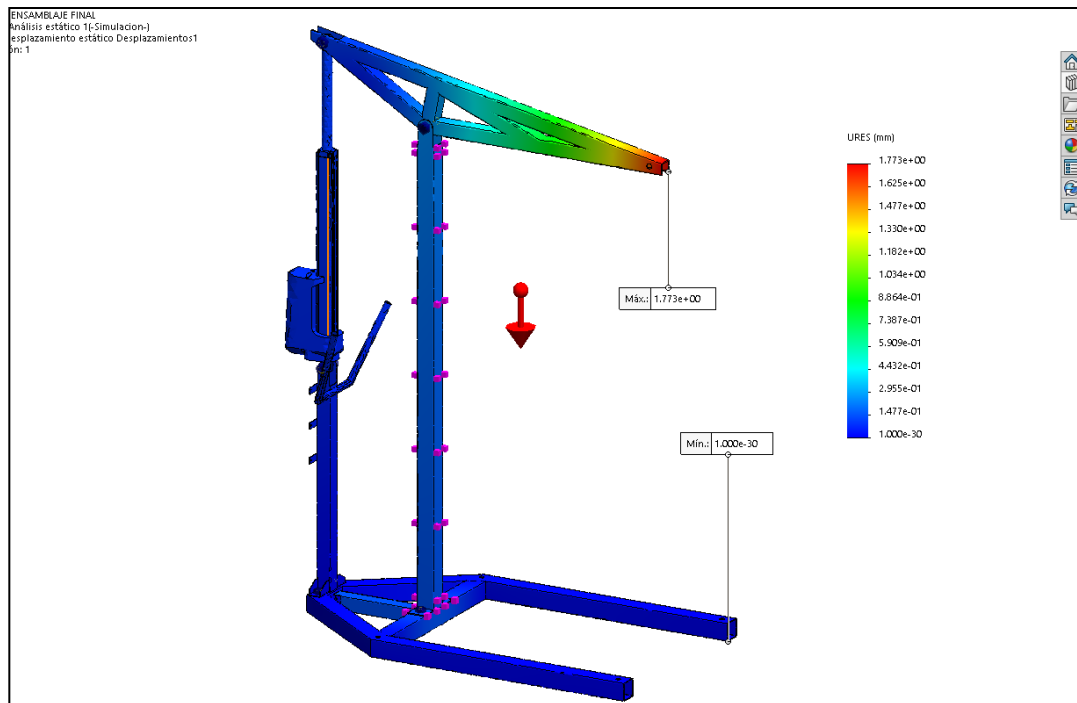


Fig. 55. Desplazamientos obtenidos de la simulación. (Uso de SolidWorks 2018)

#### 4.4.2. Análisis de pandeo en columna

Para dicho análisis, se empleó el software ANSYS, considerando la carga más desfavorable en la posición más crítica, siendo la carga de 170 kg y en el brazo móvil en posición horizontal. En la Fig. 56 se puede observar el modelado del brazo y la columna de la grúa móvil en el software ANSYS para el análisis respectivo de pandeo.

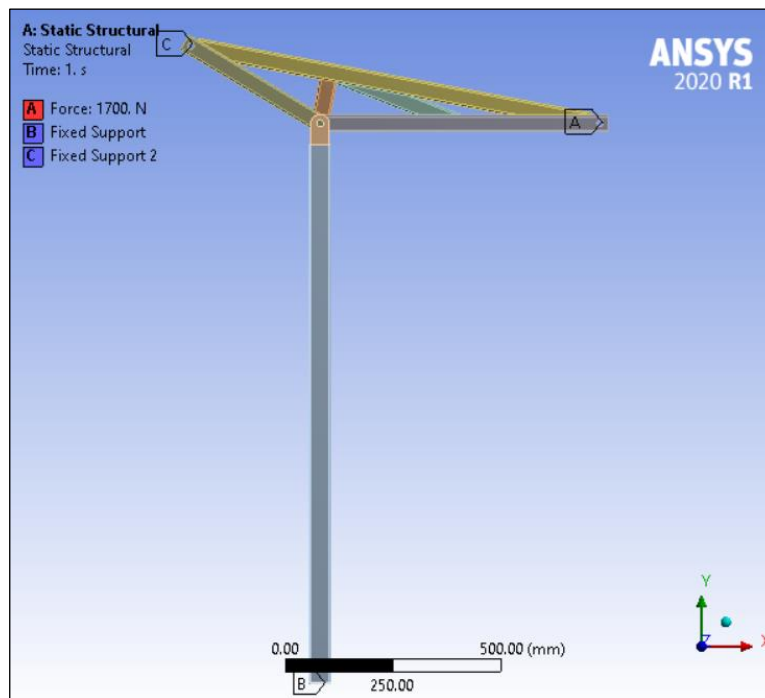


Fig. 56. Modelado de la columna y brazo móvil para análisis de pandeo

### Condiciones de frontera

Las condiciones de sujeción, son sujeciones fijas, en las zonas B y C expuestas en la anterior imagen. Y una carga de 1700 N en la zona A, expuesta en la anterior imagen.

### Malla

Se realizó un mallado sólido hexaédrico de segundo orden, con un control de malla de 5mm. En la Fig. 57 se aprecia el mallado de los elementos involucrados para el análisis de pandeo de la grúa móvil.

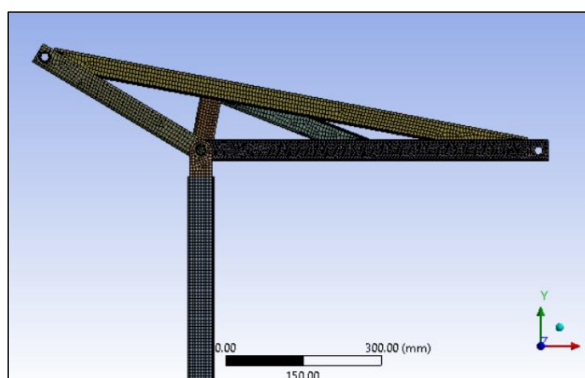


Fig. 57. Mallado de elementos de grúa móvil

Del mallado, se consiguió un número de elementos de 66453 y un número de nodos de 271256.

## Resultados

Se entiende con la siguiente tabla las condiciones en el factor de carga crítica de pandeo (BLF), donde es previsto una condición de pandeo y falla de la estructura.

Tabla 20. Valores de BLF para análisis de pandeo

Valor BLF	Estado del pandeo	Notas
$1 < \text{BLF}$	Pandeo no previsto	Las cargas aplicadas son menos que las cargas críticas calculadas. No se espera el pandeo.
$0 < \text{BLF} < 1$	Pandeo previsto	Las cargas aplicadas superan las cargas críticas calculadas. Se espera el pandeo.
$\text{BLF} = 1$	Pandeo previsto	Las cargas aplicadas son exactamente iguales a las cargas críticas calculadas. Se espera el pandeo.
$\text{BLF} = -1$	Pandeo no previsto	El pandeo se produce cuando se deshacen todas las direcciones de las cargas aplicadas. Por ejemplo, si una barra se encuentra bajo el efecto de una carga de tracción, el BLF debe ser negativo. La barra no se pandeará.
$-1 < \text{BLF} < 0$	Pandeo no previsto	Se predice el pandeo si se invierten todas las cargas.
$\text{BLF} < -1$	Pandeo no previsto	No se predice el pandeo aún si se revierten todas las cargas.

Los resultados del análisis de los 5 primeros modos de pandeo se detallan en la Tabla 21.

Tabla 21. Cinco primeros modos de pandeo

Mode	BLF
1.	5.7245
2.	30.291
3.	30.406
4.	31.087
5.	32.587

En la Fig. 58 se aprecia el multiplicador de carga en cada uno de los modos, siendo 5.7245 en el modo 1, siendo el menor de todos.

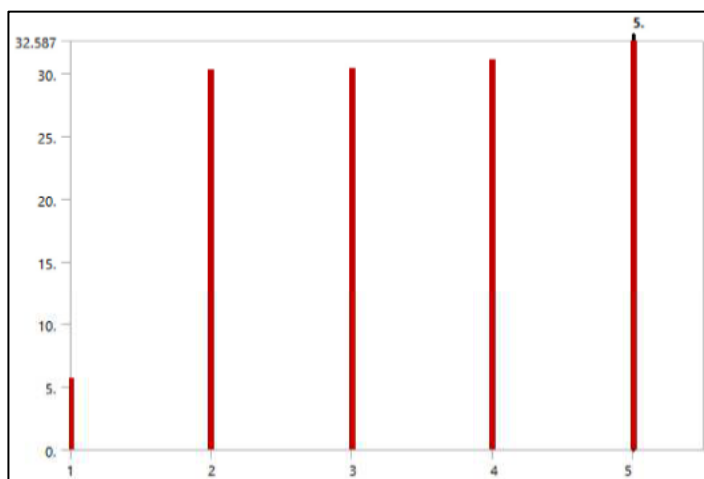


Fig. 58. Multiplicador de carga en cada modo

En las figuras siguientes, se puede observar las amplitudes en los distintos modos de pandeo.

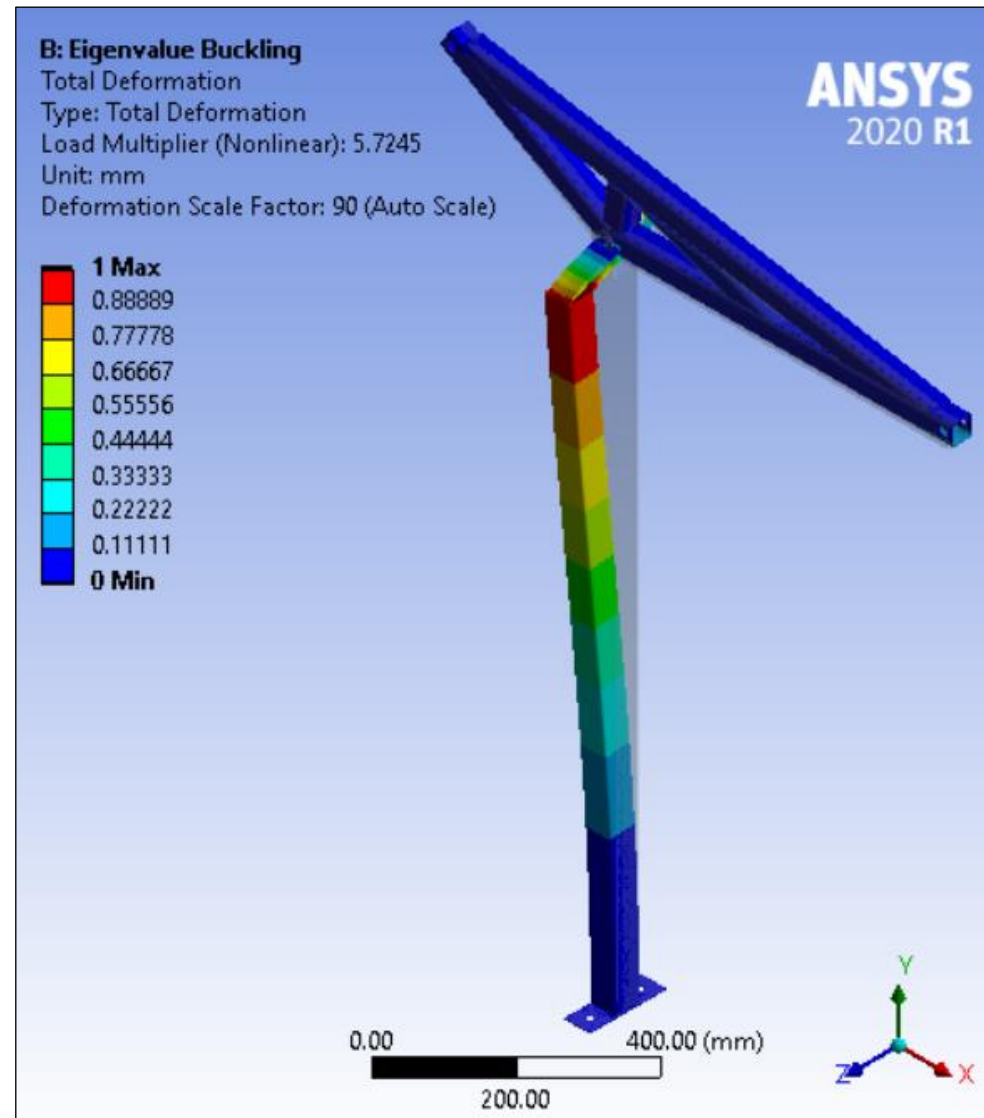


Fig. 59. Amplitud de pandeo del modo 1

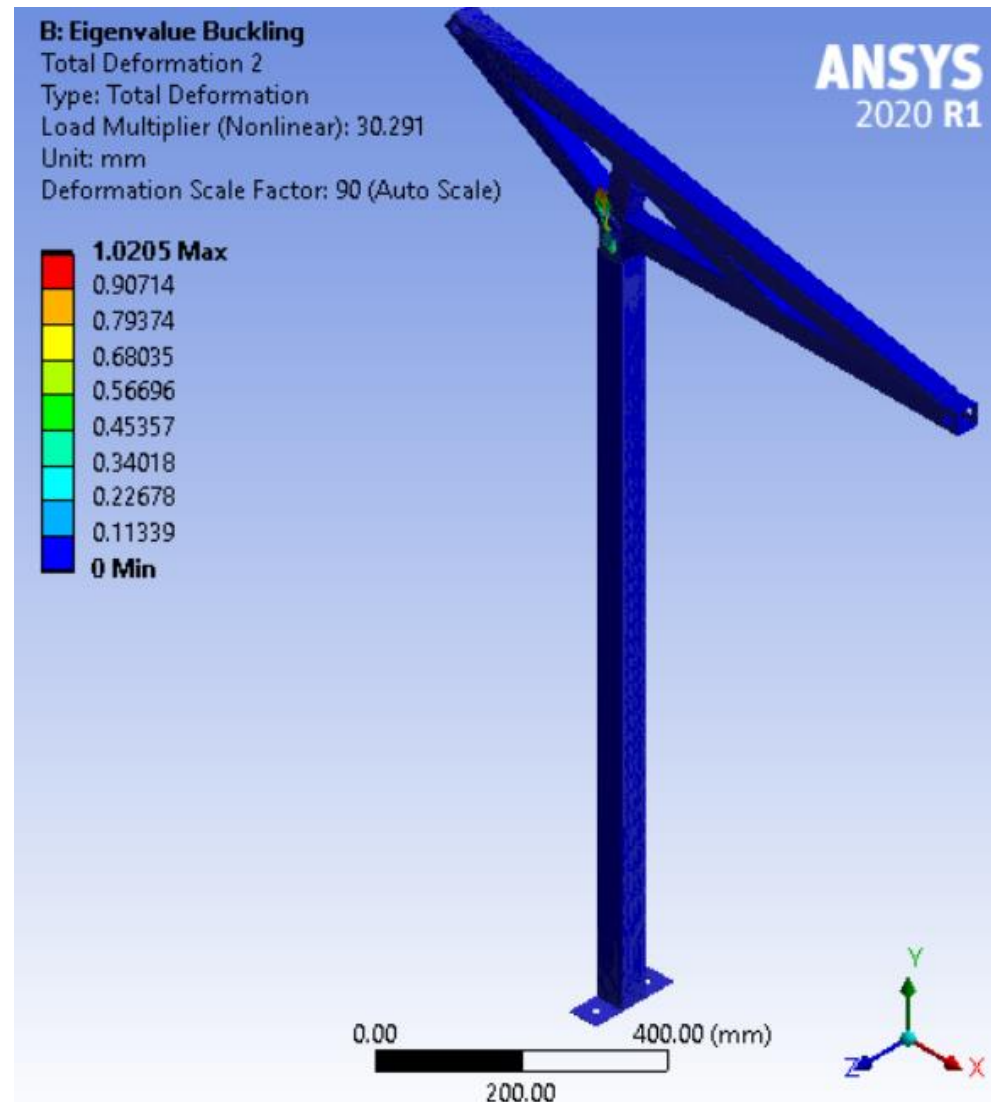


Fig. 60. Amplitud de pandeo del modo 2

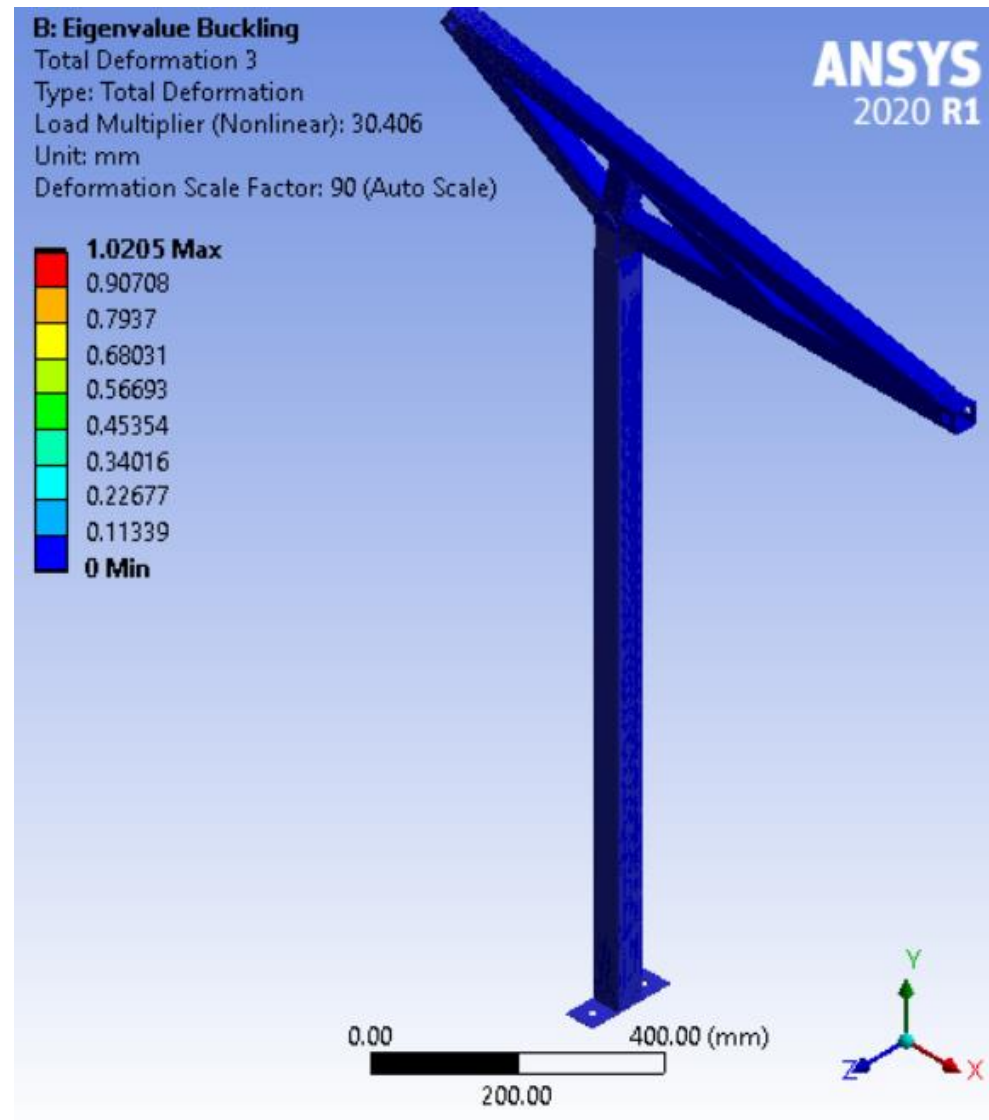


Fig. 61. Amplitud de pandeo del modo 3

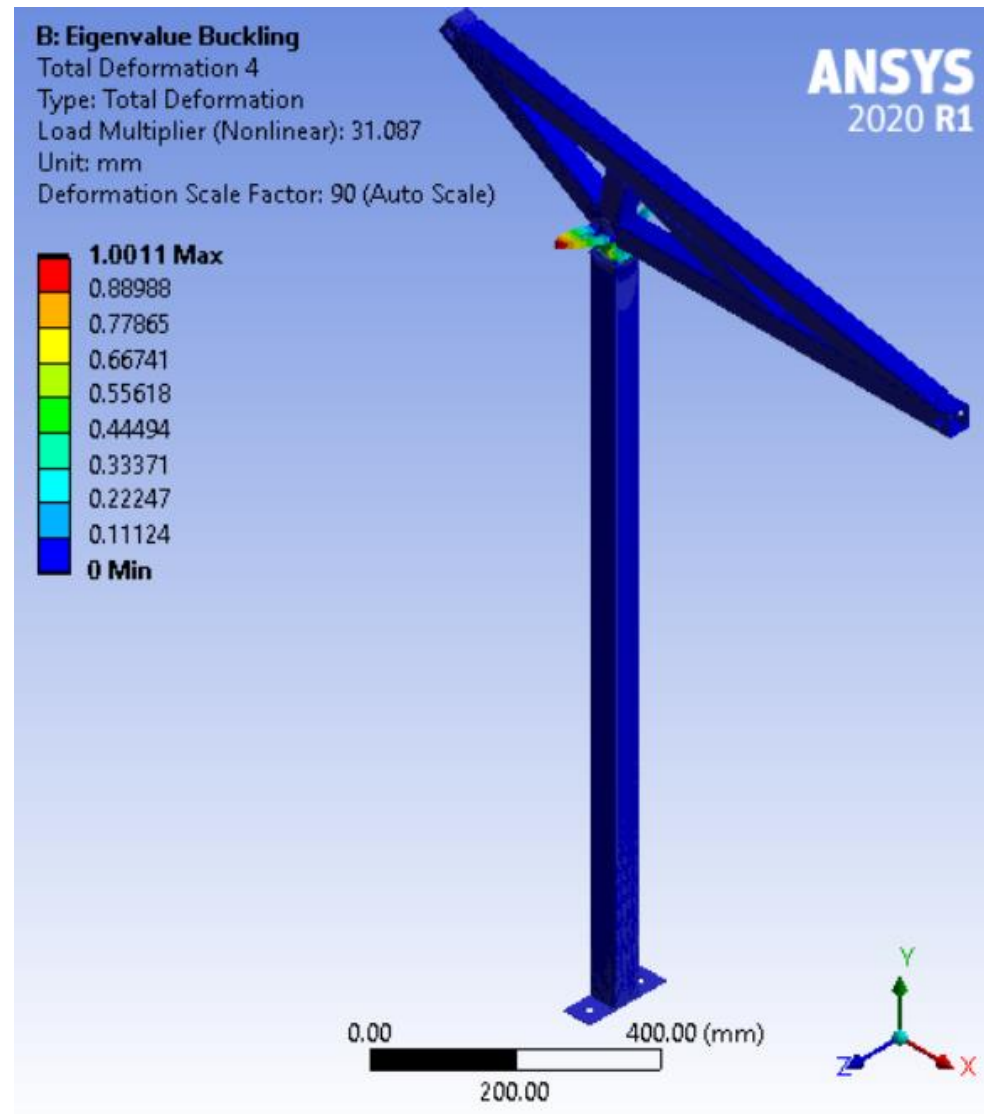


Fig. 62. Amplitud de pandeo del modo 4

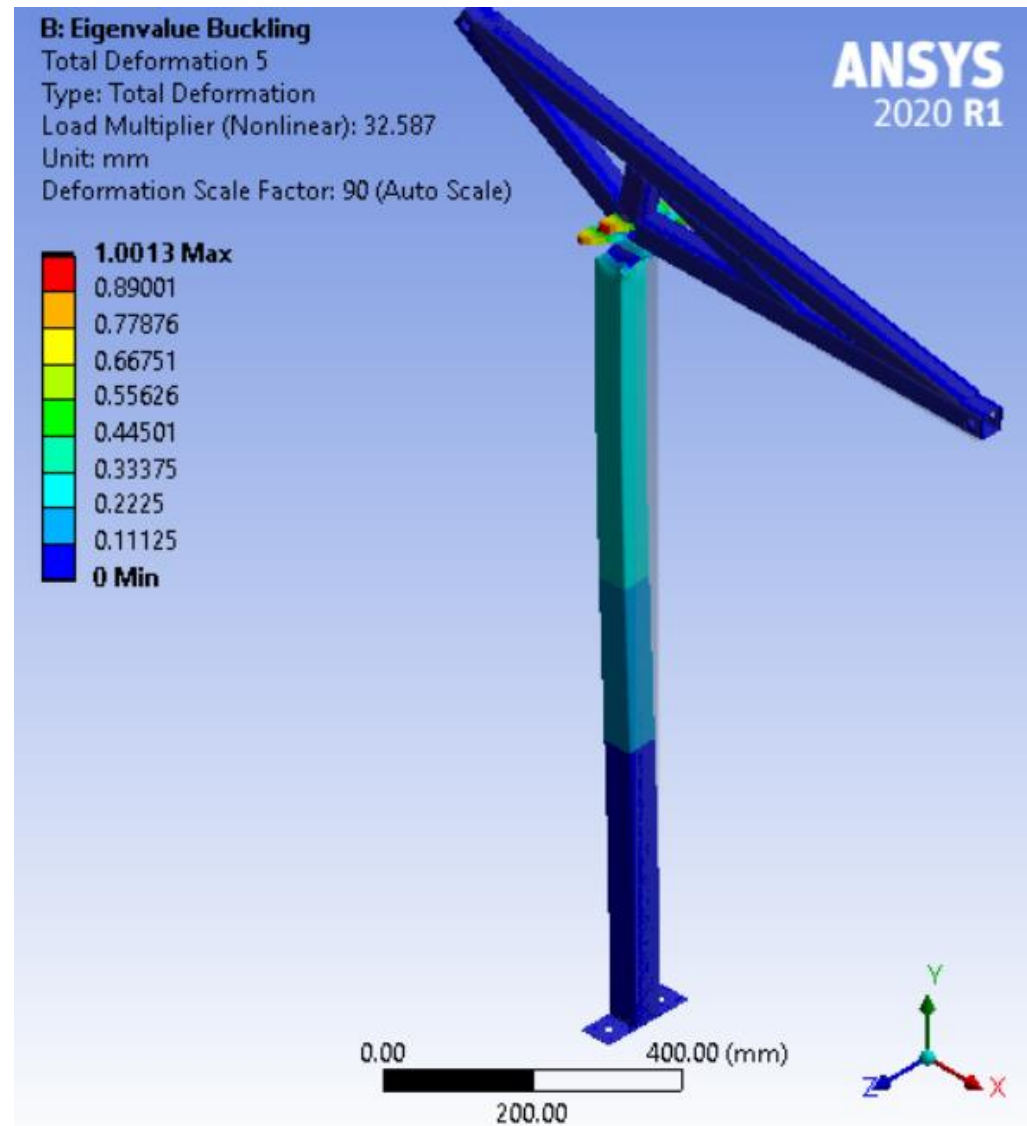


Fig. 63. Amplitud de pandeo del modo 5

## **Conclusiones**

Los resultados del multiplicador de carga del modo 1, siendo el más bajo de todos, indica que no está previsto una condición de pandeo con una carga de servicio de 170 kg.

### **4.4.3. Sistema de control**

El sistema de control consiste en:

- Activar (extender) o desactivar (recoger) el brazo del actuador, para ello se debe tener en cuenta las características técnicas del dispositivo, que influyen en el diseño de la tarjeta electrónica para automatizar su uso.
- Usar una galga extensiométrica de suspensión para medir la masa en kilogramos del paciente (balanza). La capacidad máxima dependerá de la galga seleccionada, que puede fácilmente ser escalable.
- Medir el consumo del nivel de la batería del equipo, de estar en un nivel menor del 11% se activará una sirena.
- Para alimentar el sistema de control se utilizará una batería LINAK BAJL (Anexo 4).

### **Tarjeta electrónica**

La tarjeta electrónica se puede dividir en dos etapas bien diferenciadas:

#### **Controlador Digital**

En esta etapa, se puede observar que el componente principal es la tarjeta Nano Arduino, la cual se encarga de verificar que botón se ha presionado para activar el funcionamiento del controlador lineal, a través de dos líneas de control de 5VDC, que van a la siguiente etapa de potencia. Además, es capaz de medir el nivel de la galga, para mostrar la masa del paciente en una pantalla LCD de dos líneas por dieciséis caracteres cada una. También mostrará en pantalla el nivel de consumo de batería. Se debe mencionar que el sistema del controlador digital se puede implementar con otras tecnologías, las cuales para este proyecto el factor predominante es costo económico y la facilidad en la programación de las tarjetas. A continuación, se muestra el código fuente que se utilizó para programar todo el sistema de control.

CÓDIGO FUENTE:

```

#include<LiquidCrystal.h>

// DECLARACIÓN DE PINES DE LOS SENSORES
const int PIN_SB=A0;    // PIN DEL SENSOR DEL NIVEL DE BATERÍA
const int PIN_GALGA=A1; // PIN DE LA GALGA (BALANZA)
// DECLARACIÓN DE PINES DEL BLUETOOTH
const int BO=2;        // PIN DE ALIMENTACIÓN DEL BLUETOOTH (ON // OFF)
// DECLARACIÓN DE PINES DE LOS BOTONES
const int BR=3;        // BOTÓN RETRACTOR
const int BE=4;        // BOTÓN EXTENSOR
// DECLARACIÓN DE PINES DE LAS SALIDAS DE CONTROL
const int E=5;
const int R=6;
// DECLARACIÓN DE LOS PINES DE LA PANTALLA
LiquidCrystal lcd(12,11,10,9,8,7);
// PIN A LA SIRENA
const int SIRENA=13;
// VARIABLES DEL BLUETOOTH
char NOMBRE_BLUETOOTH[17]="ACTUADOR LINEAL";
char PIN[5]="4488";
char VELOCIDAD='4'; //9600 BAUDIOS
char ROLE='0';      //MAESTRO:1 - ESCLAVO:0
// VARIABLES DE LA BATERÍA
int ADC_BATERIA;
float NIVEL_BATERIA;
// VARIABLES DE LA GALGA
int ADC_GALGA;
float NIVEL_GALGA;
// VARIABLE DEL PUERTO SERIAL (BLUETOOTH)
int DATO=0;

/*HIGH: PIN A 5VDC --- LOW PIN A 0VDC */

void setup()
{
  // INICIALIZO LA COMUNICACIÓN SERIAL BLUETOOTH (9600 BAUDIOS)
  Serial.begin(9600);
  // MÓDULOS DE LA PANTALLA LCD
  lcd.begin(16,2); // inicializa el LCD
  lcd.clear();    // LIMPIA LA PANTALLA LCD
  // CONFIGURACION DE LOS PINES USADOS
  pinMode(SIRENA,OUTPUT);
  pinMode(BO,OUTPUT);
  pinMode(E,OUTPUT);
  pinMode(R,OUTPUT);
  pinMode(BE,INPUT);
  pinMode(BR,INPUT);
  // INICIALIZO LOS PINES DE SALIDA
  digitalWrite(E,LOW);
  digitalWrite(R,LOW);
  digitalWrite(BO,LOW);
  digitalWrite(SIRENA,LOW);
  lcd.setCursor(3,0);lcd.print("ENCENDIENDO");
  lcd.setCursor(3,1);lcd.print("ESPERE...");
}

```

```

    delay(7000);lcd.clear();digitalWrite(BO,HIGH);
}

void loop()
{
  /* VERIFICA SI HAY DATO ENVIADO DESDE LA APP */
  // LOS DATOS PUEDEN SER CAMBIADOS DEPENDIENDO DE LA APP USADA
  if(Serial.available())
  {
    DATO=Serial.read();
    if(DATO=='E')
      {digitalWrite(E,HIGH);digitalWrite(R,LOW);delay(200);digitalWrite(E,LOW);}
    if(DATO=='R')
      {digitalWrite(E,LOW);digitalWrite(R,HIGH);delay(200);digitalWrite(R,LOW);}
    if(DATO=='P')
      {digitalWrite(E,LOW);digitalWrite(R,LOW);delay(200);}
    if(DATO=='A')
      {digitalWrite(E,HIGH);digitalWrite(R,HIGH);delay(200);}
  }
  /* TESTEO DEL NIVEL DE BATERÍA */
  ADC_BATERIA=analogRead(PIN_SB);
  NIVEL_BATERIA=(5.0/1024.0)*ADC_BATERIA*20; //YA ESTÁ EN PORCENTAJE
  /* TESTEO DEL NIVEL DE LA GALGA */
  ADC_GALGA=analogRead(PIN_GALGA);
  NIVEL_GALGA=(5.0/1024.0)*ADC_GALGA;
  /* VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS EN PANTALLA LCD */
  lcd.setCursor(0,0);lcd.print("MASA: ");lcd.print(String(NIVEL_GALGA));
  lcd.setCursor(0,1);lcd.print("BAT: ");lcd.print(String(NIVEL_BATERIA));delay(100);
  /* TRANSMISIÓN DE LOS DATOS VÍA BLUETOOTH (FORMATO: COMUNICACIÓN
SERIAL) */
  Serial.print("M: ");Serial.print(NIVEL_GALGA);Serial.print(" kg - B: ");
  Serial.print(NIVEL_BATERIA);Serial.print(" %");Serial.print(" %\n\r");delay(100);
  /* TESTEO DE LOS NIVELES DE BATERÍA Y ALARMA */
  if(NIVEL_BATERIA<11)
    {digitalWrite(SIRENA,HIGH);delay(200);}
  else
    {digitalWrite(SIRENA,LOW);}
  /* TESTEO DE LOS BOTONES */
  if(digitalRead(BE)==HIGH && digitalRead(BR)==LOW)
    {digitalWrite(E,HIGH);digitalWrite(R,LOW);}
  else
    {if(digitalRead(BE)==LOW && digitalRead(BR)==HIGH)
      {digitalWrite(E,LOW);digitalWrite(R,HIGH);}
    else
      {if(digitalRead(BE)==HIGH && digitalRead(BR)==HIGH)
        {digitalWrite(E,HIGH);digitalWrite(R,HIGH);}
      else
        {digitalWrite(E,LOW);digitalWrite(R,LOW);}
      }
    }
  }
  delay(100);
}
}

```

En la Fig. 64 se muestra el diagrama para la simulación en Proteus.

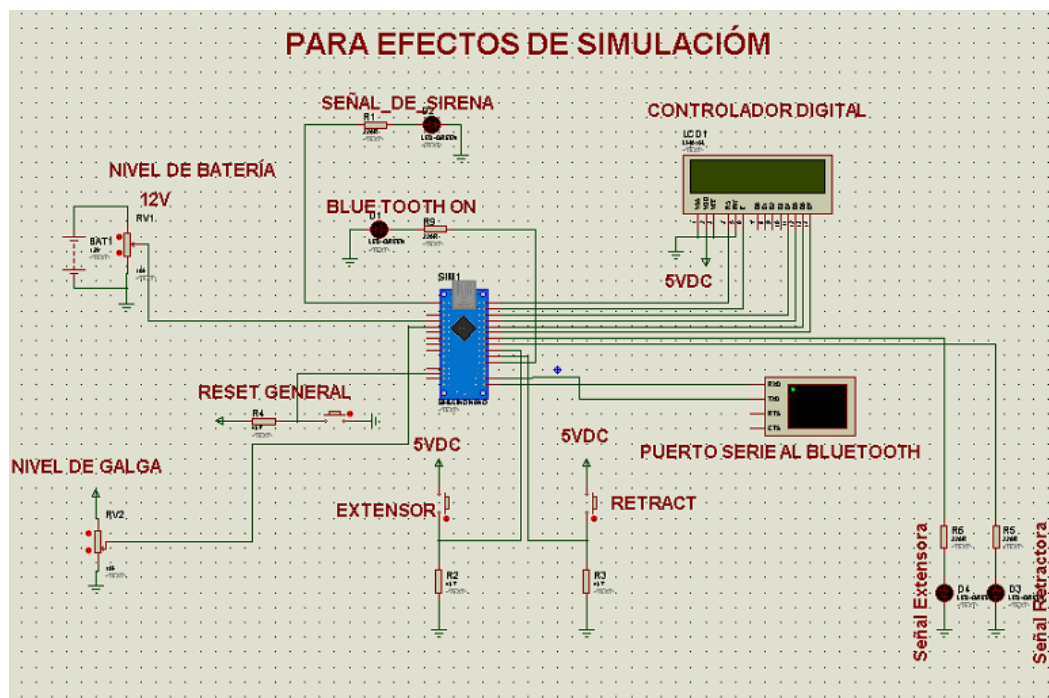


Fig. 64. Diagrama para efectos de Simulación en software Proteus.

El diagrama esquemático de la placa para el uso del actuador lineal se presenta en la Fig. 65.

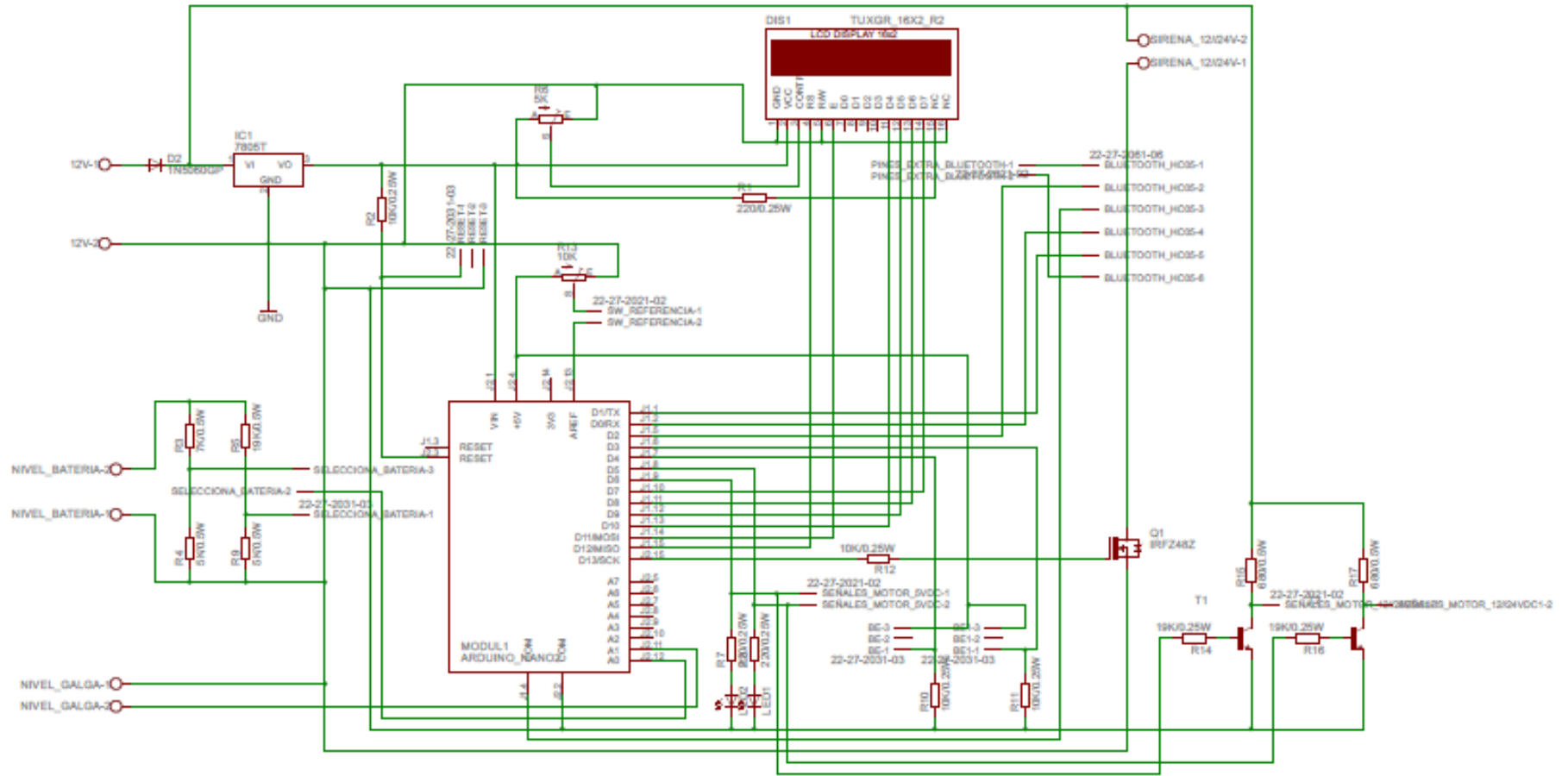


Fig. 65. Esquemático de placa para el control del actuador electromecánico.

La distribución de componentes en la placa que se implementara para el sistema de control del actuador electromecánico, se muestra en la Fig. 66.

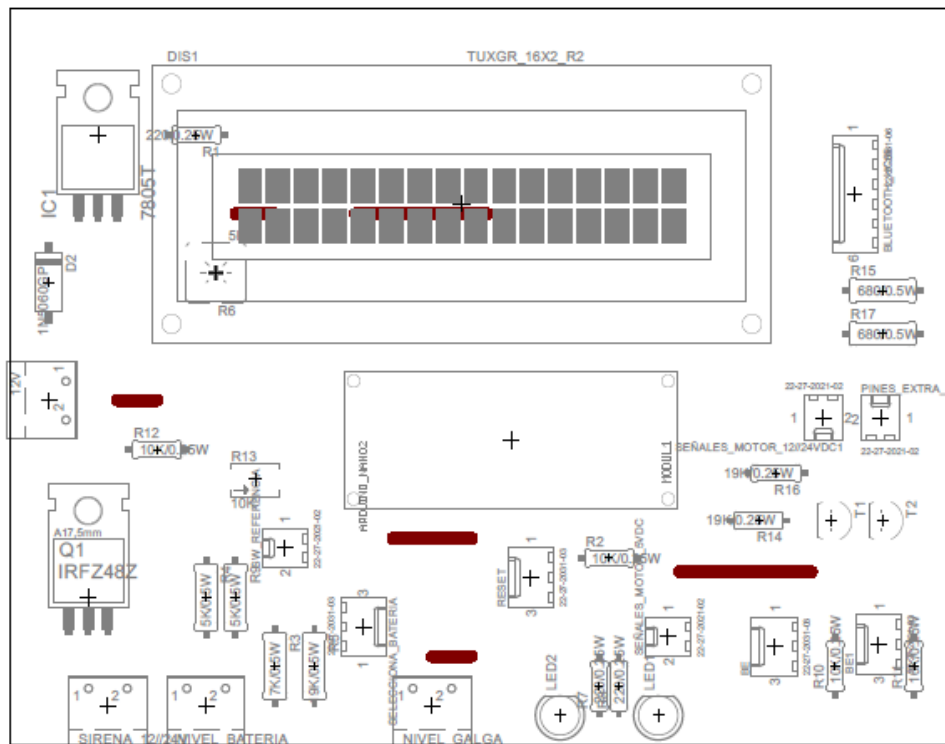


Fig. 66. Distribución de los componentes electrónicos en placa.

En la Fig. 67, se aprecia el diagrama de pistas para la placa.

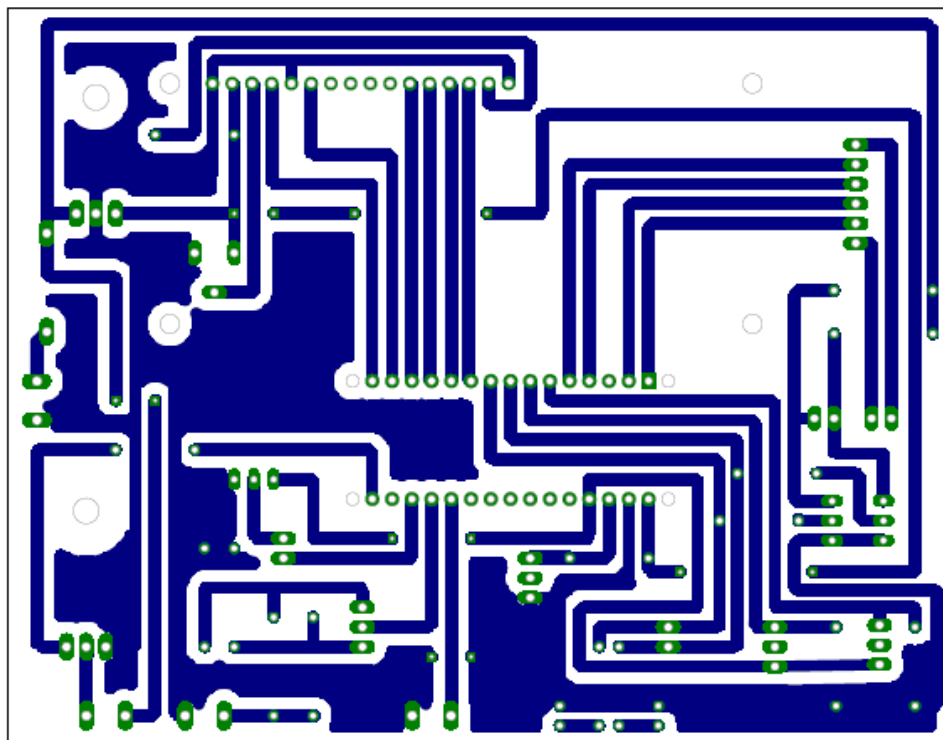


Fig. 67. Diagrama de pistas para la placa del sistema de control.

## Módulo Bluetooth

El módulo bluetooth es un dispositivo muy práctico para transferir datos de forma inalámbrica, es de fácil uso.

Se conecta a los pines de transmisión y recepción de puerto serie (RX0 y TX0) de la placa de Nano Arduino o de cualquier otra tarjeta con la que se trabaje.

Su velocidad de transmisión es de 9600 b/s.

# HC-05 FC-114

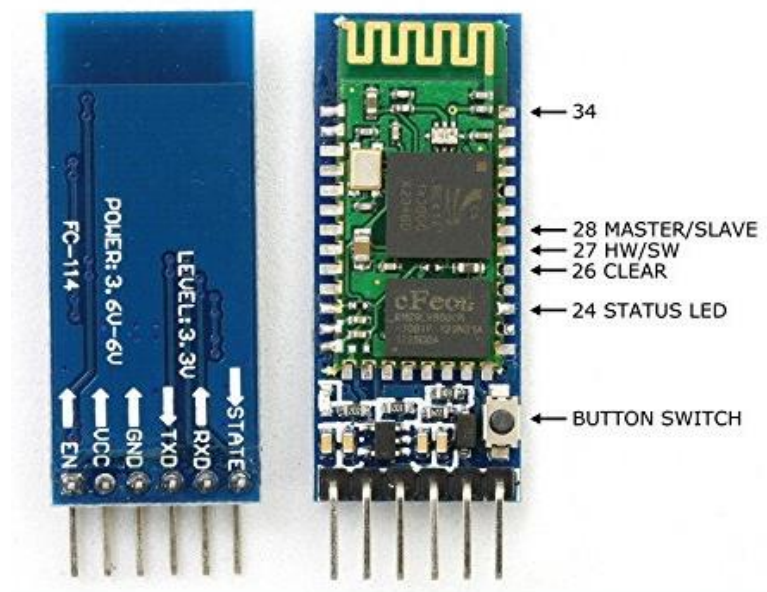


Fig. 68. Módulo Bluetooth HC-05 FC-114. [30]

Para la etapa del control con una app, se puede descargar gratuitamente una app ya hecha de cualquier desarrollador, lo que sí, para el funcionamiento del proyecto, se debe sincronizar la data de control (los caracteres E y R, elegidos para cambiar el sentido del giro del motor, por los caracteres propios que use la app). (Ver Fig. 68)

## Ejemplos de algunas aplicaciones

- Bluetooth controller
- Arduino Bluetooth control
- Bluetooth Serial controller

### **Etapa de potencia**

En esta etapa se logra controlar el sentido del funcionamiento del controlador lineal del actuador, esto se logra usando una configuración muy conocida, de cuatro transistores Mosfet (VN66) y dos transistores BJT (BC548), conocida como puente H.

Esta etapa se puede rediseñar a gusto, para ir variando la capacidad eléctrica según requiera el actuador. Según el diseño actual, este puente H, soporta cargas de 12VDC a 24VDC a una corriente nominal máxima de 20A. Esto es porque el actuador trabajara con 24VDC y una corriente nominal de 13A, cumpliendo con lo descrito. Se hará uso de una batería LINAK BAJL para suministrar la energía el sistema de control. (Ver Anexo 4).

No olvidar que se debe tener en cuenta ficha técnica del actuador, que en resumen detalla lo siguiente:

➤ **Cables de alimentación:**

Rojo (+): 12VDC // 24VDC

Black (-): GND (tierra)

➤ **Cables de control**

*Para activar (extender) el brazo*

Marrón (Brown): 12VDC// 24VDC

Azul (Blue): 0VDC (GND)

*Para activar (recoger) el brazo*

Marrón (Brown): 0VDC (GND)

Azul (Blue): 12VDC// 24VDC

La Fig. 69 muestra el diagrama de potencia del sistema de control diseñado en Proteus 7.5.

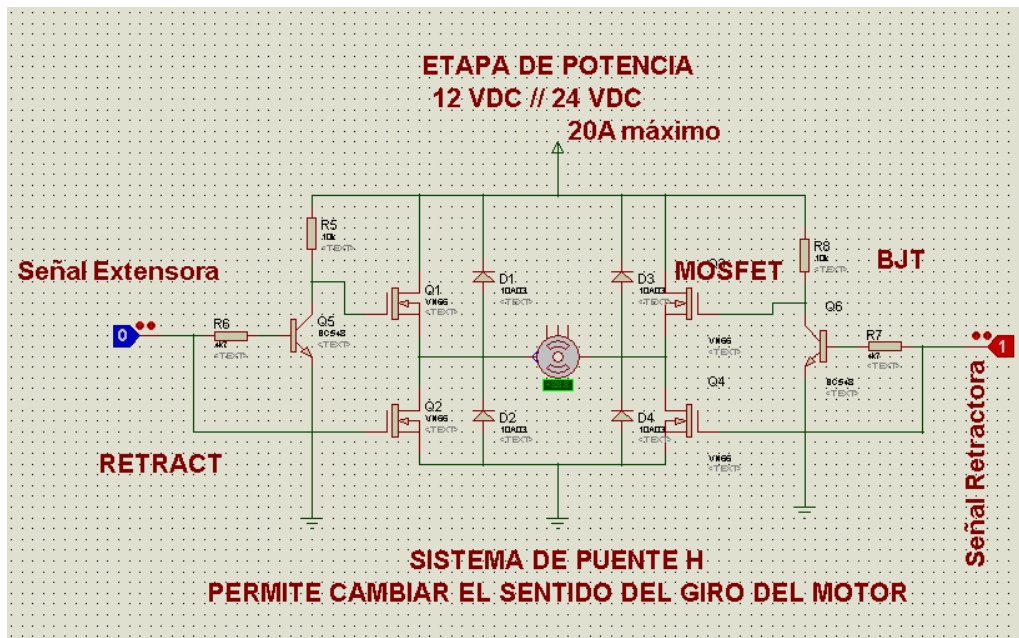


Fig. 69. Etapa de potencia del sistema de control.

Luego se muestra en la Fig. 70, el diagrama esquemático en el software Eagle 6.2.

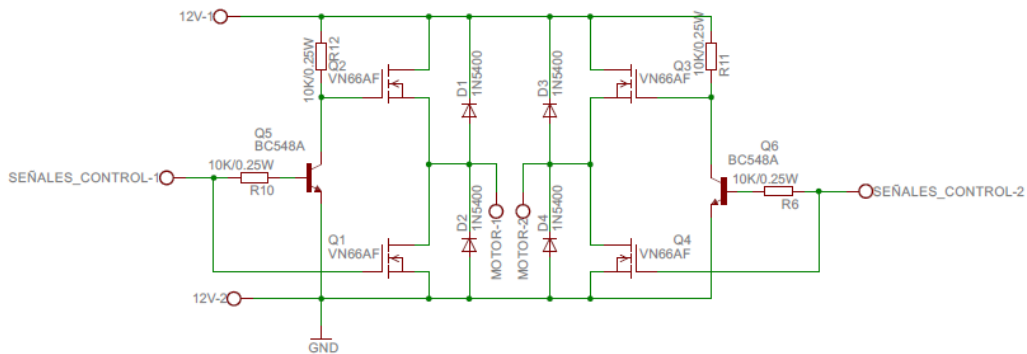


Fig. 70. Diagrama del esquemático en Eagle 6.2.

La Fig. 71, muestra el diagrama de pistas del Puente H a utilizar para el sistema de control.

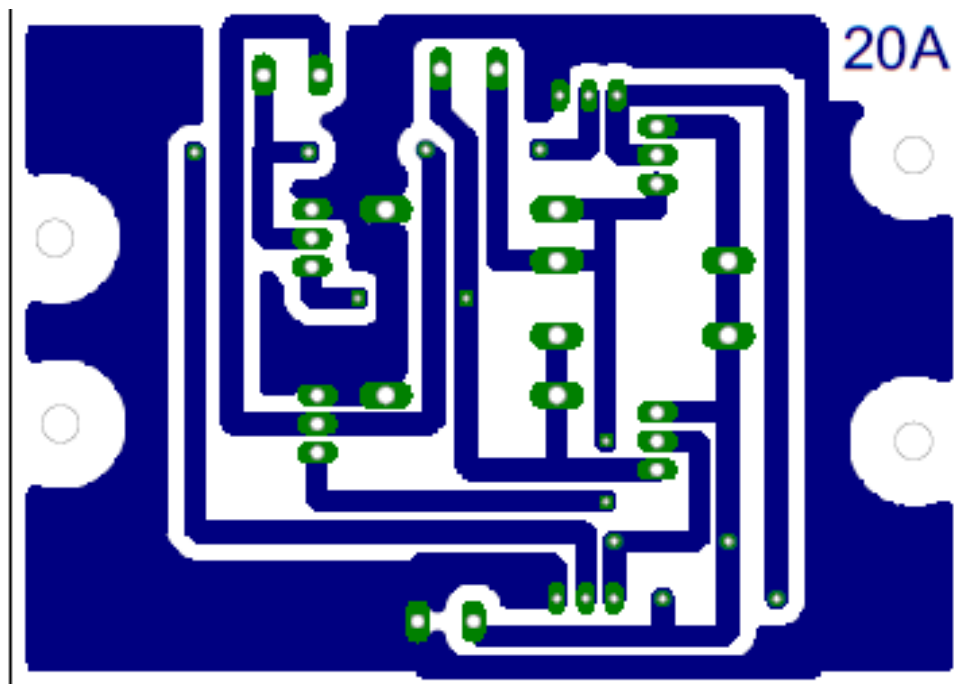


Fig. 71. Diagrama de pistas del Puente H (sin escala).

La distribución de componentes del esquemático diseñado en Eagle 6.2 a utilizar en la placa se muestra en la Fig. 72.

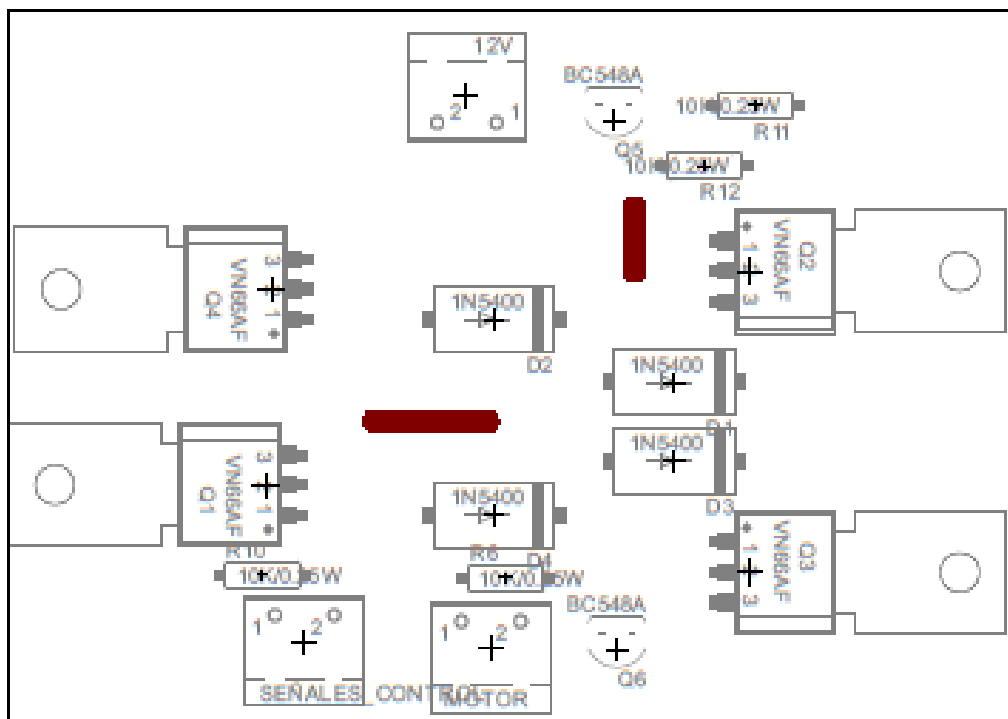


Fig. 72. Distribución de componentes del esquemático en Eagle 6.2. (Sin escala)

### Balanza para grúa móvil

La balanza recomendable puede ser un modelo de suspensión como el que se aprecia en la Fig. 73.



Fig. 73. Muestra de modelo de balanza de suspensión. ANEXO 06.

El único detalle importante en la adquisición sería la capacidad máxima que se desea usar, para nuestro fin nos basta una de una capacidad máxima de 300 kg, en el Anexo 6 se aprecia la información de la balanza seleccionada.

En la Fig. 74 se puede ver la ubicación de los botones, la pantalla LCD y de la sirena LED roja, que servirá como indicador de que la batería está por debajo del 11% al encender y emitir un sonido.

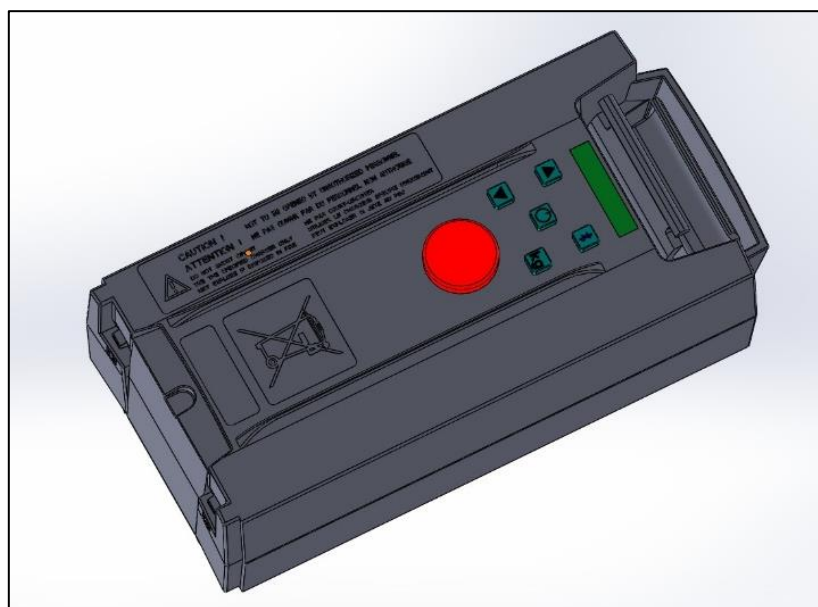


Fig. 74. Representación de los botones, pantalla LCD y sirena. (SolidWorks 2018)

#### 4.4.4. Presupuesto

Como todo proyecto, debe realizarse un presupuesto de cuánto costará implementar este tipo de grúa. Los precios de material, fabricación y mano de obra de las estructuras se presentan a continuación.

La Tabla 22 muestra la información del presupuesto para materiales e insumos para poder fabricar el sistema estructural de la grúa móvil.

Tabla 22. Presupuesto de materiales e insumos para la estructura

<b>MATERIALES E INSUMOS</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Parcial</b>
1.1	Tubo cuadrado A500 50mmx50mmx2,5mmx6m	1 und	S/. 65,50	S/. 65,50
1.2	Tubo cuadrado A500 40mmx40mmx3mmx6m	1 und	S/. 52,50	S/. 52,50
1.3	Tubo circular de 3/4pulgadasx3m	1 und	S/. 29,30	S/. 29,30
1.4	Soldadura con electrodo Supercito 3/32 7018	1 kg	S/. 16,00	S/. 16,00
1.5	Disco de corte 1/16x4½	3 und	S/. 3,00	S/. 9,00
1.6	Pintura epóxica para base	1 gln	S/. 90,00	S/. 90,00
1.7	Pintura Gloss Acrílico para acabado	½ gln	S/. 35,00	S/. 35,00
1.8	Thinner	1 gln	S/. 17,00	S/. 17,00
1.9	Ruedas con capacidad de hasta 300 kg	5 und	S/. 53,00	S/. 265,00
1.10	Actuador Lineal LA36 LINAK	1 und	S/. 636,00	S/. 636,00
1.11	Gancho o percha para grúa de hasta 180 kg	1 und	S/. 120,00	S/. 120,00
1.12	Perno de Acero Aleado de ½ pulgada + tuerca	4 und	S/. 5,90	S/. 23,60
1.13	Perno de Acero Aleado de 5/8 pulgada + tuerca	9 und	S/. 6,90	S/. 62,10
<b>Costo por Materiales e Insumos de estructura</b>				<b>S/. 1 421,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 23 se resume la información respecto a la mano de obra para su fabricación, soldeo y pintado para la grúa móvil.

Tabla 23. Presupuesto de mano de obra para la estructura

<b>Mano de obra para fabricación de estructura</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Parcial</b>
2.1	Fabricación, soldeo y pintado de estructura	1 glb	S/. 330,00	S/. 330,00
2.2	Instalación de ruedas	5 und	S/. 8,00	S/. 40,00
2.3	Instalación de actuador LINAK LA36	1 glb	S/. 100,00	S/. 100,00
<b>Costo por mano de obra para fabricación de estructura</b>				<b>S/. 470,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que la parte estructural, se realiza un presupuesto del sistema de control para el actuador a implementar. En la Tabla 24 se detalla la información:

Tabla 24. Presupuesto para materiales e insumos del sistema de control

<b>Materiales e Insumos para Sistema de Control</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Parcial</b>
3.1	Módulo Nano Arduino	1 und	S/. 25,00	S/. 25,00
3.2	Pantalla LCD de 2x16 caracteres	1 und	S/. 25,00	S/. 25,00
3.3	Módulo Bluetooth	1 und	S/. 35,00	S/. 35,00
3.4	Tarjeta Puente H	1 glb	S/. 120,00	S/. 120,00
3.5	Reloj Calendario	1 und	S/. 35,00	S/. 35,00
3.6	Lámpara de señal de alarma (SIRENA)	1 und	S/. 4,50	S/. 4,50
3.7	Teclado	1 und	S/. 15,00	S/. 15,00
3.8	Cables, conectores, etc.	1 glb	S/. 120,00	S/. 120,00
3.9	Baterías LINAK BAJL	1 und	S/. 1 200,00	S/. 1 200,00
3.10	Circuito electrónico adaptador a la balanza	1 und	S/. 200,00	S/. 200,00
3.11	Caja para sistema de control	1 und	S/. 80,00	S/. 80,00
<b>Costo por Materiales e insumos para sistema de control</b>				<b>S/. 1 859,50</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para poder instalar y ejecutar todo el sistema de control para el actuador lineal, es necesario tener su presupuesto de mano de obra, el mismo que se detalla en la Tabla 25.

Tabla 25. Mano de obra para sistema de control

<b>Mano de obra para sistema de control</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Parcial</b>
4.1	Diseño y armado de tarjeta Puente H	1 glb	S/. 80,00	S/. 80,00
4.2	Quemado y armado de tarjeta digital	1 glb	S/. 200,00	S/. 200,00
4.3	Programación y pruebas del sistema de control	1 glb	S/. 300,00	S/. 300,00
4.4	Instalación del sistema en la grúa	1 glb	S/. 200,00	S/. 200,00
<b>Costo por mano de obra para sistema de control</b>				<b>S/. 780,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, se procede a calcular el presupuesto de todo el sistema completo, tanto estructural como control. La Tabla 26 detalla la información.

Tabla 26. Presupuesto general para grúa móvil

<b>Presupuesto General para Grúa móvil</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Parcial</b>
1	<b>Materiales e Insumos de estructura</b>	1 glb	S/. 1 421,00	S/. 1 421,00
2	<b>Mano de obra para fabricación de estructura</b>	1 glb	S/. 470,00	S/. 470,00
3	<b>Materiales e insumos para sistema de control</b>	1 glb	S/. 1 859,50	S/. 1 859,50
4	<b>Mano de obra para sistema de control</b>	1 glb	S/. 780,00	S/. 780,00
<b>COSTO TOTAL PARA GRÚA MÓVIL</b>				<b>S/. 4 530,50</b>

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al presupuesto detallado líneas arriba, se concluye que, para la fabricación de la estructura, incluyendo materiales e insumos, al igual que para el sistema de control, el costo total es de S/. 4 530,50 para implementar la grúa móvil.

## V. Discusión

Al analizar los cálculos y compararlos con los obtenidos con el software SolidWorks, se demuestra que la selección de los componentes para la grúa móvil, son los correctos.

Igualmente, para el sistema de control, si se programa y se sigue paso a paso el quemado y armado de las placas y tarjetas, el sistema podrá funcionar sin problemas.

El uso de un módulo Nano Arduino cumple con lo planteado para el proyecto.

El presupuesto para fabricar la grúa móvil es relativamente razonable, comparando los precios con otras grúas móviles del mercado es factible poder llevar a cabo su fabricación, ya que el costo es menor en muchos casos, pero queda a criterio del HNAAA decidir si lo implementan dentro de sus instalaciones.

## VI. Conclusiones

1. De acuerdo a la información obtenida sobre las características importantes respecto al traslado de pacientes con discapacidad motriz se pudo determinar que la velocidad de traslado y la velocidad de izaje deben ser consideradas importantes, porque están deben ser correctas para la seguridad del paciente, evitando accidentes debido a inestabilidad. El personal encargado debe ser capacitado sobre el uso de la grúa móvil y evitar que personal no calificado la manipule para evitar accidentes posteriores. También es importante considerar que el personal encargado debe realizar el mínimo esfuerzo al momento de movilizar a los pacientes con discapacidad motriz y finalmente, puede usarse para diferentes tipos de pacientes que no puedan caminar, por distintas razones, siempre y cuando sea de forma sentada.
2. Las principales características que se deben tener en cuenta para el diseño de la grúa móvil son las dimensiones de los ambientes por donde se desplazará como es el ancho, alto y largo; al igual que las medidas de las puertas teniendo en cuenta el ancho y alto, igualmente el peso de la persona con discapacidad es un dato importante para saber si no excede del peso máximo a cargar por la grúa móvil. Para el confort y ergonomía del paciente se debe tener en cuenta el material a seleccionar y del actuador. El material es un dato también importante para el adecuado diseño, el cual servirá para determinar las secciones más favorables, considerando que deje una huella ecológica insignificante, finalmente el actuador y el tipo de esfuerzo al que se encontrará trabajando.
3. El acero estructural seleccionado para la grúa móvil, considerando la estética, será un Acero ASTM A500 con un esfuerzo de fluencia de 270 MPa, el mismo que se será pintado usando pintura epoxica y pintura Gloss para acabado.

Para el brazo móvil y el soporte de actuador, se utilizará un tubo cuadrado de 40mmx40mmx3mm.

Para la columna y base de la grúa móvil se utilizará un tubo cuadrado de 50mmx50mmx2,5mm.

Las ruedas deben soportar una carga de 300 kg cada una.

El actuador LINAK LA36 debe soportar una carga de 4000 N, superior al obtenido de los cálculos efectuados, y que posea un factor de seguridad de 2.

Los pasadores para ensamblar todo el conjunto de la grúa móvil serán de Acero aleado, con un diámetro de 5/8de pulgadas y de 1/2 pulgada.

Para poder controlar la forma de como asciende y desciende el brazo móvil, se seleccionó un actuador lineal LINAK L36, el cual cumple con los cálculos efectuados entre otros factores. En el anexo 1 se puede observar la ficha técnica de dicho actuador lineal.

Para el sistema de control del actuador LINAK LA36, se seleccionó un módulo Nano Arduino para el diseño del sistema, con placas y tarjetas de puente de H, uso de un módulo Bluetooth para poder visualizar información de la grúa por medio una APP en un smartphone, además de una balanza de suspensión que permita ver la carga a la hora de usar la grúa móvil y evitar que pase del peso máximo planteado.

Todo el sistema servirá para enviar la señal, reconozca si debe ascender o descender el brazo móvil, al igual de poder visualizar el peso del paciente en la pantalla LCD y el nivel de batería. El sistema será recargable ya que se implementó con baterías para su funcionamiento.

4. De acuerdo con los resultados obtenidos del software SolidWorks, se logra concluir que el material y secciones seleccionados para la estructura, cumplen con lo planteado, donde al comparar los resultados se tienen que los esfuerzos son menores a los esfuerzos admisibles, que el factor de seguridad mínimo obtenido es superior al planteado y que los esfuerzos en los pernos son menores a los planteados.

Esto significa que la grúa cumple con su objetivo. Se concluye que el presupuesto total para la implementación de la grúa móvil es de S/. 4 530,50. Un valor realmente objetivo si es que el HNAAA decide por implementarla.

## **VII. Recomendaciones**

1. Tener en cuenta el tipo de discapacidad y afección del paciente, ya que puede ser importante y necesario el uso de arneses distintos, lo cual dependerá del tipo de discapacidad.
2. Tener en cuenta los mantenimientos del equipo, estos pueden llevarse a cabo de forma anual, lubricando las partes móviles, ruedas y verificando la condición de la estructura.
3. El sistema de control se puede mejorar, pero esto dependerá del usuario final, ya que al hacerlo aumentaría los costos de la grúa móvil.

## VIII. Referencias

- [1] P. P. Escobar y R. Romero, «Diseño de un vehículo intrahospitalario para el trasbordo de pacientes complejos,» *Grupo INTELyMEC*, vol. 1, pp. 1-4, 2014.
- [2] M. I. Astudillo Flores, «Diseño, Construcción e implementación de una grúa móvil para el transporte de pacientes con discapacidad en actividades de rehabilitación,» Cuenca, Ecuador, 2019.
- [3] P. Y. Flores Pérez y Y. P. Rodríguez Lizano, «Diseño e Implementación de una grúa de bipedestación controlada por lógica difusa para la movilización de pacientes con grados de dependencia 3 y 4 en el Hospital de Emergencias - ESSalud,» Lima, Perú, 2019.
- [4] OMS, Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud, España: Organización Mundial de la Salud, 2001.
- [5] D. Diniz, L. Barbosa y W. Rufino Dos Santos, «DISCAPACIDAD, DERECHOS HUMANOS Y JUSTICIA,» *SUR - REVISTA INTERNACIONAL DE DERECHOS HUMANOS*, vol. 6, n° 11, p. 211, 2011.
- [6] A. Palacios, El modelo social de discapacidad: orígenes, caracterización y plasmación en la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, Primera Edición ed., Madrid: CINCA, 2008.
- [7] OMS, Informe Mundial sobre la Discapacidad, Suiza: Organización Mundial de la Salud y Banco Mundial, 2011.
- [8] Gobierno de La Rioja, «Definición Tipología Y Clasificación de la Discapacidad Motriz,» Gobierno de La Rioja, 2022. [En línea]. Available: <https://orientacion.larioja.edu.es/necedidad-ed-especiales/defmotoricos/104-defimoto/190-discamot>. [Último acceso: 18 octubre 2022].
- [9] F. P. Beer, J. E. Rusell Johnston, J. T. DeWolf y D. F. Mazurek, *Mecánica de Materiales*, Cuarta edición ed., México D.F.: McGraw-Hill Interamericana, 2007.
- [10] R. L. Mott, «Diseño de Elementos de Máquinas,» PEARSON , México, 2006.

- [11] R. C. Hibbeler, «Mecánica de Materiales,» PEARSON, México, 2011.
- [12] M. Arratia Méndez, «Diseño sustentable de un prototipo de dispositivo para traslado de pacientes,» Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2013.
- [13] P. J. Avilez Arévalo y K. D. Fajardo Sigua, «Diseño, construcción e implementación de una grúa móvil para el transporte de personas con discapacidad,» Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca - Ecuador, 2019.
- [14] Cocemfe B., «"Manual de formación del voluntariado",» [En línea]. Available: [http://www.cocemfebadajoz.org/voluntariado/capitulo\\_83.html](http://www.cocemfebadajoz.org/voluntariado/capitulo_83.html). [Último acceso: 08 05 2020].
- [15] Manuel, «Grua de piscina portátil,» 13 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <http://abakan-teach.ru/grua-piscina-portatil/>. [Último acceso: 08 Mayo 2020].
- [16] STS Medical, «STS Medical,» [En línea]. Available: <https://www.stsmedical.com/211-grua-de-techo-hospitalaria-para-pacientes>. [Último acceso: 08 Mayo 2020].
- [17] A. D. Camargo Aguilar, R. Cruz Flores, J. C. Gonzalez Villa y L. Maqueda Rodriguez, «Sistema de grúas para personas discapacitadas para el centro de rehabilitación infantil Teletón; derivado del Proyecto de investigación CGPI No. 20031103,» Repositorio de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México, 2005.
- [18] Locanto, «Servich 8k,» [En línea]. Available: [https://bariloche.locanto.com.ar/ID\\_222470647/GRUA-LEVANTA-PACIENTES-DISCAPACITADOS-ANCIANOS-GERIATRICOS-PAMI.html](https://bariloche.locanto.com.ar/ID_222470647/GRUA-LEVANTA-PACIENTES-DISCAPACITADOS-ANCIANOS-GERIATRICOS-PAMI.html).
- [19] ORTOWEB, «ORTOWEB Medical SL,» [En línea]. Available: <https://www.ortoweb.com/arnes-camilla-grua-pool>. [Último acceso: 08 Mayo 2020].
- [20] Tapia E., «Grúa de baño,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.equipamientostapia.es/archivos/productos/4802100grua%201.jpg>.
- [21] Electrónica Chile, «¿Qué es un actuador lineal?,» [En línea]. Available: <https://www.electronicachile.com/que-es-un-actuador-lineal/>.

- [22] Linak, «El actuador Lineal,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.linak.es/sobre-linak/?id3=4283>. [Último acceso: 08 Mayo 2020].
- [23] M. G. Angulo Martínez y J. Angulo Usategui, Microcontroladores PIC, Chile: Mc Graw Hill, 2005.
- [24] C. R., Diseño y Simulación de sistemas microcontrolados en lenguaje C., Colombia: AlfaOmega, 2011.
- [25] T. O., Arduino: Curso Práctico de formación, AlfaOmega: México, 2013.
- [26] S. M., Fundamentos de Circuitos Eléctricos. 3ra edición, México: Mc Graw Hill, 2006.
- [27] DjMania, «Baterías,» [En línea]. Available: <https://djmania.es/p/bater%C3%ADa-de-plomo-%C3%A1cido-12v-75ah-151x65x99mm>. [Último acceso: 08 Mayo 2020].
- [28] H. R., Introducción a los sistemas de control: Conceptos, aplicaciones y simulación con MATLAB, México: PEARSON, 2010.
- [29] A. K., Control PID Avanzado, España: PEARSON, 2009.
- [30] eFisioterapia, «Técnicas de Movilización y Transferencias de Pacientes,» de *6ª edición del certamen internacional de artículos de fisioterapia en internet*, Salamanca, 2012.
- [31] SHERLIN.XBOT.ES, «Electrónica teórica y práctica,» [En línea]. Available: <http://sherlin.xbot.es/microcontroladores/microcontroladores-de-gama-media/4-microcontrolador-pic-16f84>.
- [32] ARDUINO, «Arduino Community Logo,» ARDUINO, [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Trademark/CommunityLogo>.
- [33] SIEMENS, «La elección inteligente para sus tareas de automatización - Controladores SIMATIC,» Siemens, [En línea]. Available: <https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc.html>.
- [34] Mundo NANO, «Uno de los chicos de la familia,» Proto Supplies, [En línea]. Available: <http://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/mundonano.htm>. [Último acceso: 11 Noviembre 2020].

- [35] LINAK: We Improve Your Life, «LINAK U.S. Inc.,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.linak-latinamerica.com/products/actuadores-lineales/la36/>. [Último acceso: 04 Julio 2020].
- [36] WordPress, «Aprendiendo Arduino: Bluetooth en Arduino,» 27 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/13/bluetooth-en-arduino/>. [Último acceso: 12 Noviembre 2020].

## IX. Anexos

## Anexo 1: Ficha técnica de tubo LAC ASTM A500



# Tubo LAC ASTM A500

PARA ESTRUCTURAS

ACEROS AREQUIPA  
ASTM A500

ACEROS AREQUIPA  
ASTM A500

ACEROS AREQUIPA  
ASTM A500

ACEROS AREQUIPA  
ASTM A500

ACEROS AREQUIPA  
ASTM A500



**ACEROS  
AREQUIPA**

Elige Seguridad

# Tubo LAC ASTM A500

## PARA ESTRUCTURAS

### DENOMINACIÓN:

TNM RED ND A500, TNM RED OD A500, TGM RED ND A500,  
TGM RED OD A500, TNM CUA A500, TNM REC A500, TGM CUA A500,  
TGM REC A500.

### DESCRIPCIÓN:

Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente (LAC), utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

### USOS:

Diversas estructuras livianas y pesadas, carrocerías, tijerales, postes, etc.

### NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN:

Las dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la norma ASTM A500 – A y B.

### PRESENTACIÓN:

- 1.- Longitud :- Redondos: 6.40 m y 6 m.  
- Cuadrados y rectangulares: 6 m.  
- Otras longitudes a pedido.
- 2.- Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.
- 3.- Recubrimiento :- Negro.  
- Galvanizado.  
(mínimo de 120 gr/m<sup>2</sup>).

### DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m:

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPESORES (mm)								
		1.5	1.8	2	2.5	3	4	4.5	6	
REDONDO NOMINAL	1/2"	21,3	0,866	0,952	1,159					
	3/4"	26,7	1,105	1,218	1,492					
	1"	33,4	1,403	1,549	1,905	2,249				
	1 1/4"	42,2	1,793	1,983	2,448	2,900				
	1 1/2"	48,3	2,064	2,284	2,824	3,351				
	2"	60,3	2,597	2,876	3,564	4,239				
	2 1/2"	73,0		3,502	4,347	5,179				
	3"	88,9		4,285	5,327	6,355				
	4"	114,3		5,539	6,892	8,234				
	CUAD L.E.	-	25x25	1,061		1,460				
-		30x30	1,300		1,700					
-		40x40	1,770		2,244					
-		50x50	2,250		3,122	3,872	4,316			
-		50,8		3,122	3,872	4,316				
-		75x75		4,500	5,560	6,810				
-		100x100		6,165	7,675	9,174	12,133	13,594	16,980	

■ Negro y Galvanizado

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPESORES (mm)								
		1.5	1.8	2	2.5	3	4	4.5	6	
RECT L.E.	-	20x40	1,354		1,700					
	-	25x50	1,650		2,261					
	-	40x60	2,260		3,033	3,600	4,250			
	-	40x80	2,710		3,660	4,390	5,190			
	-	50x75					5,423			
	-	50x100			4,500	5,560	6,600	8,590		
	-	50x150			6,165	7,676	9,174	11,730		

■ Negro y Galvanizado

### PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM A500/A500M GRADOS A y B)

SECCIÓN	GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)
REDONDO	A	230	310
CUADRADO Y RECTANGULAR	A	270	310
	B	315	400

### MATERIA PRIMA:

Acero laminado en caliente calidad estructural.

### TOLERANCIAS DIMENSIONALES

(Referidas a los valores nominales):

Espesor : + / - 10%  
Longitud : +12.7 / -6.4 mm

### Sección:

#### 1.- Redondo:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg)	TOLERANCIA DIMENSIONAL + / - (pulg)
Menores 1 1/2" incl.	0.5 %
Mayores 2"	0.75 %

#### 2.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / - (pulg)
Menores 1 1/2" incl.	0.020
2 1/2" a 3 1/2" incl.	0.025
3 1/2" a 4 incl.	0.030

#### 3.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / - (pulg)
Menores a 63.5 incl.	0,51
63.5 a 88.9 incl.	0,64
88.9 a 139.7 incl.	0,76
Mayores a 139.7	0,01 veces el largo de la dimensión plana

QCQA01-F219 / 02 / MAY 16



ISO 9001:2015  
CERTIFICATE N° 57219



ISO 14001:2015  
CERTIFICATE N° 57220



OHSAS 18001:2007  
CERTIFICATE N° 57221

**Lima:** Av. Antonio Miró Quesada N° 425 Piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.

**Pisco:** Panamericana Sur Km. 240, Ica. Tel. (51-056) 58 0830.

**Arequipa:** Variante de Uchumayo KM. 5.5, Cerro Colorado, Arequipa, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

**LA PAZ:** Av. Hilbo N° 100, Zona El Kenko. Tel. (591) 77641658.

**Santa Cruz:** Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 06, Mz. 1, Lote 4 - Warnes. Tel. (591) 76303499. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

Encuétranos en: [www.acerosarequipa.com](http://www.acerosarequipa.com)

**ACEROS  
AREQUIPA**

## Anexo 2: Ficha técnica de Actuador Electromecánico LINAK LA36

TECHLINE  
DIVERSITY IN TECHNOLOGY



Actuator LA36  
Data sheet

[LINAK.COM/TECHLINE](http://LINAK.COM/TECHLINE)

**LINAK**   
WE IMPROVE YOUR LIFE

## LA36

The actuator LA36 is one of the most solid and powerful LINAK actuators, designed to operate under extreme conditions. The LA36 is a maintenance-free product with a long lifetime and a high IP degree. This high-quality actuator offers a very strong alternative to hydraulic solutions.



### IC INTEGRATED CONTROLLER

This **TECHLINE®** actuator comes with IC - integrated controller.  
For more information on our IC options, please see: [www.linak.com/techline](http://www.linak.com/techline)



#### Features:

- 12, 24, 36 or 48 V DC Permanent magnetic motor (IC only 12/24 V DC)
- Thrust from 500 N - 10,000 N depending on gear ratio and spindle pitch
- Max. speed up to 160 mm/sec. depending on load and spindle pitch
- Stroke length from 100 to 999 mm
- Built-in endstop switches
- Non rotating piston rod eye
- Noise level: 73dB (A) measuring method DS/EN ISO 3746 actuator not loaded
- Protection class: IP66 (dynamic) and IP69K (static)

#### Options in general:

- Mechanical overload protection through integrated slip clutch
- Exchangeable cables in different lengths
- Special anodised housing for extreme environments
- IECEx/ATEX certified for Zone 21
- Hall effect sensor
- Mechanical potentiometer (not with IC)
- IC options including:
  - IC - Integrated Controller
  - Integrated Parallel Controller
  - Modbus, LIN bus and CAN bus communication
  - Analogue or digital feedback for precise positioning
  - Endstop signals
  - PC configuration tool

#### Usage:

- Duty cycle at 600mm stroke is max. 20%
- Duty cycle at 601-999mm stroke is max. 15%
- Duty cycle at 10,000N is max. 5%
- Ambient operating temperature -30°C to +65°C, full performance from +5°C to +40°C
- For IECEx/ATEX:  
Ambient operating temperature: -25°C to +65°C

## Chapter 1

### Specifications

Motor:	Permanent magnet motor 12, 24, or 36V DC*
Cable:	Motor: 2 x 14 AWG PVC cable Control: 6 x 20 AWG PVC cable **
Gear ratio:	6 different gear ratios available in steel (500 N, 1,700/2,600 N, 4,500 N, and 6,800/10,000 N)
Slip clutch:	Mechanical overload protection through an integrated slip clutch
Brake:	Integrated brake ensures a high self-locking ability. The brake is deactivated when the actuator is powered in order to obtain a high efficiency
Hand crank:	As a standard feature the actuator can be operated manually
Housing:	The housing is made of casted aluminium, coated for outdoor use and in harsh conditions
Spindle part:	Outer tube: Extruded aluminium anodised Inner tube: Stainless steel AISI304/SS2333 Acme spindle: Trapezoidal spindle with high efficiency
Piston rod eye and back fixture:	When ordering AISI (304 and up) piston rod eye and back fixture, stainless steel screws are automatically included
Temperature range:	- 30° C to +65° C                      For IECEx/ATEX: - 25° C to +65° C - 22° F to +149° F                      - 13° F to +149° F Full performance +5° C to +40° C
Storage temperature:	-55° C to +105° C
Weather protection:	Rated IP66 for outdoor use. Furthermore, the actuator can be washed down with a high-pressure cleaner (IP69K).
Noise level:	73dB (A) measuring method DS/EN ISO 8746 actuator not loaded.

\* Modbus actuators only 24V - please see the **Modbus installation guide** <http://www.linak.com/techline/?id3=2363>.

\*\* Special control cables for the Modbus actuator - please see the **Modbus installation guide** <http://www.linak.com/techline/?id3=2363>.

Be aware of the following two symbols throughout this product data sheet:



#### Recommendations

Failing to follow these instructions can result in the actuator suffering damage or being ruined.



#### Additional information

Usage tips or additional information that is important in connection with the use of the actuator.

Technical specifications

LA36 with 12V motor

Order number	Push max. (N)	Pull max. (N)	*Self-lock min. (N) Push	*Self-lock min. (N) Pull	Pitch (mm/spindle rev.)	*Typical speed (mm/s) Load		Standard stroke lengths (mm) In steps of 50 mm	*Typical amp. (A) 12V	
						No	Full		No load	Full load
36080xxxxxAxxxxHxxxxxxxxxx	10000	10000	13000	13000	8	11	7	100 - 999**	4.5	22
36120xxxxxAxxxxFxxxxxxxxxx	2600	2600	3400	3400	12	40.7	30.6	100 - 999	4.5	21
36120xxxxxAxxxxGxxxxxxxxxx	4500	4500	5800	5800	12	23.1	17.8	100 - 999**	4.5	20.7
36120xxxxxAxxxxHxxxxxxxxxx	6800	6800	8800	8800	12	15.5	11.9	100 - 999**	4.5	21
36160xxxxxAxxxxFxxxxxxxxxx	2000	2000	2600	2600	16	54.3	43	100-999	4.5	21.5
36160xxxxxAxxxxGxxxxxxxxxx	3400	3400	4400	4400	16	30.8	25	100-999**	4.5	21.4
36160xxxxxAxxxxHxxxxxxxxxx	5600	5600	6600	6600	16	20.7	17	100-999**	4.5	21.5
36200xxxxxAxxxxFxxxxxxxxxx	1700	1700	2200	2200	20	68	52	100 - 999	4.5	22
36200xxxxxAxxxxExxxxxxxxxx	500***	500***	1000	1000	20	160	135	100 - 999	4.5	20

LA36 with 24V motor

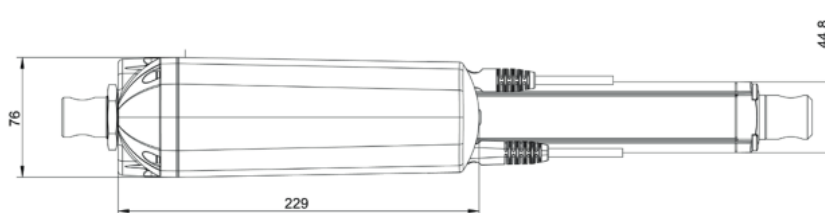
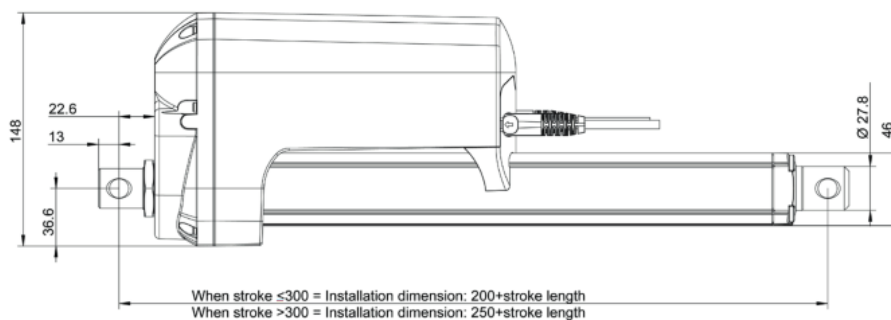
Order number	Push max. (N)	Pull max. (N)	*Self-lock min. (N) Push	*Self-lock min. (N) Pull	Pitch (mm/spindle rev.)	*Typical speed (mm/s) Load		Standard stroke lengths (mm) In steps of 50 mm	*Typical amp. (A) 24V	
						No	Full		No load	Full load
36080xxxxxBxxxxHxxxxxxxxxx	10000	10000	13000	13000	8	11	7	100 - 999**	2.4	10.4
36120xxxxxBxxxxFxxxxxxxxxx	2600	2600	3400	3400	12	41	32.3	100 - 999	2.4	10.4
36120xxxxxBxxxxGxxxxxxxxxx	4500	4500	5800	5800	12	23.3	18.9	100 - 999**	2.4	10.2
36120xxxxxBxxxxHxxxxxxxxxx	6800	6800	8800	8800	12	15.7	12.7	100 - 999**	2.4	10.3
36160xxxxxBxxxxFxxxxxxxxxx	2000	2000	2600	2600	16	54.7	43	100-999	2.4	10.3
36160xxxxxBxxxxGxxxxxxxxxx	3400	3400	4400	4400	16	31.1	25	100-999**	2.4	10.3
36160xxxxxBxxxxHxxxxxxxxxx	5600	5600	6600	6600	16	21	17	100-999**	2.4	10.3
36200xxxxxBxxxxFxxxxxxxxxx	1700	1700	2200	2200	20	68	52	100 - 999	2.4	10.3
36200xxxxxBxxxxExxxxxxxxxx	500***	500***	1000	1000	20	160	135	100 - 999	2.4	10.0

LA36 with 36V motor

Order number	Push max. (N)	Pull max. (N)	*Self-lock min. (N) Push	*Self-lock min. (N) Pull	Pitch (mm/spindle rev.)	*Typical speed (mm/s) Load		Standard stroke lengths (mm) In steps of 50 mm	*Typical amp. (A) 36V	
						No	Full		No load	Full load
36080xxxxxCxxxxHxxxxxxxxxx	10000	10000	13000	13000	8	11	7	100 - 999**	2.0	8.0
36120xxxxxCxxxxFxxxxxxxxxx	2600	2600	3400	3400	12	41	33.5	100 - 999	2.0	8.0
36120xxxxxCxxxxGxxxxxxxxxx	4500	4500	5800	5800	12	23.3	19.1	100 - 999**	2.0	8.0
36120xxxxxCxxxxHxxxxxxxxxx	6800	6800	8800	8800	12	15.7	12.8	100 - 999**	2.0	8.0
36160xxxxxCxxxxFxxxxxxxxxx	2000	2000	2600	2600	16	54.7	43	100-999	2.0	8.0
36160xxxxxCxxxxGxxxxxxxxxx	3400	3400	4400	4400	16	31.1	25	100-999**	2.0	8.0
36160xxxxxCxxxxHxxxxxxxxxx	5600	5600	6600	6600	16	21	17	100-999**	2.0	8.0
36200xxxxxCxxxxFxxxxxxxxxx	1700	1700	2200	2200	20	68	52	100 - 999	2.0	8.0
36200xxxxxCxxxxExxxxxxxxxx	500***	500***	1000	1000	20	160	135	100 - 999	2.0	8.0



**LA36 Dimensions**



**Keep a clearance when mounting a bracket**

**i** When mounting a custom bracket on the moving part of the actuator, please observe the minimum clearance between bracket and cylinder top, when fully retracted, to avoid jamming and destruction of actuator drive train.



**i** **Cable conduits for an LA36 IECEx/ATEX actuator must be ordered separately, if needed.**

**To order a cable conduits kit, please choose one of the following item numbers:**

Item number 0368536-00  
(compatible with one cable)

The kit contains:

- 1 Cable gland cover
- 1 Gland nut: M20 x 1.5 (for 3/8" conduit)
- 1 Screw: DIN 912 M5 x 65
- 1 Blind plug: M20 x 1.5

Item number 0368535-00  
(compatible with two cables)

The kit contains:

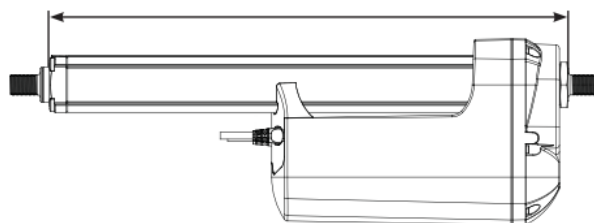
- 1 Cable gland cover
- 2 Gland nuts: M20 x 1.5 (for 3/8" conduit)
- 1 Screw: DIN 912 M5 x 65

**Built-in dimensions**

	Piston rod		"0" /from the surface		"1" / to the centre of the hole		"2A" / to the centre of the hole		"3" / from the surface	
<b>Back fixture</b>			Stroke <=300 Stroke > 300		Stroke <=300 Stroke > 300		Stroke <=300 Stroke > 300		Stroke <=300 Stroke > 300	
"0" / from the surface	189	239	194	244	194	244	181	231		
"1" and "2" / to the centre of the hole	195	245	200	250	200	250	187	237		
"3" and "4" / to the centre of the hole	195	245	200	250	200	250	187	237		
"5" / from the surface	180	230	185	235	185	235	173	223		
"6" / from the surface	180	230	185	235	185	235	173	223		
"7" and "8" / to the centre of the hole	195	245	200	250	200	250	187	237		
"A" and "B" / to the centre of the hole	195	245	200	250	200	250	187	237		
"C" and "D" / to the centre of the hole	195	245	200	250	200	250	187	237		

	Piston rod		"4" /from the surface		"5" / to the centre of the hole		"C" / to the centre of the hole		"D" / to the centre of the hole	
<b>Back fixture</b>			Stroke <=300 Stroke > 300		Stroke <=300 Stroke > 300		Stroke <=300 Stroke > 300		Stroke <=300 Stroke > 300	
"0" / from the surface	181	231	194	244	209	259	209	259		
"1" and "2" / to the centre of the hole	187	237	200	250	215	265	215	265		
"3" and "4" / to the centre of the hole	187	237	200	250	215	265	215	265		
"5" / from the surface	172	222	185	235	200	250	200	250		
"6" / from the surface	172*	222*	185	235	200	250	200	250		
"7" and "8" / to the centre of the hole	187	237	200	250	215	265	215	265		
"A" and "B" / to the centre of the hole	187	237	200	250	215	265	215	265		
"C" and "D" / to the centre of the hole	187	237	200	250	215	265	215	265		

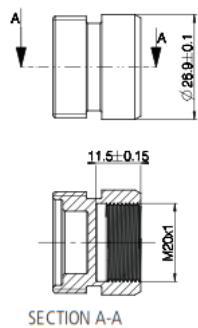
\* These built-in dimensions are measured according to the illustration below.



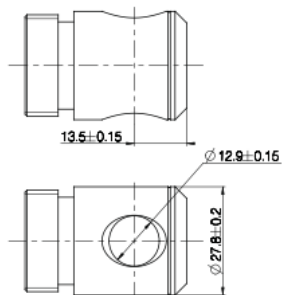
**LA36 Piston Rod Eyes**

When ordering AISI (304 and up) piston rod eye and back fixture, stainless steel screws are automatically included.

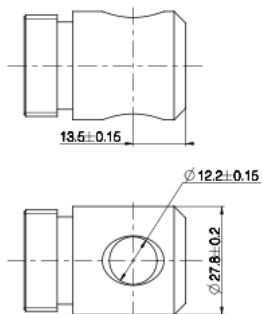
Option "0"  
AISI 303



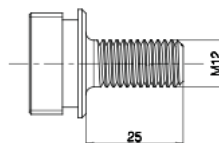
Option "1"  
Free cutting steel galvanised surface



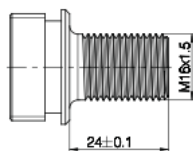
Option "2"  
Free cutting steel galvanised surface



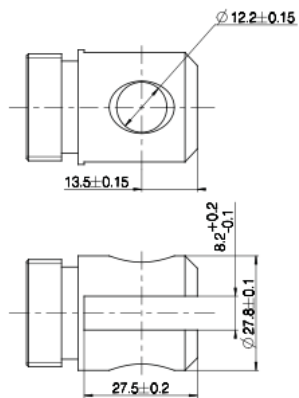
Option "3"  
AISI 303



Option "4"  
AISI 303

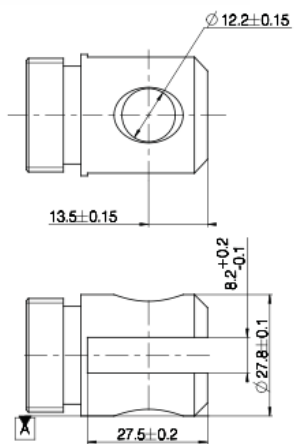


Option "5"  
Free cutting steel galvanised surface

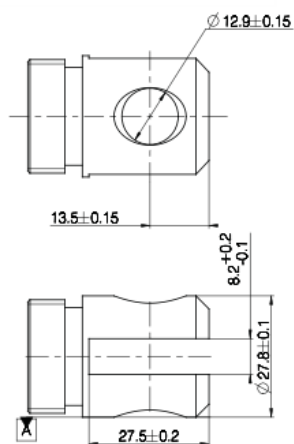


LA36 Piston Rod Eyes

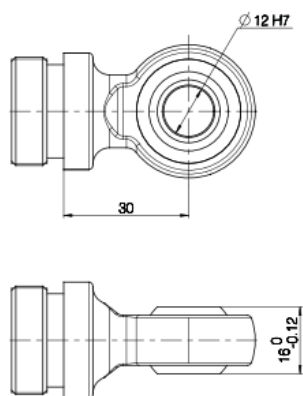
Option "A"  
AISI 304



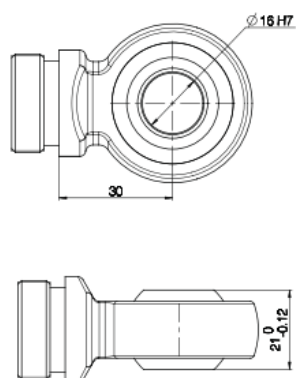
Option "B"  
AISI 304



Option "C"  
10KN = Max. load 6800 N in pull  
AISI 304



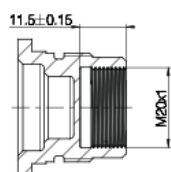
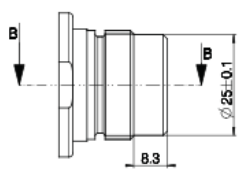
Option "D"  
AISI 304



The Piston Rod Eye is only allowed to turn 0 - 90 degrees.

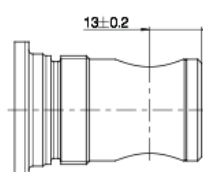
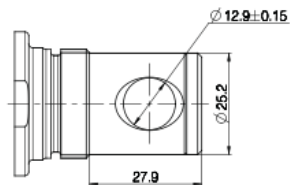
LA36 Back fixtures

Option "0"  
AISI 303

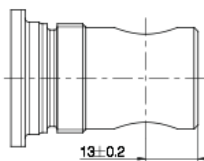
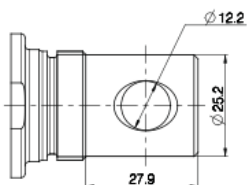


SECTION B-B

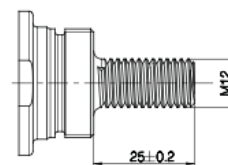
Option "1" Back fixture: 0° and "2" Back fixture: 90°  
Free cutting steel galvanised surface



Option "3" Back fixture: 0° and "4" Back fixture: 90°  
Free cutting steel galvanised surface

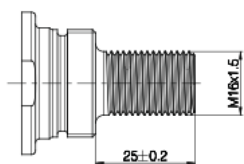


Option "5"  
AISI 303

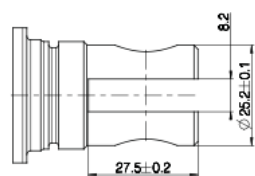
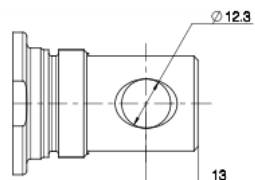


LA36 Back fixtures

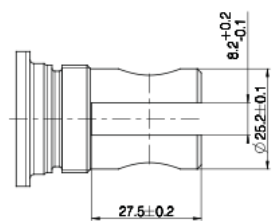
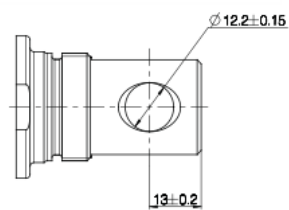
Option "6"  
AISI 303



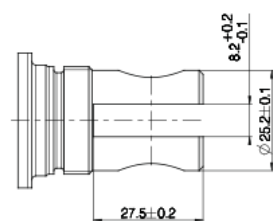
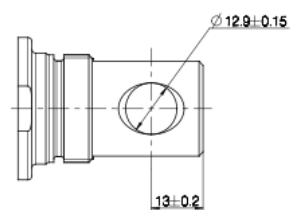
Option "7" Back fixture: 0° and "8" Back fixture: 90°  
Free cutting steel galvanised surface



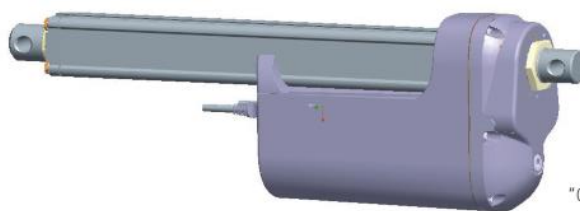
Option "A" Back fixture: 0° and "B" Back fixture: 90°  
AISI 304



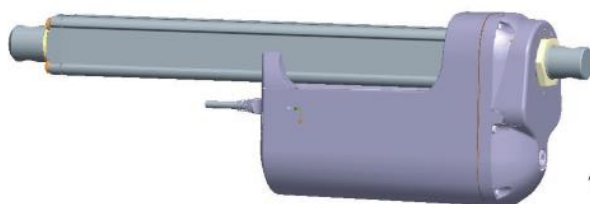
Option "C" Back fixture: 0° and "D" Back fixture: 90°  
AISI 304



## LA36 Back fixture orientation



"0" Degrees



"90" Degrees



"30" Degrees



"60" Degrees



"120" Degrees



"150" Degrees

NB. All with tolerance of  $\pm 4^\circ$

**Manual hand crank**

The manual hand crank can be used in the case of power failure.

The cover over the Allen Key socket must be unscrewed before the Allen Key can be inserted and the Hand Crank operated.

Hand Crank Torque: 6-8 Nm

Hand Crank rpm: Max. 65

Piston Rod movement per turn

	8 mm	12 mm	20 mm
Gear A	-	11 mm	18 mm
Gear B	-	6 mm	10 mm
Gear C	3 mm	4 mm	7 mm
Gear F	-	-	27 mm



- The power supply has to be disconnected during manual operation.
- If the actuator is operated as a Hand crank, it must only be operated by hand, otherwise there is a potential risk of overloading and hereby damaging the actuator.

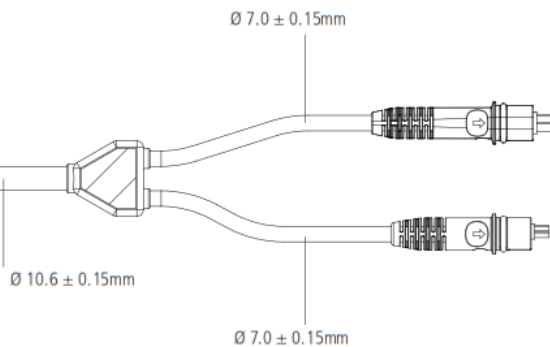
**Cable dimensions**

Y-cable dimensions:

- Brown: Ø 2.8mm
- Blue: Ø 2.8mm
- Violet: Ø 1.5mm
- Black: Ø 1.5mm
- Red: Ø 1.5mm
- Yellow: Ø 1.5mm
- Green: Ø 1.5mm
- White: Ø 1.5mm

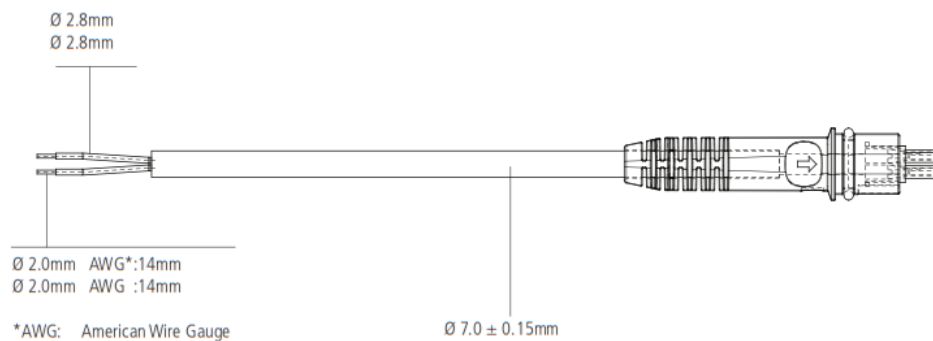
- Brown: Ø 2.0mm AWG\*: 14mm
- Blue: Ø 2.0mm AWG : 14mm
- Violet: Ø 0.5mm AWG : 20mm
- Black: Ø 0.5mm AWG : 20mm
- Red: Ø 0.5mm AWG : 20mm
- Yellow: Ø 0.5mm AWG : 20mm
- Green: Ø 0.5mm AWG : 20mm
- White: Ø 0.5mm AWG : 20mm

\*AWG: American Wire Gauge



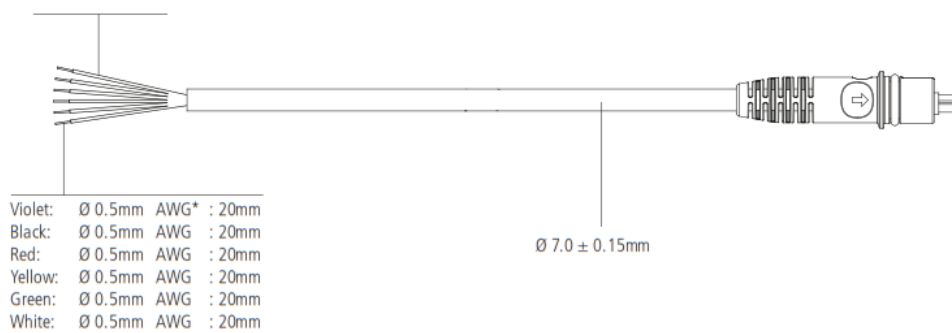
### Cable dimensions

Power cable dimensions:



Signal cable dimensions:

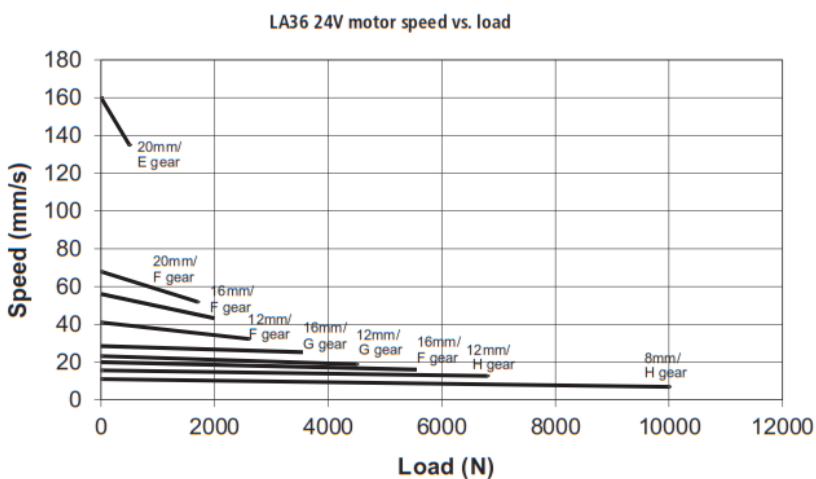
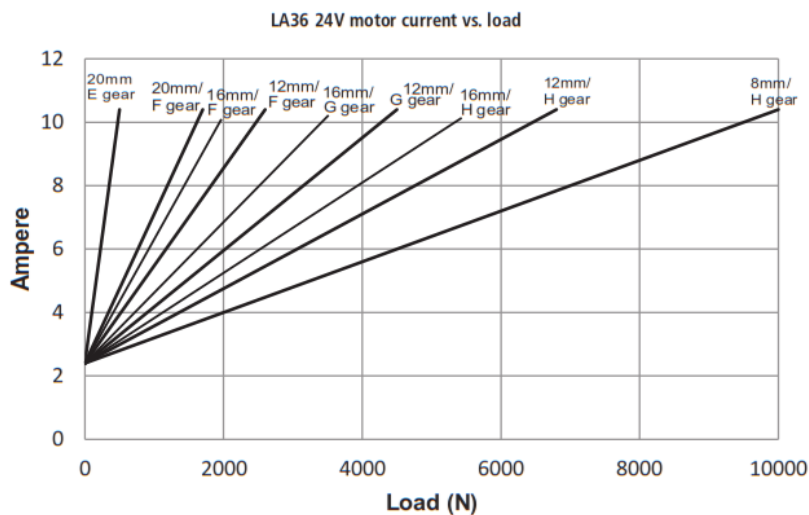
Violet:  $\text{Ø } 1.5\text{mm}$   
 Black:  $\text{Ø } 1.5\text{mm}$   
 Red:  $\text{Ø } 1.5\text{mm}$   
 Yellow:  $\text{Ø } 1.5\text{mm}$   
 Green:  $\text{Ø } 1.5\text{mm}$   
 White:  $\text{Ø } 1.5\text{mm}$



\*AWG: American Wire Gauge

**Speed and current curves - 24V motor**

The values below are typical values and made with a stable power supply and an ambient temperature of 20°C.



All measurements above describe the spindle pitch (e.g. 20mm) and the gear type (e.g. E gear) of the actuator. Speed and current are based on a nominal power supply of 12, 24, 36VDC.



When ordering LA36F

When purchasing the LA36 actuator with fast gear and slide for the end-stop function, the customer has been informed that there is an increased risk that the activation arm for end-stop can be damaged during use, especially if the actuator runs to limit switch without load, both in the inner or outer position. A defective activation arm will inevitably lead to an inoperative end-stop function.

## IC options overview

	Basic	Advanced	Parallel	LIN bus	CAN bus
<b>Control</b>					
12V, 24V supply	√	√	√	√	√
H-bridge	√	√	√	√	√
Manual drive in/out	√	√	√	√	√
EOS in/out	-	√	√	√	-
Soft start/stop	√	√	√	√	√
<b>Feedback</b>					
Voltage	√	√*	-	-	-
Current	-	√**	-	-	-
Single Hall	√	√	-	-	-
PWM	-	√	-	-	-
Position (mm)	-	-	-	√	√
Custom feedback type	-	√	-	-	-
<b>Monitoring</b>					
Temperature monitoring	√	√	√	√	√
Current cut-off	√	√	√	√	√
Ready signal	-	-	-	-	-
<b>BusLink &lt;...&gt;</b>					
Service counter	-	√	√	√	√
Custom soft start/stop	-	√***	√***	√***	√***
Custom current limit	-	√	√	√	√
Speed setting	-	√	√	√	√
Virtual end stop	-	√	√	√	√

\* Configure any high/low combination between 0 - 10V

\*\* Configure any high/low combination between 4 - 20mA

\*\*\* Configure any value between 0 - 30s

## Chapter 3

## Environmental tests - Climatic

Test	Specification	Comment
Cold test	EN60068-2-1 (Ab)	<u>Storage at low temperature:</u> Temperature: -40°C Duration: 72h Not connected Tested at room temperature.
	EN60068-2-1 (Ad)	<u>Storage at low temperature:</u> Temperature: -30°C Duration: 2h Actuator is not activated/connected Tested at low temperature.
Dry Heat	EN60068-2-2 (Bb)	<u>Storage at high temperature:</u> Temperature: +90°C Duration: 72h Actuator is not activated/connected. Tested at room temperature  <u>Storage at high temperature:</u> Temperature: +70°C Duration: 1000h Actuator is not activated/connected Tested at high temperature.
	EN60068-2-2 (Bd)	<u>Operating at high temperature:</u> Temperature: +60°C Int. max. 17% Duration: 700h Actuator is activated Tested at high temperature.
Change of temperature	EN60068-2-14 (Na)	<u>Rapid change of temperature:</u> High temperature: +100°C in 60 minutes. Low temperature: -30°C in 60 minutes. Transition time: <10 seconds Duration: 100 cycles Actuator is not activated/connected. Tested at room temperature.
	EN60068-2-14 (Nb)	<u>Controlled change of temperature:</u> Temperature change 5°C pr. minute High temperature: +70°C in 60 minutes. Low temperature: -30°C in 30 minutes. 130 minutes pr. Cycle. Duration: 1.000 cycles (90days) Actuator is not activated/connected.  Tested at 250, 500 and 1,000 cycles at low and high temperatures.
Damp heat	EN60068-2-30 (Db)	<u>Damp heat, Cyclic:</u> Relative humidity: 93-98% High temperature: +55°C in 12 hours Low temperature: +25°C in 12 hours Duration: 21cycles * 24hours Actuator is not activated/connected Tested within 1 hour after condensation, That means after upper temperature has been reached.
	EN60068-2-3 (Ca)	<u>Damp heat, Steady state:</u> Relative humidity: 93-95% Temperature: +40 ±2°C Duration: 56 days Actuator is not activated/connected. Tested within one hour after exposure.
Salt mist.	EN60068-2-52 (Kb)	<u>Salt spray test:</u> Salt solution: 5% sodium chloride (NaCl) 4 spraying periods, each of 2 hours. Humidity storage 7 days after each. Actuator not activated/connected. Exposure time: 500 hours



## Environmental tests - Mechanical

Test	Specification	Comment
Free fall		<u>Free fall from all sides:</u> Height of fall: 0.4 meter onto steel Actuator not activated/connected.
Vibration	EN60068-2-36 (Fdb)  EN 60068-2-6 (Fc)	<u>Random vibration:</u> Short time test: 6.29g RMS Actuator is not connected Long time test: 7.21g RMS Actuator is not connected Duration: 2 hours in each direction  <u>Sinus vibration:</u> Frequency 5-25Hz: Amplitude = 3.3mm pp Frequency 25-200Hz: Acceleration 4g Number of directions: 3 (X-Z-Y) Duration: 2 hours in each direction. Actuator is not activated
Bump	EN60068-2-29 (Eb)	<u>Bump test:</u> Level: 40g Duration: 6 milliseconds Number of bumps: 500 shocks in each of 6 directions. Actuator is not connected.
Shock	EN60068-2-27 (Ea)	<u>Shock test:</u> Level: 100g Duration: 6 milliseconds Number of bumps: 3 shocks in each of 6 directions Actuator is not connected.

## Environmental tests - Electrical

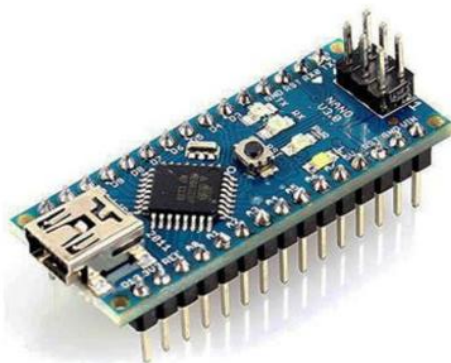
Test	Specification	Comment
Power supply	ASAE EP455 (1990)	Operating voltages +10V - +16V Over voltage +26(V) / 5min. Reverse polarity -26(V) / 5min. Short circuit to ground 16 (V) / 5 min. Short circuit to supply 16(V) / 5 min.
HF-immunity	EN61000-6-2	Level: 30 V/m. at 26 MHz – 1000 mHz 80% 1 KHz
Emission	EN61000-6-4	Level is inside limits for 12 V motor
Automotive transients	ISO 7637	Load dump test only accepted on motor power connection.
IECEX / ATEX (Ex)	EN60079-0:2012 EN60079-31:2014	This Ex certification allows the actuator to be mounted in Ex dust areas: II 2D Ex tb IIIC T135°C Db Tamb -25°C to +65°C
Regulation No. 10		Directive on electromagnetic compatibility of sub-assembly for automotive applications



All electrical tests are conducted and radiated emission (EMC) tests.

### Anexo 3: Ficha técnica de Módulo Nano Arduino

## MB0016: OEM ARDUINO NANO V3.0



#### Descripción:

Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328 (Arduino Nano 3.0) que se usa conectándola a una Protoboard. Tiene funcionalidad similar al Arduino UNO, pero con una presentación diferente. No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez del cable estándar.

#### Especificaciones

Microcontrolador: ATmega328.  
Tensión de Operación (nivel lógico): 5 V.  
Tensión de Entrada (recomendado): 7-12 V.  
Tensión de Entrada (límites): 6-20 V.  
Pines E/S Digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM).

**Entradas Analógicas:** 8.

**Corriente máx por cada PIN de E/S:** 40 mA.

**Memoria Flash:** 32 KB (ATmega328) de los cuales 2KB son usados por el bootloader.

**SRAM:** 2 KB (ATmega328).

**EEPROM:** 1 KB (ATmega328).

**Frecuencia de reloj:** 16 MHz.

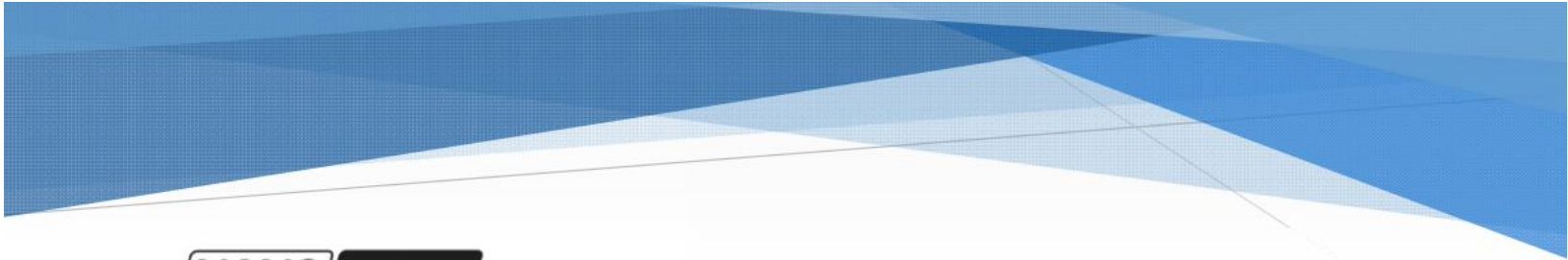
**Dimensiones:** 18.5mm x 43.2mm

### **Alimentación**

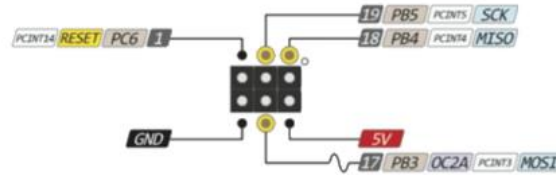
El Arduino Nano puede ser alimentado usando el cable USB Mini-B, con una fuente externa no regulada de 6-20V (pin 30), o con una fuente externa regulada de 5V (pin 27). La fuente de alimentación es seleccionada automáticamente a aquella con mayor tensión.

El chip FTDI FT232RL que posee el Nano solo es alimentado si la placa está siendo alimentada usando el cable USB.

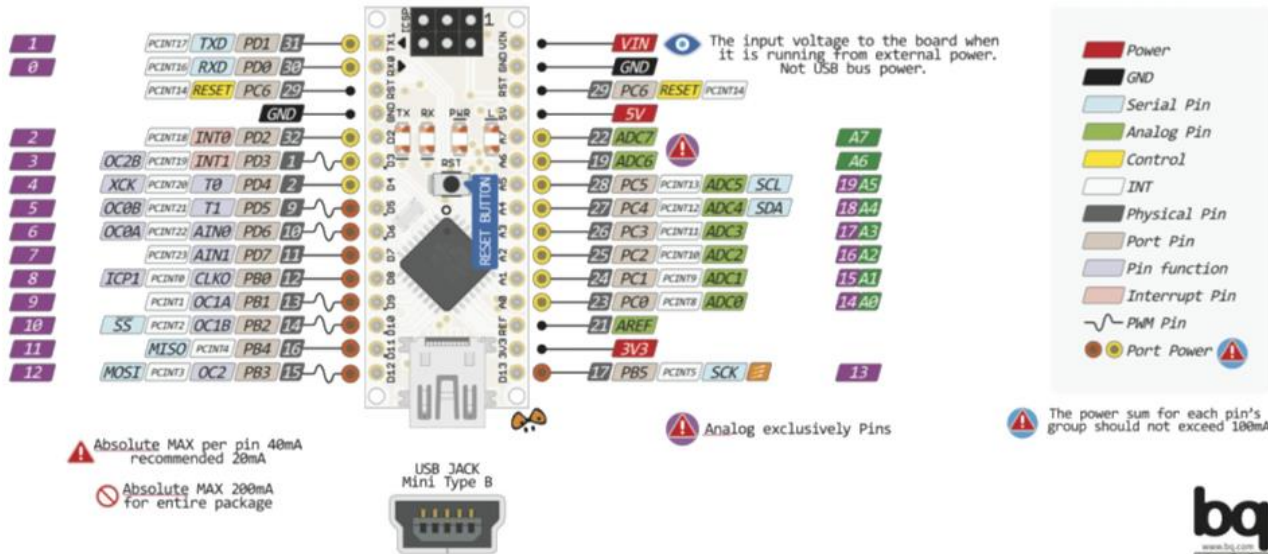
Cuando se utiliza una fuente externa (no USB), la salida de 3.3V (la cual es proporcionada por el chip FTDI) no está disponible y los pines 1 y 0 parpadearán si los pines digitales 0 o 1 están a nivel alto.



# NANO PINOUT



## Distribución de Pines



## Primeros Pasos

Para cargar el primer sketch debe tener instalado el IDE de Arduino en su computadora, que se debe descargar de la siguiente página:

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

Una vez instalado el software, diríjase a la pestaña:

Archivo ->Ejemplos-> Basics

Deberá elegir Blink

Posteriormente deberá elegir la placa en:

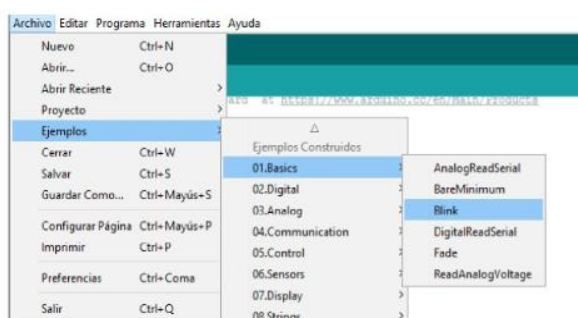
Herramientas-> Placa -> Arduino Nano

Conecte su placa y a continuación vaya a:

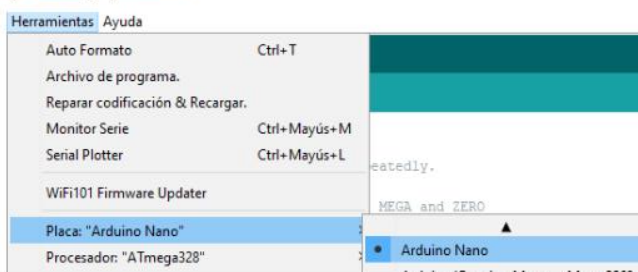
Herramientas->Puerto

Elija el puerto COM que su PC asigno a su placa.

## Elección del ejemplo



## Elección de placa y puerto



### Código de ejemplo

```
// void setup() {
  // inicializa como pin digital LED_BUILTIN y lo declara como
  // salida.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

//el ciclo loop que indica que las funciones que estén dentro de
//el se realizaran indefinidamente.
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // enciende el LED
  delay(1000); // lo deja un segundo encendido
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // apaga el LED
  delay(1000); // lo apaga por un segundo
}
```

Para Finalizar debe Compilar y Cargar el programa. En la flecha que indica subir:



AG Electrónica S.A. de C.V.  
República del Salvador N° 20  
Segundo Piso  
Teléfono: 5130 - 7210

<http://agelectronica.com/AG/>

Rev 1. RMG

Fecha: 20/10/2017

Rev 2. BMF

## Anexo 4: Ficha técnica de batería BAJ para sistema de control

MEDLINE<sup>®</sup> CARELINE<sup>®</sup>  
IMPROVING EFFICIENCY IMPROVING EFFICIENCY



Battery pack BAJ  
Data sheet

## Battery pack BAJ

The battery pack BAJ has been specially developed for use with the JUMBO system. They are easy to exchange through an integrated snap system, and can easily be mounted on the mounting brackets.



### Features and Options:

- Functional and elegant design
- High battery capacity: 24 VDC, 1 x 2.9 Ah  
This gives 40 lifts and lowering for the JUMBO system with fully charged battery under the following conditions:
  - Thrust up to: 6000 N
  - The actuator does not reach the end position at any time.
  - Stroke: S = 200 mm
- By means of a snap system the battery pack can easily be mounted on the charger and/or the control box using LINAK mounting brackets
- BAJ can be ordered with integrated DC plug
- Protection class: Up to IPX5 (not defined for BAJ with integrated DC plug)
- Colour: Bottom dark grey (RAL 7016) and top light grey (RAL 7035)
- Possibility for customised front cover
- Accessory: Battery cover

BAJ is also available in a special edition that can be used in harsh conditions in the pool environment both outdoor and indoor.

The pool lift version features and options differ from BAJ:

- Improved contact terminals
- Stainless steel screws
- Robot injected sealing glue
- Always external charger CHJ2
- Always IPX5

### Usage:

- BAJ is a part of the JUMBO system. It is compatible with CBJ1/CBJ2, CHJ2, CBJCare and COBO
- Duty cycle: 10% or 2 min. continuous use then 18 min. not in use
- Ambient temperature: +5° to +40 °C
- Storage temperature: -15° to +40° C
- Relative humidity: 20% to 80% - non-condensing
- Atmospheric pressure: 700 to 1060 hPa
- Height above sea level: Max. 3000 meters
- Flammability rating: UL94-V0
- Approvals: IEC60601-1, ANSI/AAMI ES60601, CAN/CSA-22.2 No 60601-1

### Charging:

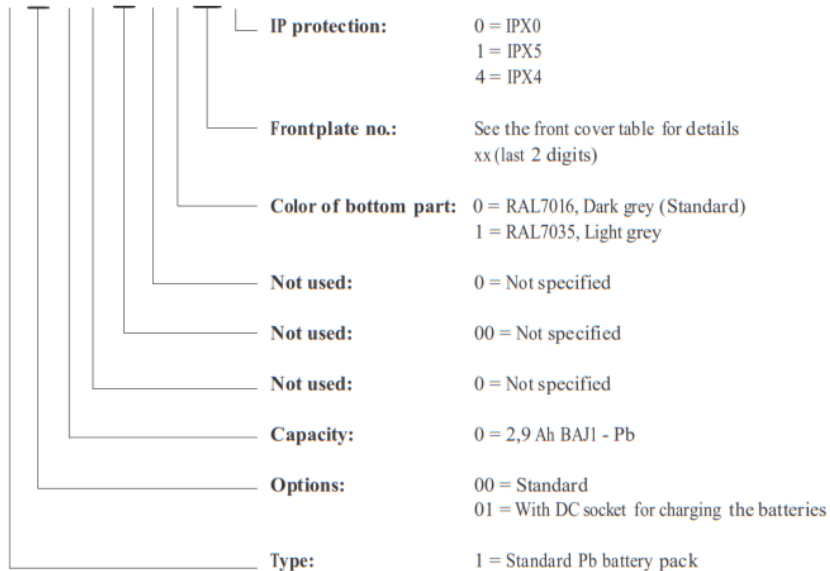
BAJ can be charged by

- Charger CHJ2
- Control box CBJ1/2, CBJCare, COBO
- BAJ with integrated DC plug can also be charged by use of the external charger CH01

**BAJ**

Ordering example:

**BAJ 1 00 0 0 00 0 0 xx 4**

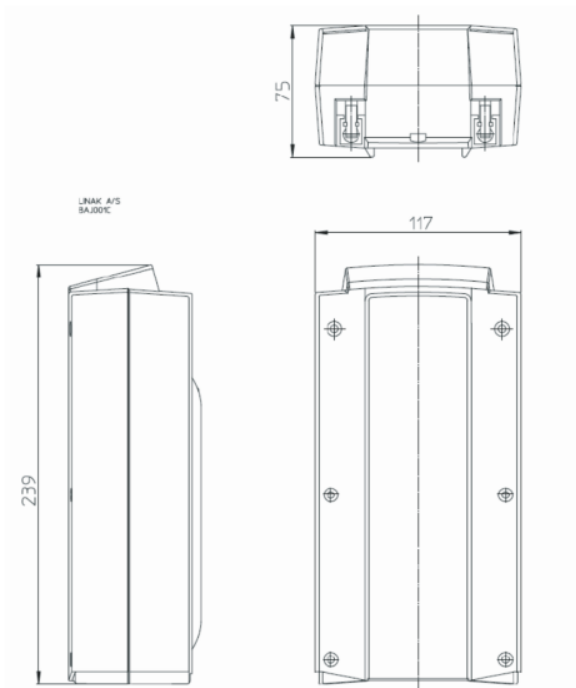


Pool lift version should be ordered as special articles.

Please contact LINAKA/S sales for further information if you need this BAJ solution.

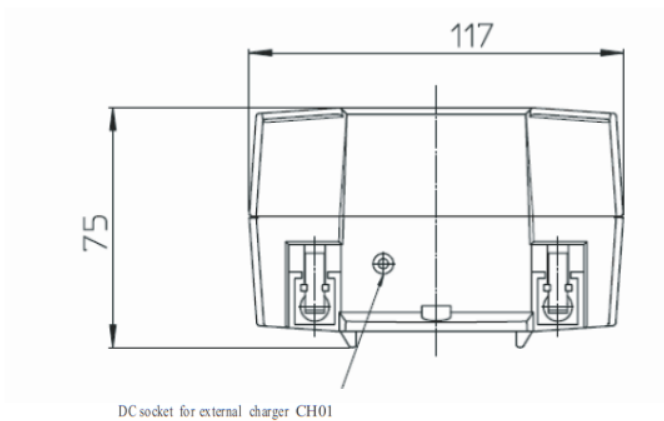
**Dimensions:**

**BAJ without integrated DC plug**



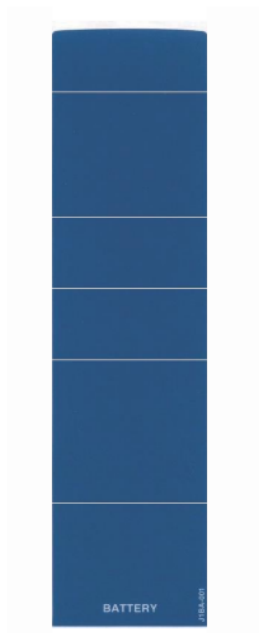
Drawing no: BAJ001C

**BAJ with integrated DC plug**



Drawing no: BAJ002B

BAJ Standard front covers



00J1BA001



00J1BA035

## Anexo 5: Ficha técnica de ruedas para grúa móvil

5/10/2020

rueda giratoria con freno, Ø 125mm, rueda nylon / poliamida, 250KG - Industrialwheels.com - Ruedas a los mejores precios

Utilizando nuestra web aceptas el uso de cookies para ayudarnos a mejorar el funcionamiento de esta página web. [Ocultar](#)



### Descripción del producto

Ruedas para transporte industrial rueda giratoria con freno falta chapa de acero, agujero pasante, rueda nylon / poliamida, cojinete de rodillos, Rueda-Ø 125mm, 250KG

#### Ruedas para transporte industrial y rodillos nylon (PA6) rueda giratoria con freno

**soporte / horquilla:** chapa de acero, giratoria con freno total, cojinete de bolas a precisión en cabeza giratoria, zincadas, agujero pasante

**rueda:** rueda nylon / poliamida, cojinete de rodillos,

### Ruedas para transporte industrial rueda giratoria con freno falta chapa de acero, agujero pasante, rueda nylon / poliamida, cojinete de rodillos, Rueda-Ø 125mm, 250KG

Ruedas para transporte industrial rueda giratoria con freno falta chapa de acero, agujero pasante, rueda nylon / poliamida, cojinete de rodillos, Rueda-Ø 125mm, 250KG

### Información del Producto

- SKU 140812123
- EAN 8718116181002

### Especificaciones

- soporte / horquilla chapa de acero
- placa protectora del rodamiento giratorio placa protectora del rodamiento giratorio
- cojinete de bolas a cabeza giratoria cojinete de bolas a precisión en cabeza giratoria
- tipo de freno giratorio con freno total
- Radio giratorio 102,5
- Desplazamiento 40
- type rueda giratoria con freno

5/10/2020

rueda giratoria con freno, Ø 125mm, rueda nylon / poliamida, 250KG - Industrialwheels.com - Ruedas a los mejores precios

Utilizando nuestra web aceptas el uso de cookies para ayudarnos a mejorar el funcionamiento de esta página web. **Ocultar**

- núcleo de rueda poliamida
- bandaje rueda nylon / poliamida
- cojinete cojinete de rodillos
- Soporta temperaturas - 20 / + 60 °C
- Capacidad de carga estática 250
- Ancho de banda 40
- Rueda-Ø 125

Díganos lo que necesita

[Close](#)

[Close](#)

5/10/2020

rueda giratoria, Ø 125mm, rueda nylon / poliamida, 250KG - Industrialwheels.com - Ruedas a los mejores precios

Utilizando nuestra web aceptas el uso de cookies para ayudarnos a mejorar el funcionamiento de esta página web. Ocultar



## Descripción del producto

Ruedas para transporte industrial rueda giratoria falta chapa de acero, agujero pasante, rueda nylon / poliamida, cojinete de rodillos, Rueda-Ø 125mm, 250KG

### Ruedas para transporte industrial y rodillos nylon (PA6) rueda giratoria

**soporte / horquilla:** chapa de acero, cojinete de bolas a precisión en cabeza giratoria, zincadas, agujero pasante

**rueda:** rueda nylon / poliamida, cojinete de rodillos,

## Ruedas para transporte industrial rueda giratoria falta chapa de acero, agujero pasante, rueda nylon / poliamida, cojinete de rodillos, Rueda-Ø 125mm, 250KG

Ruedas para transporte industrial rueda giratoria falta chapa de acero, agujero pasante, rueda nylon / poliamida, cojinete de rodillos, Rueda-Ø 125mm, 250KG

## Información del Producto

- SKU 140812120
- EAN 8718116180999

## Especificaciones

- soporte / horquilla chapa de acero
- placa protectora del rodamiento giratorio placa protectora del rodamiento giratorio
- cojinete de bolas a cabeza giratoria cojinete de bolas a precisión en cabeza giratoria
- Radio giratorio 102,5
- Desplazamiento 40
- type rueda giratoria
- fijación agujero pasante
- núcleo de rueda poliamida

5/10/2020

rueda giratoria, Ø 125mm, rueda nylon / poliamida, 250KG - Industrialwheels.com - Ruedas a los mejores precios

Utilizando nuestra web aceptas el uso de cookies para ayudarnos a mejorar el funcionamiento de esta página web. **Ocultar**

- cojinete cojinete de rodillos
- Soporta temperaturas - 20 / + 60 °C
- Capacidad de carga estática 250
- Ancho de banda 40
- Rueda-Ø 125

Díganos lo que necesita

[Close](#)

[Close](#)

## Anexo 6: Ficha técnica de balanza electrónica Moretti GN

Balanza electrónica de colgar

# Moretti GN

- > Diseño de tipo industrial
- > Indicador hermético en acero inoxidable
- > Apta para ambientes húmedos
- > Tara automática



Soluciones integrales en automatización, registraci3n y control

**Moretti**



Moretti GN

## Características



### Capacidades

150 kg x 50 gr

300 kg x 100 gr

600 kg x 200 gr

### Tara

100 % su capacidad máxima

### Alimentación

Fuente de alimentación 220 vca y batería 12 vcc

### Altura de dígitos

1,3 cm

### Opcional

Salida RS 232 para PC

**Moretti**

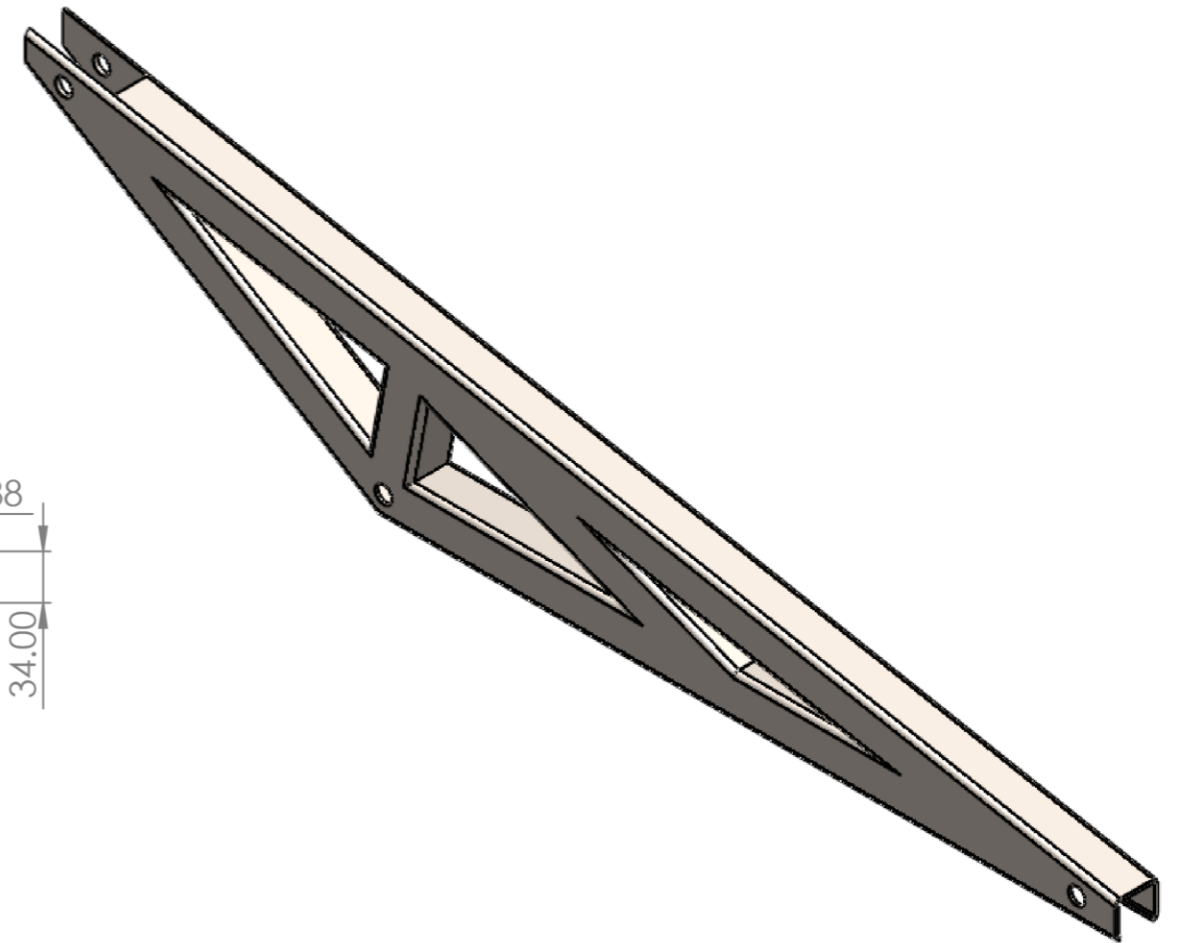
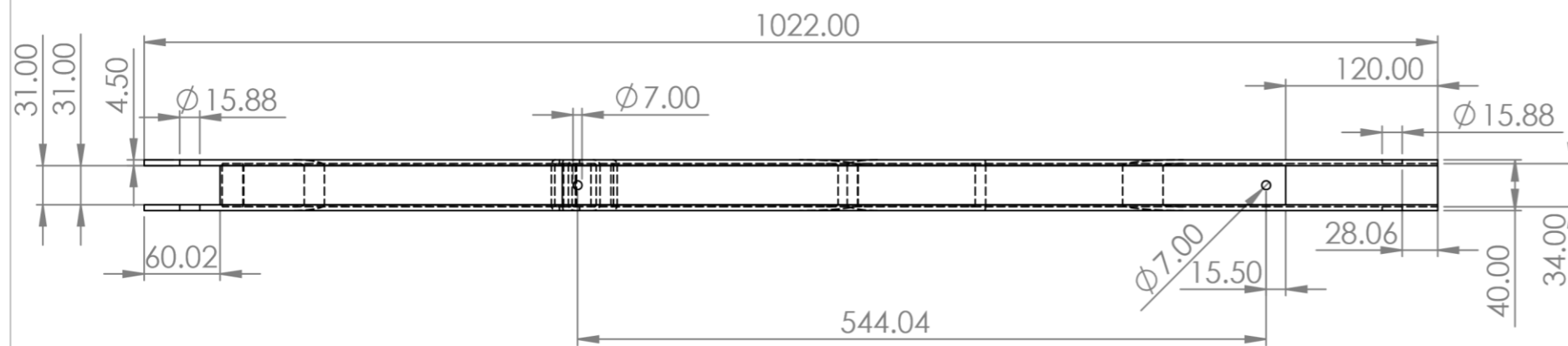
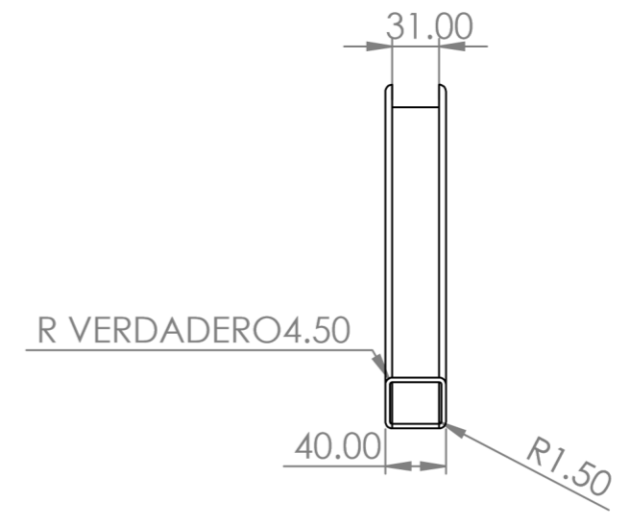
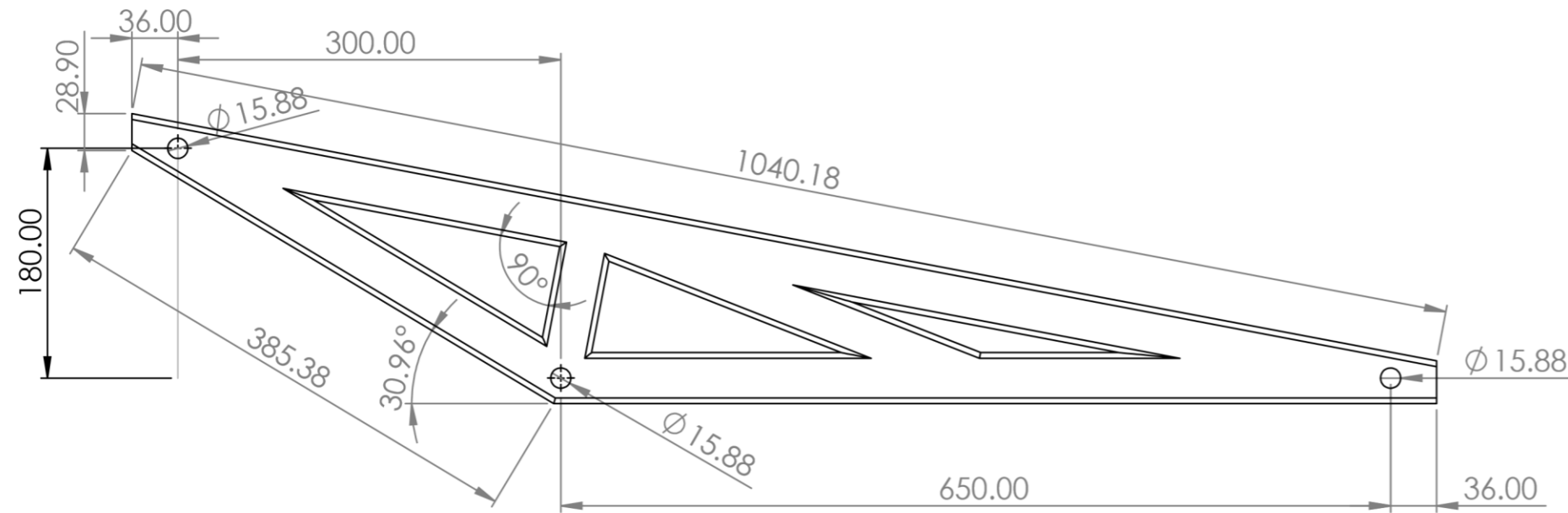
Andrés Moretti e Hijos S.A.

Carlos Calvo 2740 / 2755 - (C1230AAS) Capital Federal - Argentina

Tel.: (011) 4103 - 4500 (línea rotativa) / (011) 4308 - 1504

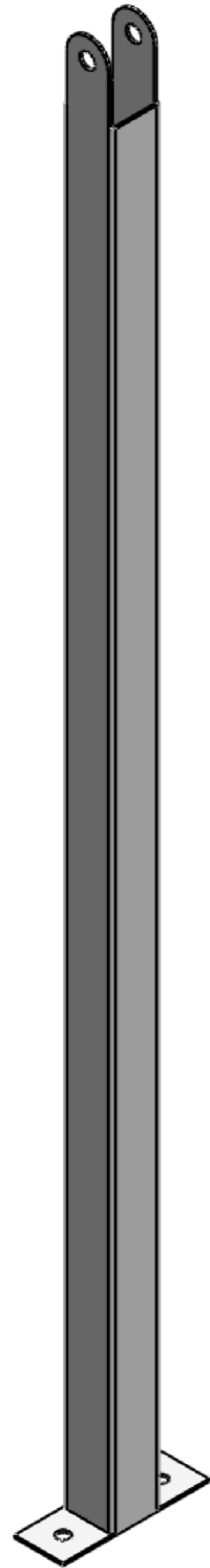
ventasindustrias@moretti.com.ar - www.moretti.com.ar

**Anexo 7: Plano del brazo móvil reforzado**

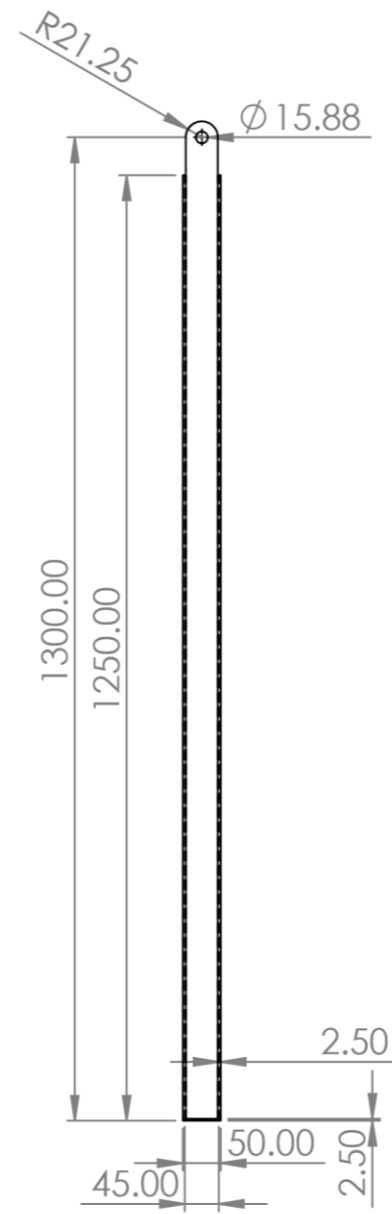


Observaciones		Título: <b>BRAZO MÓVIL</b>		Plano n°: E-01
ESCALA: <b>1 : 5</b>		Un. dim. mm	Dibujado por: Yang Yang Chung Luna	Hoja n°: 1 de 1
		<b>USAT EIME</b>	Comprobado por: Ing. Jony Villalobos Cabrera	Fecha: 6/06/2022
				Fecha: 6/06/2022

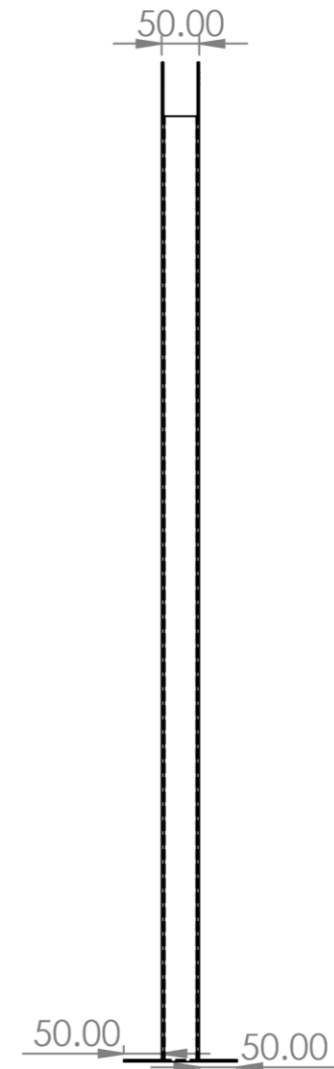
**Anexo 8: Plano de la columna o mástil**



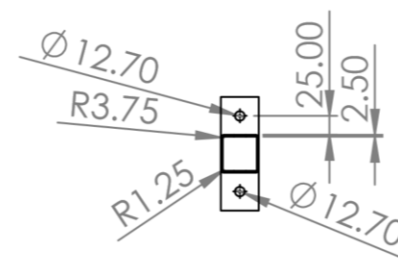
Escala 1: 5



Escala 1: 10



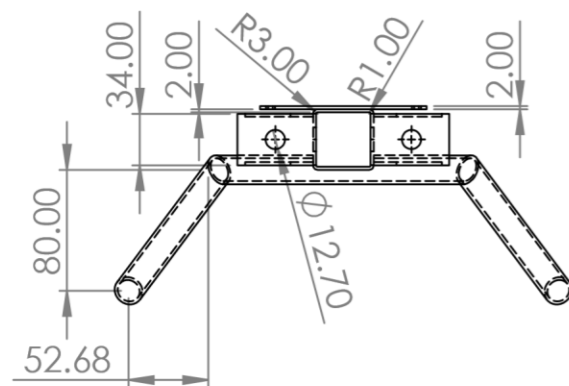
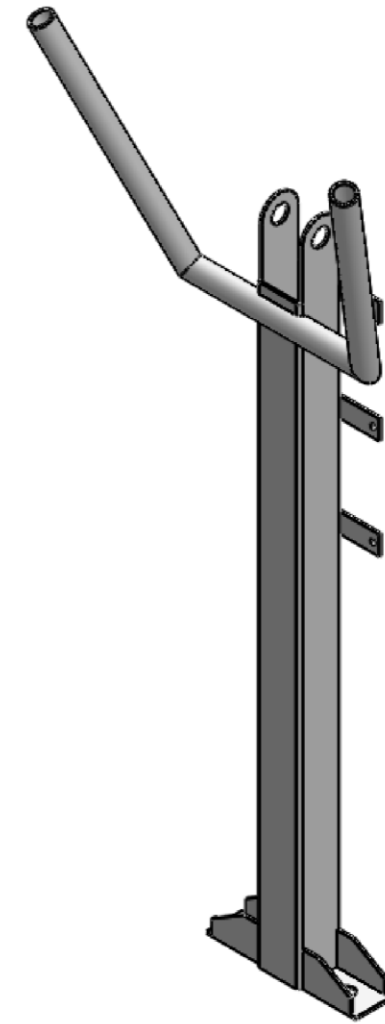
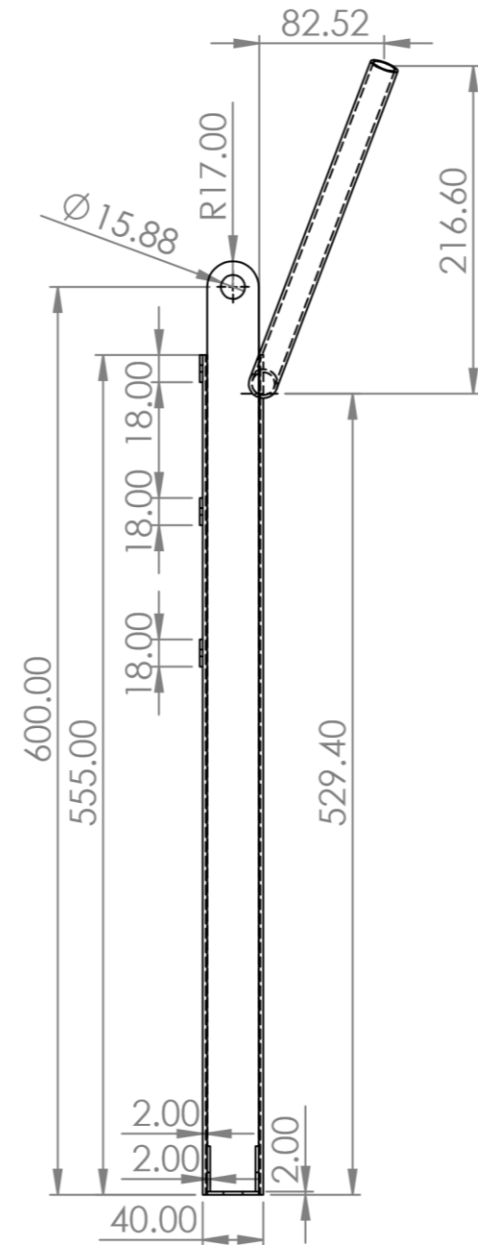
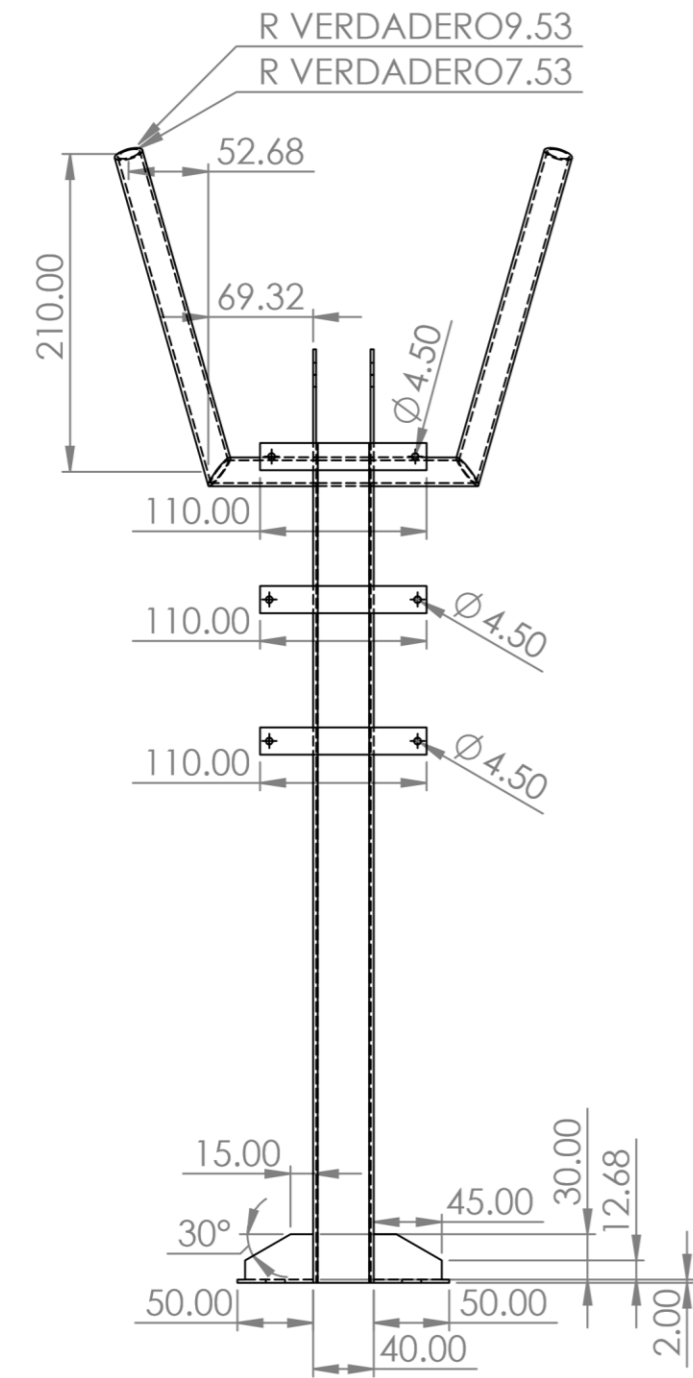
Escala 1: 10



Escala 1: 10

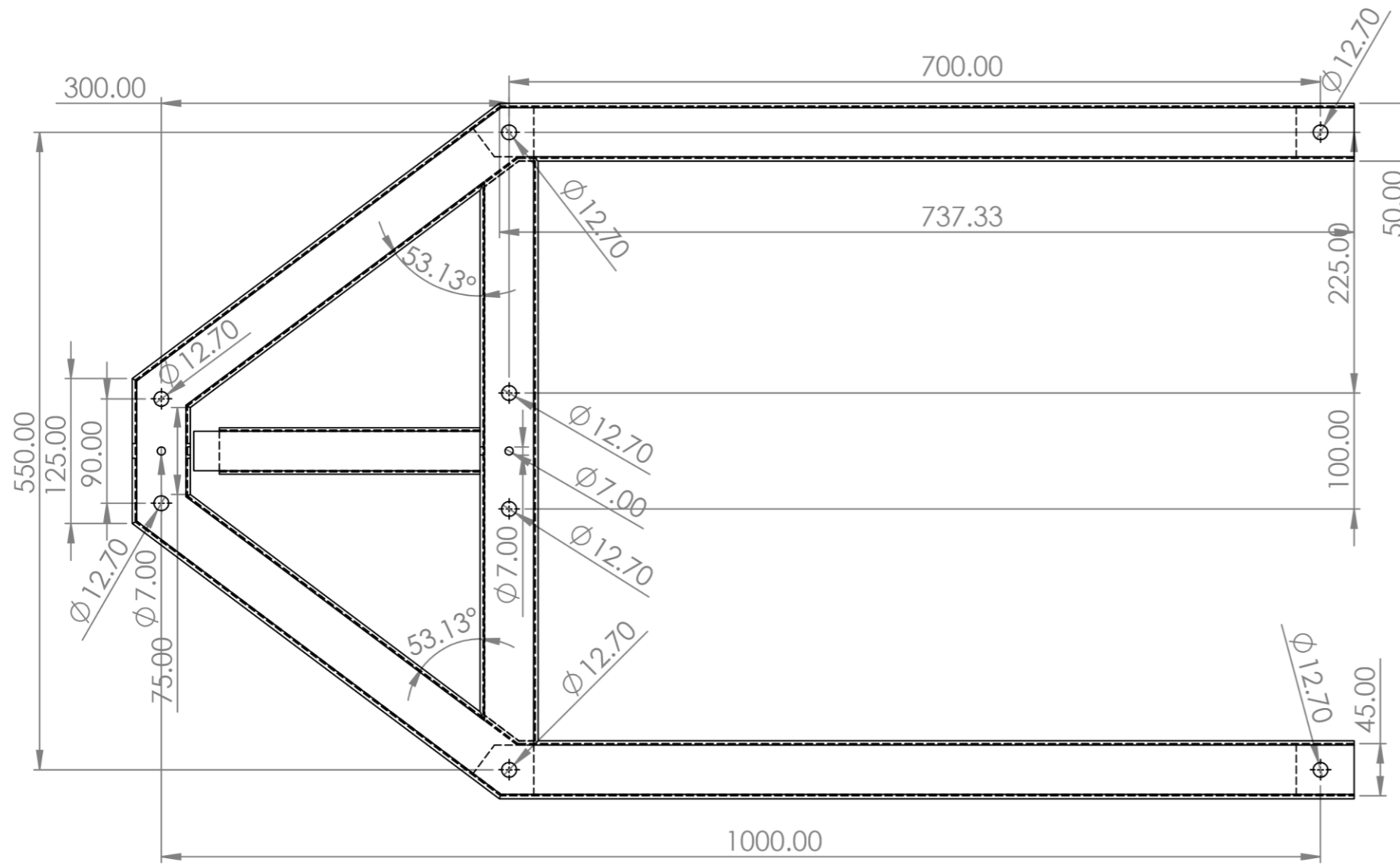
Observaciones		Título: <b>COLUMNA O MÁSTIL</b>		Plano n°: E-02
				Hoja n°: 1 de 1
<b>ESCALA:</b> <b>Indicada</b>	Un. dim. mm 	<b>USAT EIME</b>	Dibujado por: Yang Yang Chung Luna	Fecha: 6/06/2022
			Comprobado por: Ing. Jony Villalobos Cabrera	Fecha: 6/06/2022

**Anexo 9: Plano del soporte para Actuador Electromecánico LINAK LA36**

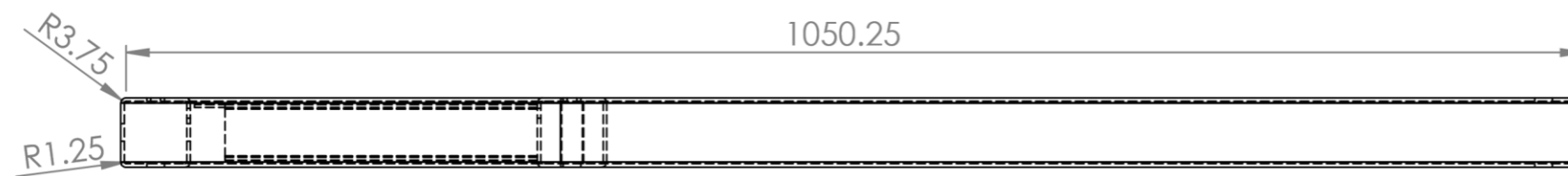


Observaciones		Título: <b>SOPORTE PARA ACTUADOR ELECTROMECHANICO</b>		Plano n°: E-03
ESCALA: <b>1 : 5</b>		Un. dim. mm	Dibujado por: Yang Yang Chung Luna	Hoja n°: 1 de 1
			Comprobado por: Ing. Jony Villalobos Cabrera	Fecha: 6/06/2022
				Fecha: 6/06/2022

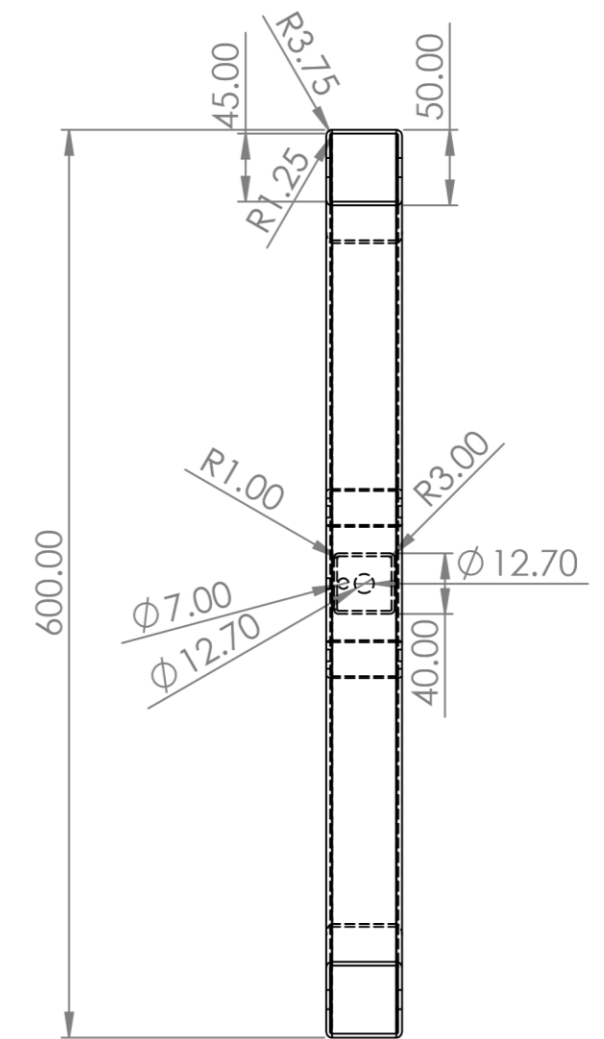
**Anexo 10: Plano de la base**



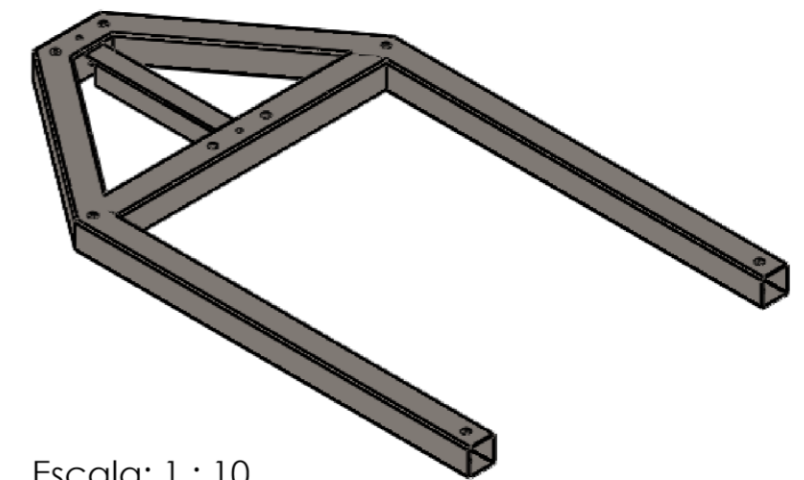
Escala: 1 : 5



Escala: 1 : 5



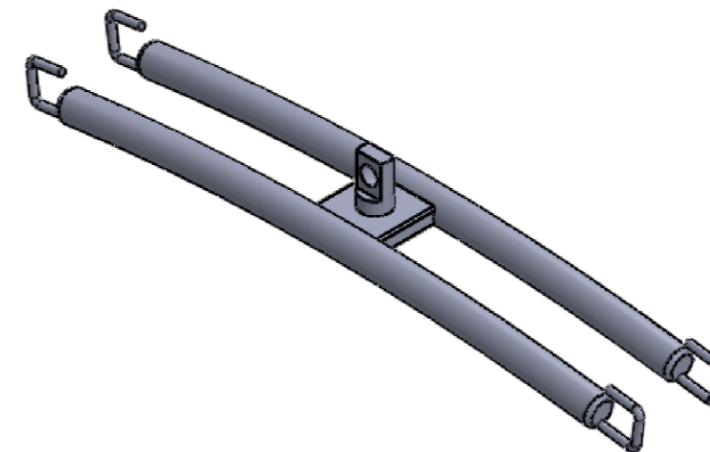
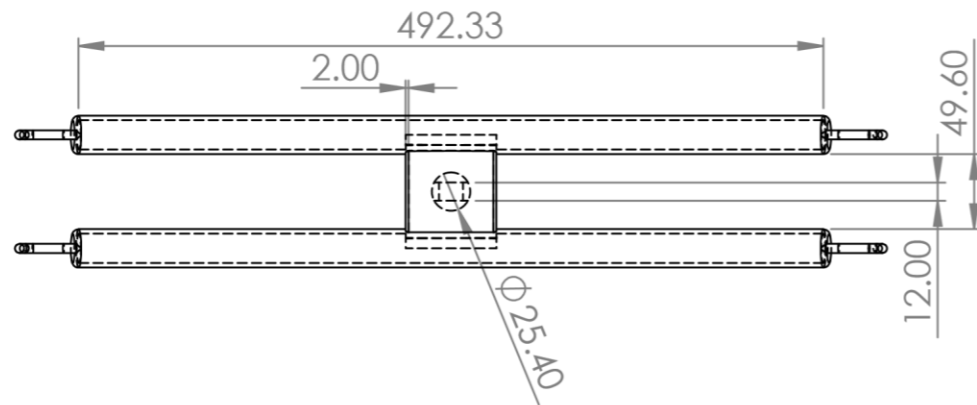
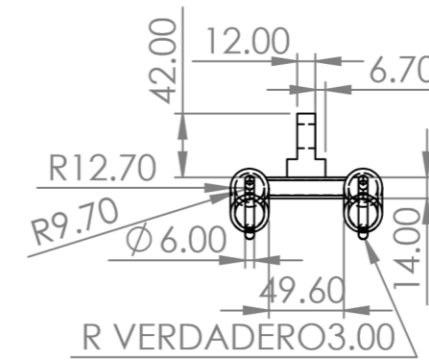
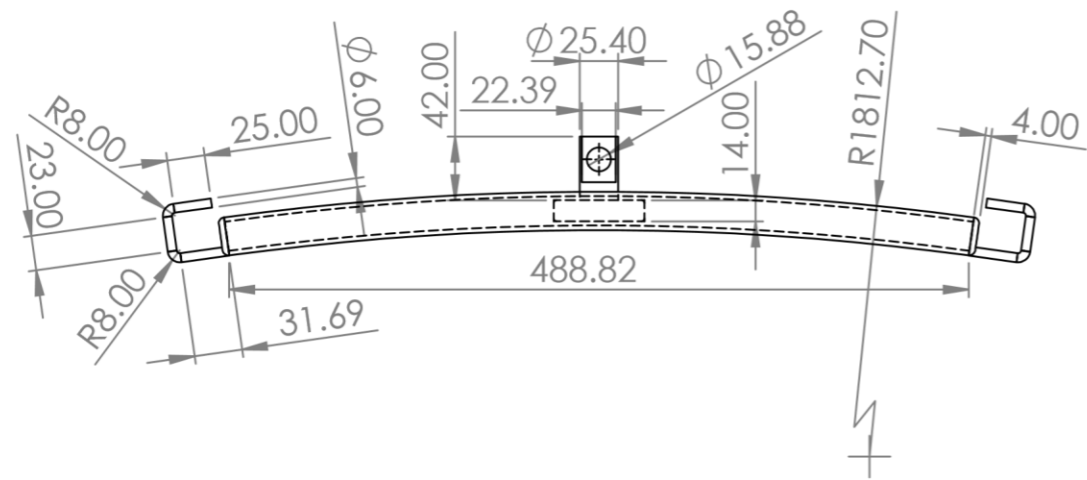
Escala: 1 : 5




Escala: 1 : 10

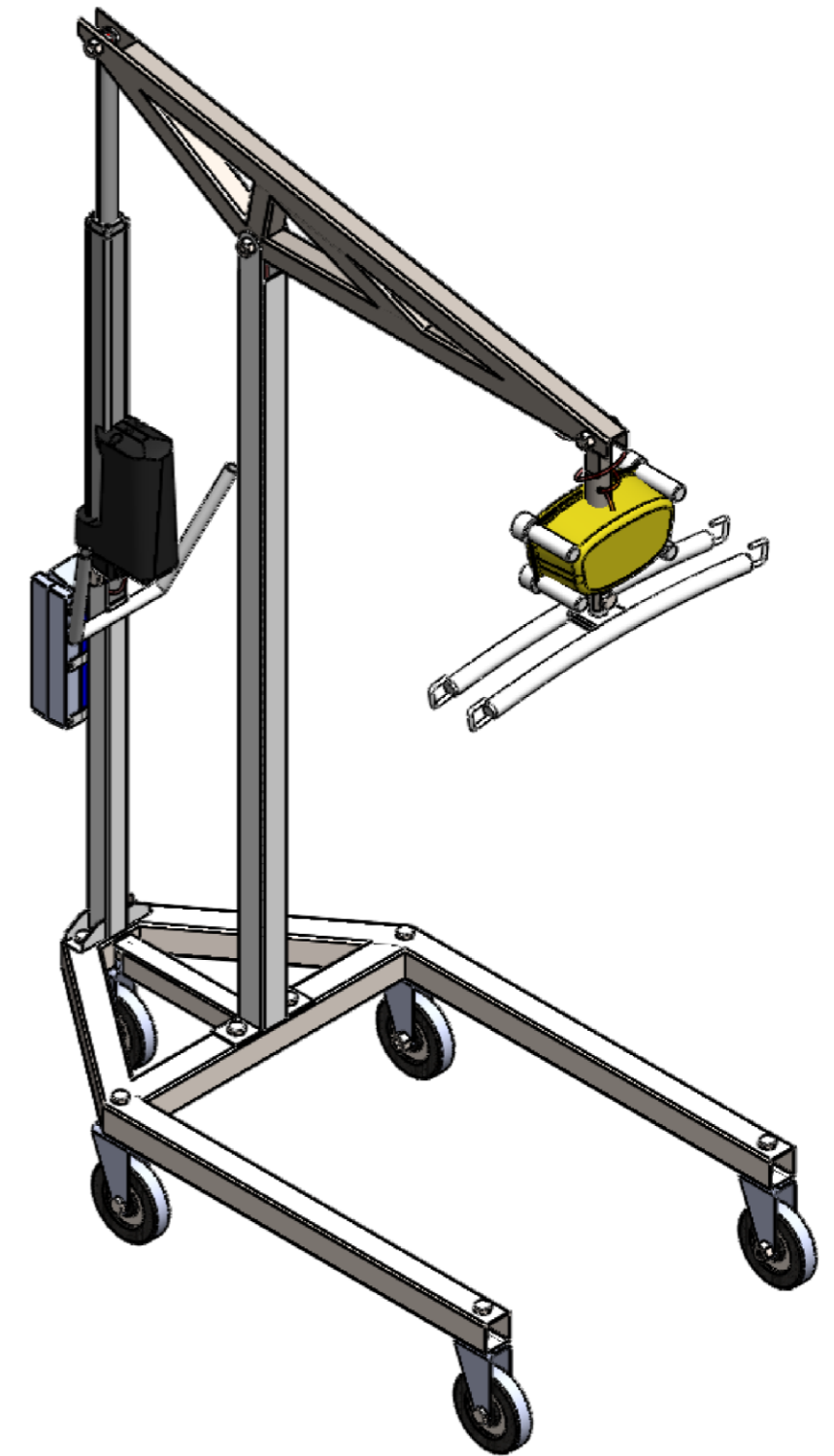
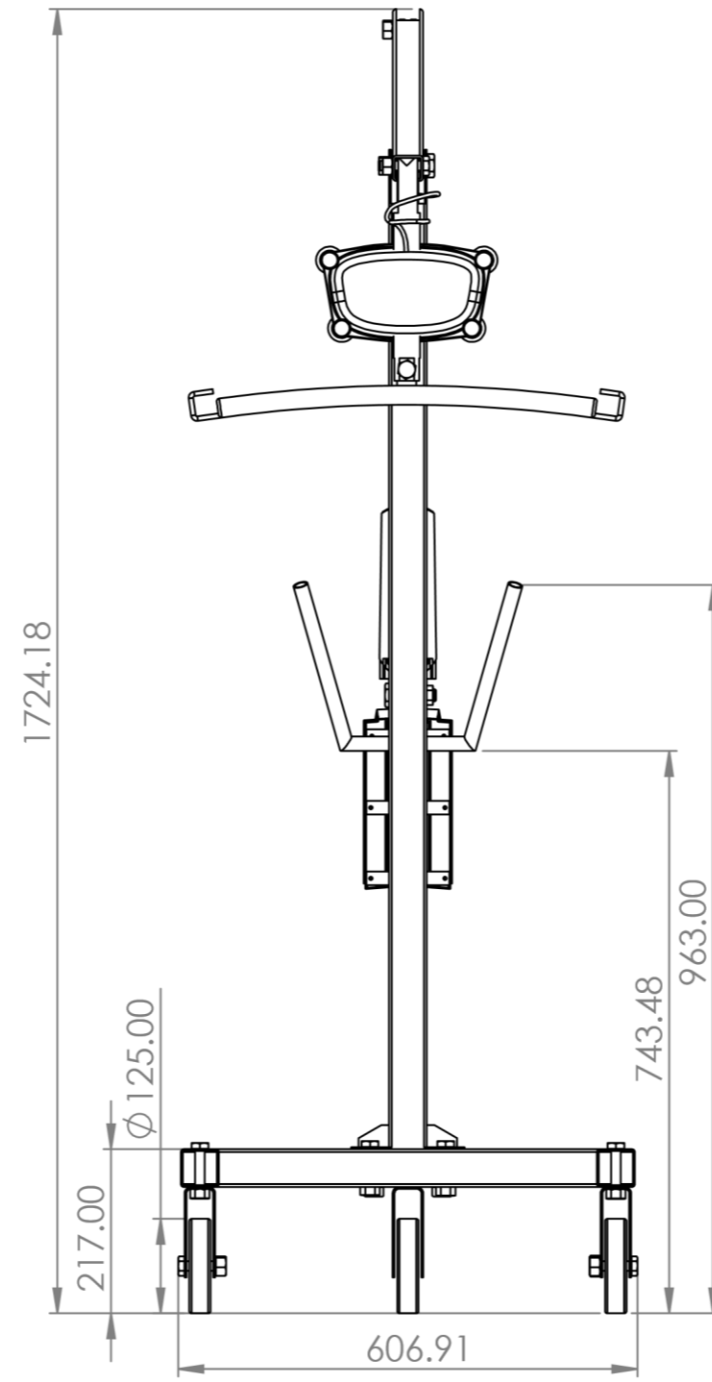
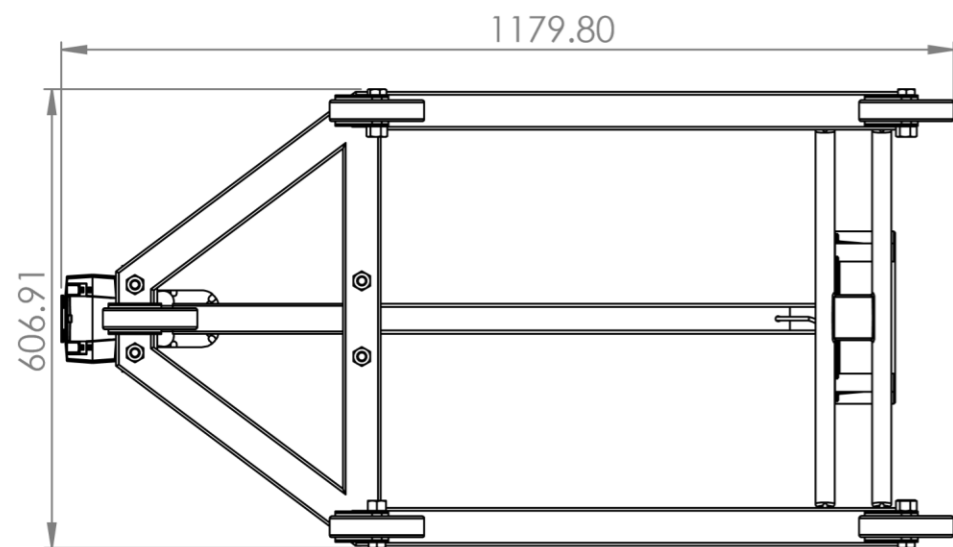
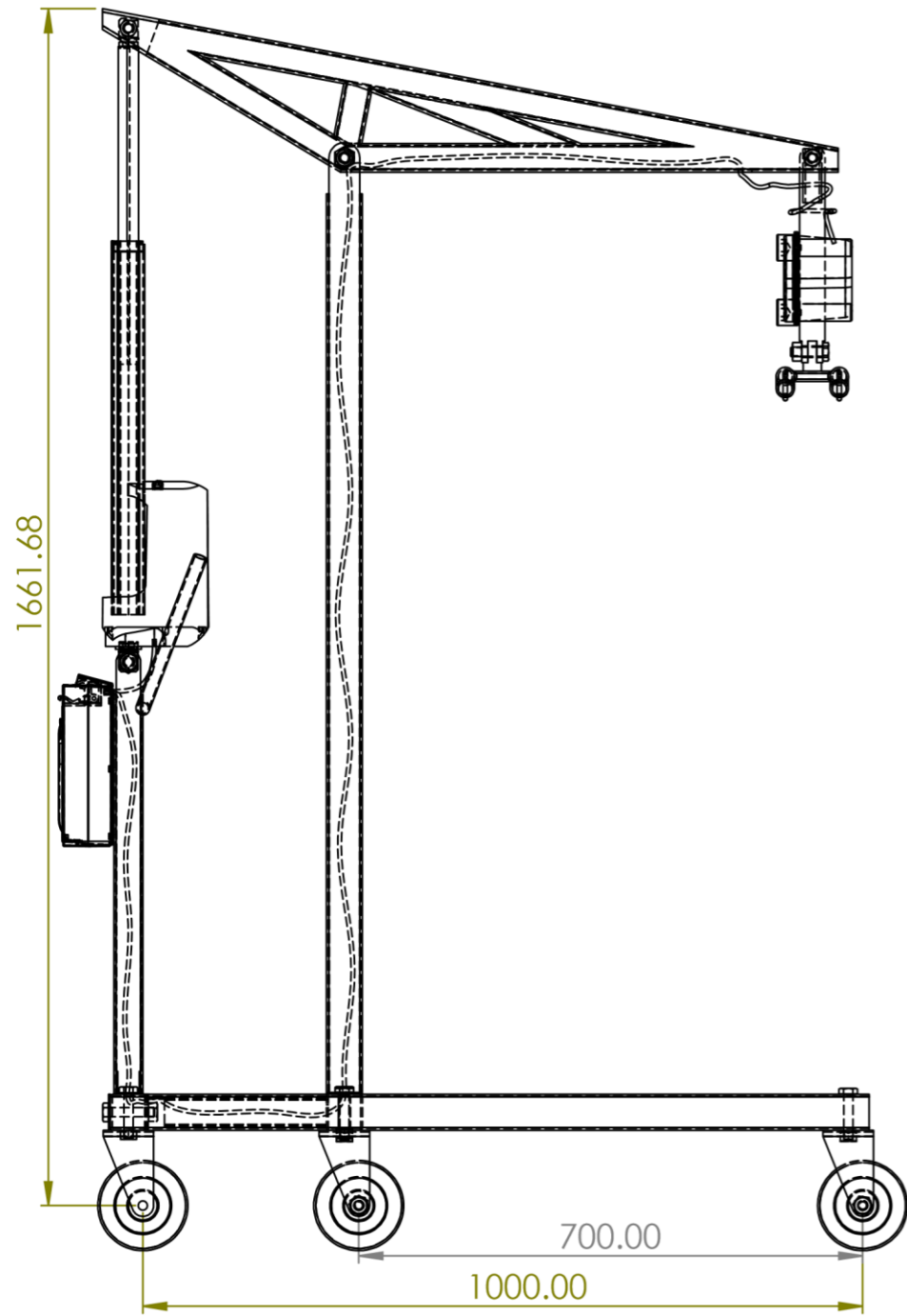
Observaciones		Título:		Plano n°: E-02
		<b>BASE PARA GRÚA MÓVIL</b>		Hoja n°: 1 de 1
<b>ESCALA:</b>	Un. dim. mm	<b>USAT EIME</b>	Dibujado por:	Fecha: 6/06/2022
<b>Indicada</b>			Comprobado por:	Fecha: 6/06/2022
			Yang Yang Chung Luna	
			Ing. Jony Villalobos Cabrera	

**Anexo 11: Plano del gancho o percha**



Observaciones		Título: <b>GANCHO O PERCHA PARA GRÚA</b>		Plano n°: E-05
ESCALA: <b>1 : 5</b>		Un. dim. mm 	<b>USAT EIME</b>	Hoja n°: 1 de 1
		Dibujado por: Yang Yang Chung Luna		Fecha: 6/06/2022
		Comprobado por: Ing. Jony Villalobos Cabrera		Fecha: 6/06/2022

**Anexo 12: Plano del ensamblaje de componentes para grúa móvil**



Observaciones		Título: <b>ENSAMBLAJE DE COMPONENTES PARA GRÚA</b>		Plano n°: E-06
ESCALA: <b>1:10</b>		Un. dim. mm	<b>USAT EIME</b>	Hoja n°: 1 de 1
			Dibujado por: Yang Yang Chung Luna	Fecha: 6/06/2022
			Comprobado por: Ing. Jony Villalobos Cabrera	Fecha: 6/06/2022

### Anexo 13: Constancia de aprobación del HNAAA



INSTANCIA ENCARGADA DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN  
HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO  
RED ASISTENCIAL DE LAMBAYEQUE

#### CONSTANCIA DE APROBACIÓN N° 049

EL COORDINADOR DE LA INSTANCIA ENCARGADA DEL AREA DE INVESTIGACIÓN DEL HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO – RED ASISTENCIAL LAMBAYEQUE – ESSALUD, deja constancia que:

El Proyecto de Investigación señalado a continuación fue revisado y **APROBADO** por el Comité Institucional de Ética en Investigación de la Red Asistencial Lambayeque "Juan Aita Valle" – EsSalud, de acuerdo con la **Directiva N° 03-IETSI-ESSALUD-2019, V01: "DIRECTIVA QUE REGULA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACION EN SALUD"**.

TITULO	"DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA GRÚA MÓVIL PARA EL TRASLADO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ EN EL HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO"
AUTOR (ES)	YANG YANG CHUNG LUNA
INSTITUCIÓN	UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA	INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
MOTIVO DE LA INVESTIGACION	OPTAR TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
AREA DE INVESTIGACIÓN	OFICINA DE INGENIERIA Y SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DEL HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO – RED ASISTENCIAL DE LAMBAYEQUE
HORARIO	A determinar
PERIODO DE APROBACIÓN	Del 16 de Julio al 16 de Noviemrbe del 2020

Para la aprobación del proyecto, se consideró el cumplimiento de pautas éticas en investigación, además de la inclusión del balance beneficio/riesgo, confidencialidad de los datos y el cumplimiento de los aspectos éticos.

En concordancia con la Resolución N° 42-IETSI-ESSALUD-2020 de fecha 27 de marzo de 2020, en el marco de la pandemia por COVID-19 y debido a la necesidad de generar información científica de forma rápida, con las limitaciones existentes, la ejecución del estudio puede iniciar con la presente aprobación

Es preciso indicar que, una vez concluido el estudio, deberán alcanzar un ejemplar de la Tesis presentada a la Unidad de Capacitación, Investigación y Docencia (Área de Biblioteca) de la Red Asistencial Lambayeque.

Se expide la presente, para fines convenientes, ante las instancias correspondientes.

Chiclayo, 20 de Julio del 2020

CCR/cva

NIT	7550	2020	018
-----	------	------	-----

*Dr. Carlos Isaias Cerrón Rivera*  
COORDINADOR  
INSTANCIA ENCARGADA DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN (IEAI)  
HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO - LAMBAYEQUE

EsSalud  
centroinvest.lambayeque@essalud.gob.pe

Plaza de la Seguridad Social s/n  
Chiclayo – Lambayeque – Perú  
Telf. (074) 481120 -Anexo 3507

## Anexo 14: Instrumento para recolección de datos



Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Número: .....

### I. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (ENTREVISTA)

#### DATOS GENERALES:

Edad: \_\_\_\_ años

Sexo: M F                      Ocupación: \_\_\_\_\_

#### DATOS ESPECÍFICOS:

##### • Cuidados de Enfermería

1. ¿Al iniciar la movilización de pacientes con discapacidad motriz coloca su cuerpo de manera adecuada?
2. ¿Solicita ayuda de otras personas o colegas, cuando la movilización del paciente es riesgosa?
3. ¿Se favorece de algún método mecánico de movilización para contra restar el sobre esfuerzo al movilizar a pacientes con discapacidad motriz?
4. ¿Con que frecuencia realiza la movilización de pacientes con discapacidad motriz?
5. ¿Algún aporte para corregir los procesos de movilización del paciente?
6. ¿Cuál es la frecuencia de pacientes con discapacidad motriz?
7. ¿Cuál es el rango de pesos de los pacientes con discapacidad motriz?

##### • Paciente

1. ¿Se siente cómodo cuando lo trasladan?
2. ¿Ha sufrido alguna lesión en el momento de su traslado?

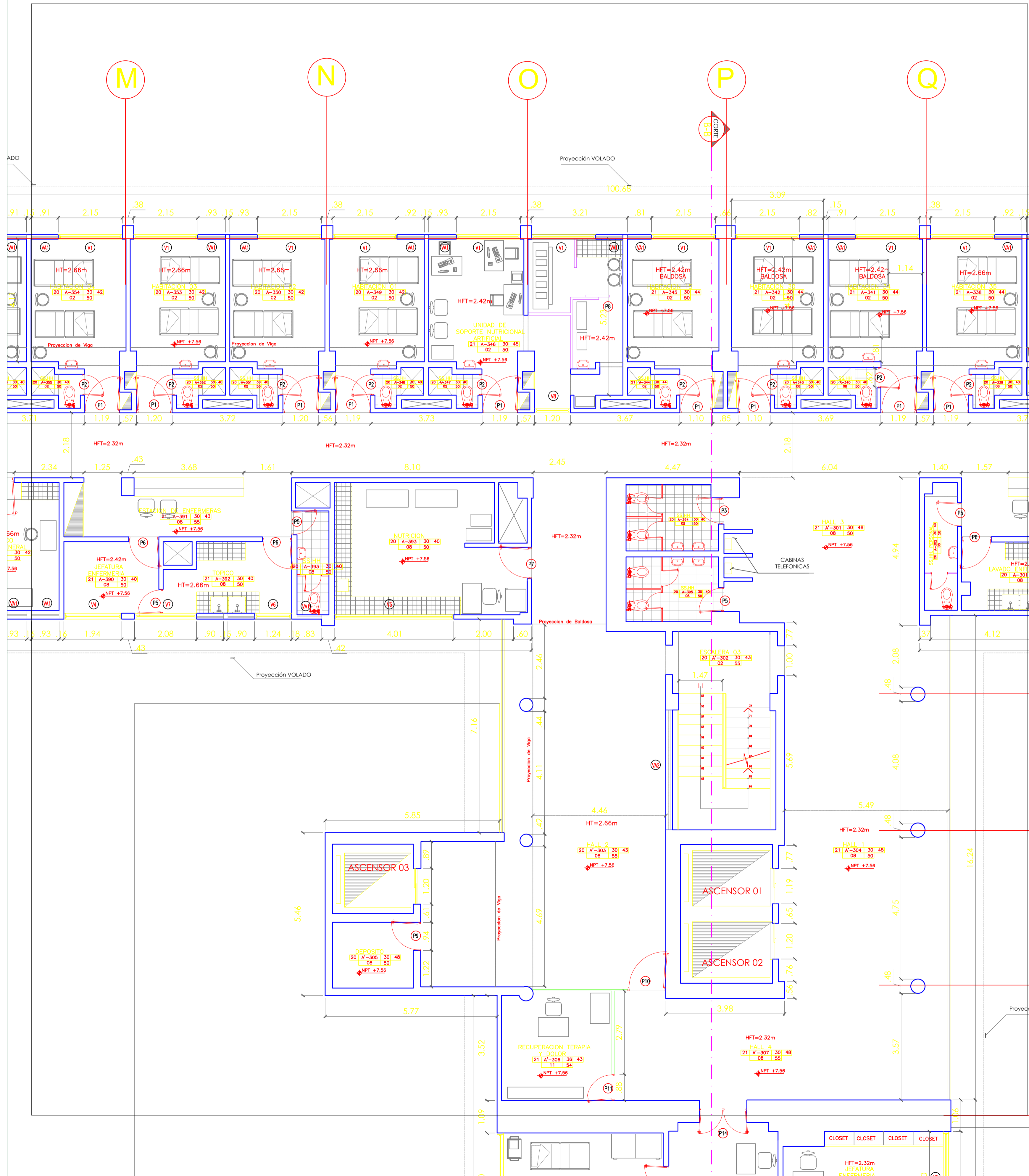
### II. INFORMACIÓN SOBRE LOS AMBIENTES

Dimensiones de los ambientes donde se hospitaliza a pacientes que presentan discapacidad motriz:

Ambiente	Medidas(m)
Pasillos	Ancho,Alto
Puertas	Ancho,Alto
Cuarto	Ancho,Alto,Largo
Camilla	Ancho,Alto
Cama (Variable)	Alto min,Alto max,Ancho

**Anexo 15: Plano del área de traumatología del HNAA**

Escala: 1:75



TIPO DE ACABADO	
PISO DEL AMBIENTE	
CODIGO	TIPO
01	CERAMICO
02	VINILICO
03	TERRAZO
04	PORCELANATO
05	LADRILLO PASTELERO
06	CEMENTO PULIDO
07	METALICO
08	LOSETA
09	CEMENTO FROTACHADO
10	MADERA
11	GRANITO
12	PARQUET
13	VINILICO CONDUCTIVO
14	VINILICO EN ROLLO
15	TERRAZO LAVADO
16	LOZETA VENECIANA
17	ALFONBRADO
CIELO RASO	
CODIGO	TIPO
20	CIELORASO CON MEZCLA
21	BALDOSA
22	CIELORASO PEGADO
23	MADERA
24	ALUMINIO
25	SIN CIELORASO
26	FIBROCEMENTO ONDULADO
TABIQUERIA	
CODIGO	TIPO
30	TARRAJEADO Y PINTADO
31	TARRAJEADO
32	DRYWALL
33	MADERA
34	ALUMINIO
35	VIDRIO
ZOCALO	
CODIGO	TIPO
40	MAYOLICA
41	CEMENTO PULIDO
42	LOSETA
43	VINILICO
44	C.P. DIAGONAL 45°
45	MARMOL
46	MADERA
47	SIN ZOCALO
48	GRANITO
49	PORCELANATO
CARPINTERIA	
CODIGO	TIPO
50	MADERA
51	METALICO
52	ALUMINIO
53	VIDRIO
54	ALUMINIO Y VIDRIO
55	SIN CARPINTERIA

CUADRO DE VANOS - TERCER PISO					
PUERTAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZER	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
P1	1.20	2.10	-	33	MADERA CONTRAPLACADA
P2	0.70	2.10	-	28	MADERA CONTRAPLACADA
P3	0.90	2.10	-	14	MADERA CONTRAPLACADA
P4	0.80	2.10	-	1	ALUMINIO Y VIDRIO
P5	0.80	2.10	-	27	MADERA CONTRAPLACADA
P6	1.00	2.10	-	9	MADERA CONTRAPLACADA
P7	1.05	2.10	-	4	MADERA CONTRAPLACADA
P8	0.80	2.10	-	3	CORREDIZA ALUMINIO Y VIDRIO
P9	0.95	2.10	-	3	MADERA CONTRAPLACADA
P10	1.27	2.10	-	1	ALUMINIO Y VIDRIO
P11	0.88	2.10	-	1	MADERA CONTRAPLACADA
P12	1.05	2.10	-	1	ALUMINIO Y VIDRIO
P13	0.95	2.10	-	1	ALUMINIO Y VIDRIO
P14	1.60	2.10	-	3	PUERTA DOBLE MADERA
P15	0.60	2.10	-	2	MADERA CONTRAPLACADA
P16	2.05	2.10	-	1	PUERTA DOBLE MADERA
P17	0.75	2.10	-	1	MADERA CONTRAPLACADA
P18	1.60	2.10	-	1	PUERTA DOBLE DE MADERA BAIBEN
P19	0.85	2.10	-	2	MADERA CONTRAPLACADA
P20	1.20	2.10	-	5	PUERTA DE MADERA BAIBEN
P21	0.90	2.10	-	1	PUERTA DE MADERA BAIBEN
P22	0.70	2.10	-	2	PUERTA DE MADERA BAIBEN

CUADRO DE VANOS - TERCER PISO					
VENTANAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZER	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
V1	2.15	2.10	1.10	52	ALUMINIO Y VIDRIO
V2	2.05	2.10	1.10	1	ALUMINIO Y VIDRIO
V3	1.85	1.90	1.10	2	ALUMINIO Y VIDRIO
V4	1.95	1.90	1.20	2	ALUMINIO Y VIDRIO
V5	4.00	1.80	1.00	1	ALUMINIO Y VIDRIO
V6	1.25	1.80	1.20	1	ALUMINIO Y VIDRIO
V7	2.10	1.70	1.00	1	ALUMINIO Y VIDRIO
V8	1.20	1.50	1.10	1	ALUMINIO Y VIDRIO
V9	3.30	1.90	1.00	5	ALUMINIO Y VIDRIO
V10	0.95	2.00	1.00	1	ALUMINIO Y VIDRIO
V11	1.60	1.60	1.10	1	ALUMINIO Y VIDRIO
V12	1.98	1.00	1.10	1	ALUMINIO Y VIDRIO
V13	3.25	1.90	1.00	3	ALUMINIO Y VIDRIO
V14	3.45	1.90	1.10	1	ALUMINIO Y VIDRIO
VA1	0.90	2.10	2.10	58	ALUMINIO Y VIDRIO
VA2	4.00	2.10	2.00	1	ALUMINIO Y VIDRIO

**LEYENDA I**

- TABIQUERIA ALBARILERA
- TABIQUERIA DRYWALL
- TABIQUERIA MADERA
- TABIQUERIA ALUMINIO Y VIDRIO
- METALICO
- VIDRIO

**LEYENDA DE CLAVES**

TIPO DE CIELO RASO: 21 A-106 01 141

TIPO DE AMBIENTE: 21 A-345 30 44

TIPO DE TABIQUE: 21 A-341 30 44

TIPO DE ZOCALO Y CONTRAZOCALO: 21 A-341 30 44

TIPO DE ACABADO PISO DEL AMBIENTE: 21 A-341 30 44

TIPO DE CARPINTERIA: 21 A-341 30 44

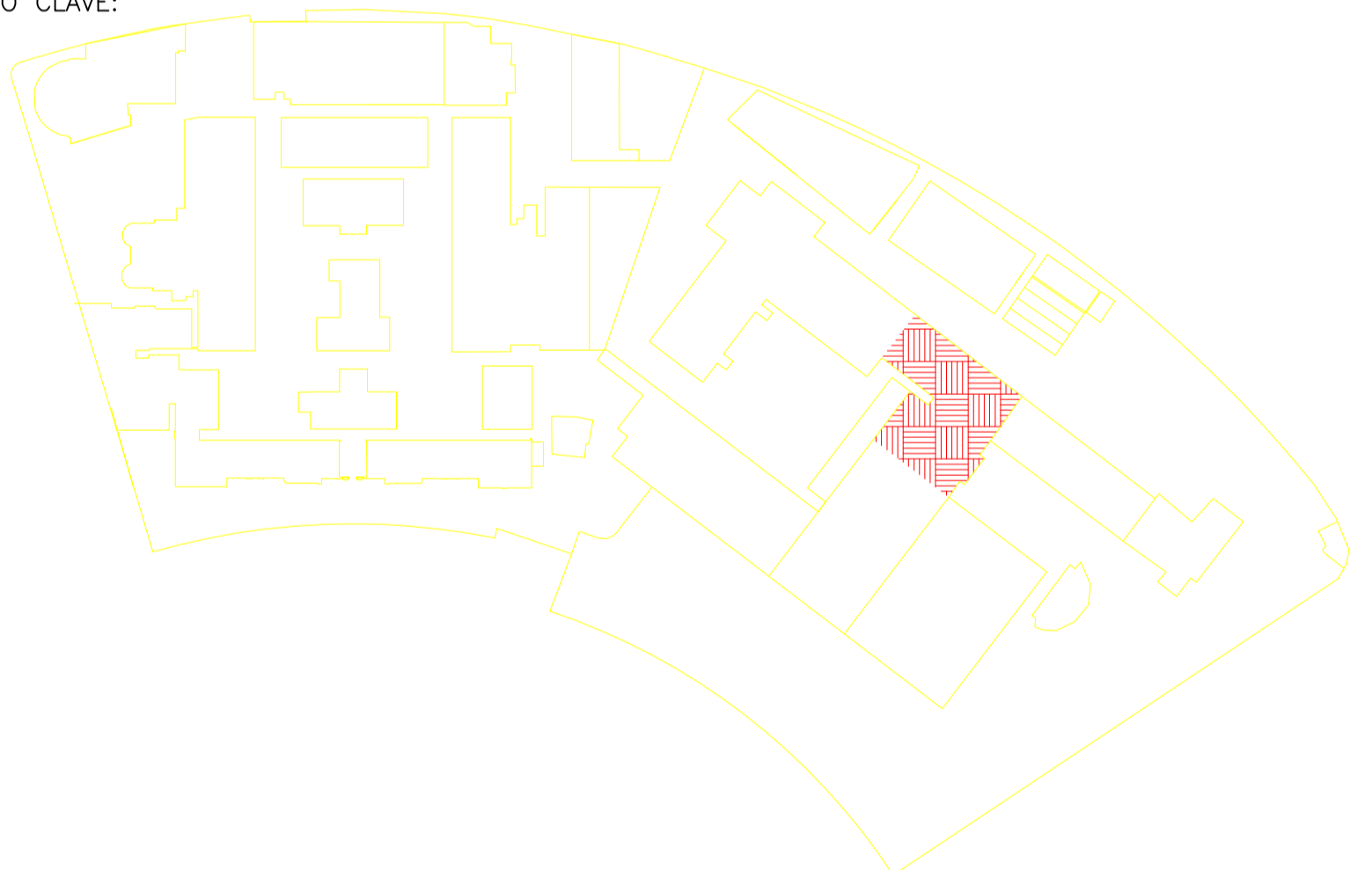
TIPO DE CORTES O ELEVACION: 21 A-341 30 44

Nº DE PLANO A REFERIR: 21 A-341 30 44

— CAMBIO DE PISO

— NPT: NIVEL

PLANO CLAVE:



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**USAT**  
Universidad Católica  
Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS: "DISEÑO DE UNA GRÚA MÓVIL PARA EL TRASLADO DE PACIENTES CON DISCAPACIDAD MOTRIZ DEL ÁREA DE TRAUMATOLOGÍA DEL HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO"

AUTOR: <b>YANG YANG CHUNG LUNA</b>	FECHA: <b>MAYO 2022</b>
ASESOR: <b>Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA</b>	LUGAR: <b>CHICLAYO</b>
PLANO: <b>ÁREA DE TRAUMATOLOGÍA - TERCER PISO</b>	ESCALA: <b>1 : 75</b>
DISTRITO: CHICLAYO PROVINCIA: CHICLAYO DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE	LÁMINA: <b>A-1</b>