



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR TIPO GRÚA GERIÁTRICA  
PARA EL TRASLADO DE PERSONAS CON DEPENDENCIA FUNCIONAL  
DENTRO LAS INSTALACIONES DEL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL  
PARA EL ADULTO MAYOR DEL CANTÓN PATATE.”**

---

**AUTOR: Marlon Fernando Cox Lozada**

**TUTOR: Ing. MSc. Jorge Enrique López Velástegui**

**AMBATO-ECUADOR**

**Febrero - 2021**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, bajo el tema “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR TIPO GRÚA GERIÁTRICA PARA EL TRASLADO DE PERSONAS CON DEPENDENCIA FUNCIONAL DENTRO LAS INSTALACIONES DEL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL PARA EL ADULTO MAYOR DEL CANTÓN PATATE.**” elaborado por el Sr. Marlon Fernando Cox Lozada, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, Enero 2021

---

**Ing. MSc. Jorge Enrique López Velástegui**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, Marlon Fernando Cox Lozada, con C.I. 150082247-1 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR TIPO GRÚA GERIÁTRICA PARA EL TRASLADO DE PERSONAS CON DEPENDENCIA FUNCIONAL DENTRO LAS INSTALACIONES DEL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL PARA EL ADULTO MAYOR DEL CANTÓN PATATE.”** así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Enero 2021

---

**Marlon Fernando Cox Lozada**

**C.I: 150082247-1**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Enero 2021

---

**Marlon Fernando Cox Lozada**

**C.I: 150082247-1**

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Marlon Fernando Cox Lozada. De la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR TIPO GRÚA GERIÁTRICA PARA EL TRASLADO DE PERSONAS CON DEPENDENCIA FUNCIONAL DENTRO LAS INSTALACIONES DEL CENTRO DE ATENCIÓN INTEGRAL PARA EL ADULTO MAYOR DEL CANTÓN PATATE.”**

Ambato, Febrero 2021

Para constancia firman:

---

**Ing. Mg. Diego Fernando Nuñez Nuñez**

**Miembro del Tribunal**

---

**Ing. Mg. Alejandra Marlene Lascano Moreta**

**Miembro del Tribunal**

## DEDICATORIA

*Le dedico este trabajo a mis padres, Fernando Cox y Amparo Lozada, así como Shakira Cox, que me han brindado la guía y el apoyo para cumplir mis metas y sueños, han estado pendientes de cada paso que doy y ahora puedo mostrarles el fruto de todo ese esfuerzo al culminar mi carrera universitaria.*

*De forma especial dedico este proyecto a mi hermana Perla Cox ya que fue mi motivación por la cual comencé con la investigación para brindar ayuda a las personas con dependencia funcional y de este modo se pudo desarrollar el presente proyecto técnico.*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios por guiar mi camino y permitirme seguir adelante siempre con su bendición.*

*A mis Padres y hermanos que me han apoyado desde siempre y con sus consejos eh podido librar las barreras que la vida nos impone día a día tanto en lo cotidiano como en lo académico, decirles que la mejor herencia que los padres le pueden dar a los hijos es el estudio y por ello les estaré eternamente agradecido.*

*Agradezco a los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica por impartir sus conocimientos hacia mi persona, agradecerle también de forma especial a mi tutor Ing. Jorge López por dame la oportunidad de desarrollar este proyecto técnico, por la confianza y por brindarme la guía, así como las herramientas necesarias para sacar adelante este proyecto.*

*A mis compañeros Leticia M. , Diego C. y Santiago P. les agradezco por haberme acompañado y brindado su apoyo dentro y fuera de las aulas de clase, han logrado hacer de esta etapa universitaria una de las mejores experiencias.*

## INDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
INDICE GENERAL DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
NOMENCLATURA .....	xviii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xx
ABSTRACT .....	xxi
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. Tema del trabajo técnico .....	1
1.2. Antecedentes .....	1
1.3. Marco teórico .....	9
1.3.1. Fundamentación legal.....	9
1.3.2. Diseño mecánico. ....	9
1.3.3. Esfuerzo simple ( $\sigma$ ). ....	10
1.3.4. Esfuerzo cortante.....	10
1.3.5. Diagrama esfuerzo deformación. ....	11
1.3.6. Ley de Hooke.....	14
1.3.7. Materiales .....	15
1.3.7.1. Algunas propiedades de los materiales.....	15
1.3.8. Esfuerzos normales en vigas a flexión .....	16
1.3.9. Deflexión debido a flexión .....	18
1.3.10. Teorías de falla .....	19
1.3.11. Teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles .....	20
1.3.12. Soldadura de arco eléctrico .....	21
1.3.12.1. Junta en T.....	22

1.3.13.	Grúas.....	22
1.3.14.	Tipos de grúas para el transporte de personas.....	23
1.3.14.1.	Grúas fijas .....	23
1.3.14.2.	Grúas de techo.....	24
1.3.14.3.	Grúa móvil .....	24
1.3.15.	Discapacidad física .....	25
1.3.15.1.	Tipos de discapacidad física .....	28
1.3.16.	Manipulación manual del paciente.....	29
1.4.	Objetivos .....	31
1.4.1.	Objetivo general .....	31
1.4.2.	Objetivos específicos .....	31
CAPITULO II.....		33
2.	METODOLOGIAS .....	33
2.1.	Materiales.....	33
2.1.1.	Soldadora.....	33
2.1.2.	Trozadora.....	34
2.1.3.	Torno .....	34
2.1.4.	Arduino.....	35
2.1.5.	Actuador lineal.....	36
2.2.	Métodos.....	36
2.2.1.	Método de investigación.....	36
2.3.	Protocolo para la recolección de datos .....	40
2.3.1.	Condiciones de carga.....	40
2.3.2.	Área de trabajo .....	40
2.3.3.	Factor de seguridad.....	41
2.4.	Plan de procesamiento y análisis .....	41
CAPITULO III .....		42
3.	Análisis y discusión de resultados .....	42
3.1.	Selección de alternativas .....	42
3.1.1.	Método de análisis jerárquico .....	42
3.1.2.	Identificación de dispositivos o componentes mecánicos .....	51

3.1.3. Geometría de la grúa geriátrica .....	53
3.2. Diseño mecánico .....	54
3.2.1. Brazo de la grúa.....	55
3.2.2. Mástil de la grúa .....	62
3.2.2.1. Soldadura del mástil .....	68
3.2.3. Base del mástil.....	71
3.2.4. Soporte Inferior .....	74
3.2.5. Deformación en los soportes inferiores. ....	77
3.2.6. Cálculo de los pasadores .....	79
3.2.7. Apertura de soporte inferior .....	88
3.2.7.1. Pedal .....	89
3.2.7.2. Eje mecánico.....	90
3.2.7.3. Selección de chavetera.....	92
3.2.7.4. Volante de giro .....	94
3.2.8. Resultados obtenidos .....	97
3.3. Centro de masa del dispositivo.....	98
3.4. Simulación.....	101
3.4.3. Parámetros del mallado.....	104
3.4.4. Análisis de simulación .....	106
3.5. Diseño electrónico .....	115
3.5.1. Circuito de control.....	115
3.5.2. Circuito de potencia .....	116
3.6. Selección de arnés dorso lumbar .....	117
3.7. Selección de actuador .....	117
3.8. Selección de garruchas.....	118
3.9. Costos.....	121
3.9.1. Costo de soldadura .....	121
3.9.2. Costos materiales.....	126
3.9.3. Costo de mano de obra directa .....	127
3.9.4. Costo de mano de obra indirecta .....	127
3.9.5. Costo de transporte .....	128

3.9.6.	Costos varios .....	128
3.9.7.	Costo total del proyecto .....	128
3.10.	Evaluación de riesgo ergonómico .....	129
3.10.1.	Identificación de posturas .....	129
3.10.2.	Aplicación del método .....	131
3.11.	Construcción .....	146
3.12.	Ficha técnica.....	147
3.12.1.	Pruebas de funcionamiento .....	148
3.12.2.	Funcionamiento .....	152
CAPITULO IV	.....	159
4.	Conclusiones y recomendaciones .....	159
4.1.	Conclusiones .....	159
4.2.	Recomendaciones .....	161
Bibliografía.....		161
Anexos.....		167
Planos .....		181

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1	Cambio de modulo. ....	4
Figura. 2	Arnés para Rehabilitación. ....	4
Figura. 3	Arnés para elevación del paciente desde la cama. ....	5
Figura. 4	Equipo de elevación de personas discapacitadas. ....	5
Figura. 5	Elevador de doble actuador.....	6
Figura. 6	Equipo de traslación de pacientes. ....	7
Figura. 7	Deslazamiento horizontal del equipo. ....	7
Figura. 8	Elevación del poste tipo telescopio. ....	8
Figura. 9	Sujeción del paciente. ....	8
Figura. 10	Esfuerzo normal simple. ....	10
Figura. 11	Ejemplos de esfuerzos cortantes en varias secciones. ....	11
Figura. 12.	Diagrama Esfuerzo – Deformación. ....	13

Figura. 13. Diagrama Esfuerzo- Deformación del acero al carbono. ....	13
Figura. 14. Comparación de diagramas de Esfuerzo – Deformación de varios materiales. ....	14
Figura. 15. Viga recta en flexión positiva. ....	16
Figura. 16. Esfuerzo en flexión. ....	17
Figura. 17. Teorías de falla .....	20
Figura. 18. Grúa fija. ....	23
Figura. 19. Grúa de Techo. ....	24
Figura. 20 Grúa móvil. ....	25
Figura. 21 Soldadora LINC635. ....	33
Figura. 22 Trozadora DEWALT D28710-B3. ....	34
Figura. 23 Torno TH 3309V TH 3309V. ....	35
Figura. 24 Arduino UNO. ....	35
Figura. 25 Actuador lineal LINAK a44. ....	36
Figura. 26. Esquema de la metodología. ....	37
Figura. 27. Representación de la grúa en su lugar de trabajo. ....	40
Figura. 28. Diagrama de procesamiento y análisis de datos. ....	41
Figura. 29. Identificación de dispositivos grúa geriátrica. ....	52
Figura. 30. Geometría general vista lateral derecha. ....	53
Figura. 31. Geometría general vista frontal. ....	53
Figura. 32. Simplificación de la geometría de la grúa. ....	54
Figura. 33. Diagrama de cuerpo libre del Brazo de la grúa. ....	55
Figura. 34. Diagrama de fuerza cortante del brazo. ....	57
Figura. 35. Diagrama de momento flector del brazo. ....	57
Figura. 36. Condiciones de borde para el brazo. ....	59
Figura. 37. Diagrama de cuerpo libre del mástil. ....	62
Figura. 38. Diagrama de fuerza cortante del mástil. ....	64
Figura. 39. Diagrama de momento flector del mástil. ....	64
Figura. 40. Condiciones de borde para el mástil. ....	65
Figura. 41. Disposición de soldadura. ....	69
Figura. 42. Diagrama de cuerpo libre base del mástil. ....	71

Figura. 43. Diagrama de fuerza cortante base del mástil. ....	72
Figura. 44. Diagrama de momento flector base del mástil. ....	72
Figura. 45. Diagrama de cuerpo libre soporte inferior. ....	74
Figura. 46. Diagrama de fuerza cortante soporte inferior. ....	75
Figura. 47. Diagrama de momento flector soporte inferior. ....	76
Figura. 48. Condiciones de borde para el soporte inferior. ....	78
Figura. 49. Ubicación de los pasadores de la grúa. ....	80
Figura. 50. Diagrama de cuerpo libre pasador C. ....	81
Figura. 51. Diagrama de cortante pasador C. ....	81
Figura. 52. Diagrama de cuerpo libre pasador B. ....	84
Figura. 53. Diagrama de cortante pasador B. ....	84
Figura. 54. Diagrama de cuerpo libre pasador A. ....	86
Figura. 55. Diagrama de cortante pasador A. ....	86
Figura. 56. Ubicación del mecanismo de apertura de soporte inferior. ....	88
Figura. 57. Partes del mecanismo para abrir el soporte inferior. ....	89
Figura. 58. Pedal. ....	89
Figura. 59. Eje del pedal. ....	90
Figura. 60. Selección de chavetera. ....	93
Figura. 61. Volante de giro. ....	94
Figura. 62. Dimensiones del volante. ....	94
Figura. 63. Sección transversal de la barra de empuje. ....	96
Figura. 64. Barra de empuje. ....	97
Figura. 65. Centro de gravedad estructura grúa geriátrica. ....	100
Figura. 66. Parámetros de método de solución estática. ....	101
Figura. 67. Validación de precisión alcanzada. ....	102
Figura. 68. sistema de referencia para condiciones de borde. ....	102
Figura. 69. Restricción total soporte posterior. ....	103
Figura. 70. Restricción tipo rodillo soporte frontal. ....	103
Figura. 71. Restricciones en las articulaciones. ....	103
Figura. 72. Aplicación de Carga. ....	104
Figura. 73. Parámetros del mallado. ....	105

Figura. 74. Refinamiento de malla. ....	105
Figura. 75 Arnés dorso lumbar. ....	117
Figura. 76. Simbología de cotas y medida de ruedas. ....	118
Figura. 77. Siglas de las características de las ruedas. ....	119
Figura. 78. Interpretación de la descripción de la rueda. ....	119
Figura. 79. Características de la rueda.....	120
Figura. 80. Grupos de miembros en método REBA. ....	132
Figura. 81. Diagrama general de proceso de construcción. ....	147
Figura. 82. Colocación de arnés paciente acostado.....	152
Figura. 83. Colocación de arnés paciente en silla de ruedas. ....	153
Figura. 84. Aproximación de la grúa hasta el paciente. ....	153
Figura. 85. Colocación de correas en la percha. ....	154
Figura. 86. Botoneras. ....	154
Figura. 87. Alimentación de la grúa. ....	155
Figura. 88. Elevación del paciente. ....	155
Figura. 89. Colocación de las piernas fuera de la cama. ....	156
Figura. 90. Traslado del paciente. ....	156
Figura. 91. Colocación en la silla del paciente. ....	157
Figura. 92. Retirado de la grúa.....	157
Figura. 93. Extracción del arnés dorso lumbar. ....	158
Figura. 94 Ficha técnica del actuador lineal. ....	169
Figura. 95 Catálogo de tubos cuadrados DIPAC. ....	171
Figura. 96 Propiedades geométricas de algunas figuras.....	175

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Factores incidentes dentro del trabajo .....	30
Gráfico 2. Zonas del cuerpo afectadas .....	30
Gráfico 3. Velocidad de alambre para proceso MIG .....	124

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Personas discapacitadas registradas en el Ecuador. ....	26
Tabla 2. Registro de personas mayores de 65 años de edad con discapacidad física. .....	27
Tabla 3. Medidas dentro de la zona de trabajo. ....	41
Tabla 4. Escala de comparación de Saaty. ....	43
Tabla 5. Matriz de criterios. ....	45
Tabla 6. Matriz normalizada de criterios. ....	46
Tabla 7 . Vector de prioridad y Razón de consistencia para criterios. ....	46
Tabla 8. Matriz de ponderación criterio de Costos .....	46
Tabla 9. Matriz normalizada de criterio costos. ....	47
Tabla 10. Vector de prioridad y Razón de consistencia para costos. ....	47
Tabla 11 . Matriz de ponderación criterio Facilidad de construcción. ....	47
Tabla 12. Matriz normalizada de Facilidad de construcción. ....	47
Tabla 13 . Vector prioridad y Razón de consistencia para Facilidad de construcción. .....	48
Tabla 14 . Matriz de ponderación para Mantenimiento. ....	48
Tabla 15. Matriz normalizada de Mantenimiento. ....	48
Tabla 16. Vector prioridad y Razón de consistencia para Mantenimiento. ....	48
Tabla 17. Matriz de ponderación para Facilidad de ensamblaje. ....	49
Tabla 18. Matriz normalizada de Facilidad de ensamblaje. ....	49
Tabla 19. Vector prioridad y Razón de consistencia para Facilidad de ensamblaje. .....	49
Tabla 20. Matriz de ponderación para Movilidad .....	50
Tabla 21. Matriz normalizada de Movilidad. ....	50
Tabla 22. Vector prioridad y Razón de consistencia para Movilidad. ....	50
Tabla 23. Selección de diseño por ponderación. ....	51
Tabla 24. componentes de grúa geriátrica. ....	52
Tabla 25. Perfiles rectangulares DIPAC .....	58
Tabla 26. Perfiles rectangulares DIPAC. ....	65

Tabla 27. Resistencia de electrodos .	70
Tabla 28 Esfuerzo permisible en soldadura	70
Tabla 29. Perfiles cuadrados DIPAC	73
Tabla 30 Perfiles cuadrados DIPAC.	76
Tabla 31. Contante de torsión	95
Tabla 32. Resumen de resultados de la estructura.	97
Tabla 33. Resumen de resultados articulación soporte inferior.	98
Tabla 34 Elementos de la estructura con su coordenada y masa.	99
Tabla 35. Análisis de resultados de simulación 1	106
Tabla 36. Análisis de resultados de simulación 2.	107
Tabla 37. Análisis de resultados de simulación 3.	108
Tabla 38. Análisis de resultados de simulación 4.	109
Tabla 39. Análisis de resultados de simulación 5.	110
Tabla 40. Análisis de resultados de simulación 6.	111
Tabla 41. Análisis de resultados de simulación 7.	112
Tabla 42. Análisis de resultados de simulación 8.	113
Tabla 43. Análisis de resultados de simulación 9.	114
Tabla 44. Consumo de circuito de Potencia.	116
Tabla 45. Selección de calibre de conductor eléctrico.	116
Tabla 46. Metal depositado.	122
Tabla 47 Eficiencia de aportación.	122
Tabla 48. Costo de mano de obra.	123
Tabla 49 Factor de operación.	124
Tabla 50 Flujo de gas protector.	125
Tabla 51. Costos de soldadura.	126
Tabla 52 Costos de Materiales.	126
Tabla 53. Mano de obra directa.	127
Tabla 54. Identificación de posiciones	130
Tabla 55. Puntuación del tronco.	132
Tabla 56. Puntuación de cuello.	132
Tabla 57. Puntuación de piernas.	133

Tabla 58. Incremento en la puntuación de piernas. ....	133
Tabla 59. Puntuación de brazo. ....	133
Tabla 60. Modificación de puntuación de brazo. ....	134
Tabla 61. Puntuación de antebrazo. ....	134
Tabla 62. Puntuación de muñeca. ....	134
Tabla 63. Evaluación de postura más crítica .....	135
Tabla 64. Puntuación Grupo A. ....	136
Tabla 65. Puntuación Grupo B. ....	136
Tabla 66. Incremento de puntuación grupo A. ....	136
Tabla 67. Incremento de puntuación grupo B. ....	137
Tabla 68. Valoración total. ....	137
Tabla 69. Puntuación final. ....	137
Tabla 70. Nivel de actuación. ....	138
Tabla 71. Puntuación Grupo A de todas las posturas.....	138
Tabla 72. Puntuación Grupo B de todas las posturas. ....	138
Tabla 73. Modificación de puntuación por grupos. ....	139
Tabla 74. Nivel de riesgo método REBA. ....	139
Tabla 75. Evaluación con elemento auxiliar.....	140
Tabla 76. Evaluación de riesgo ergonómico con elemento auxiliar. ....	142
Tabla 77. Puntuación Grupo A (puesto modificado). ....	143
Tabla 78. Puntuación Grupo B (puesto modificado). ....	143
Tabla 79. Valoración total (puesto modificado). ....	143
Tabla 80. Puntuación final (puesto modificado). ....	143
Tabla 81. Nivel de riesgo (puesto modificado). ....	144
Tabla 82. Puntuación Grupo A. (puesto modificado). ....	144
Tabla 83. Puntuación Grupo B. (puesto modificado).....	145
Tabla 84. Modificación de puntuación por grupos (puesto modificado). ....	145
Tabla 85. Nivel de riesgo del puesto modificado.....	146
Tabla 86. Ficha técnica. ....	147
Tabla 87. Evaluación de resistencia estática.....	149
Tabla 88. Evaluación de fuerza de movimiento arranque. ....	150

Tabla 89. Evaluación de fuerza de movimiento marcha. ....	151
Tabla 90. Propiedades del acero estructural A 500 - A36. ....	167
Tabla 91. Recomendaciones para selección del factor de seguridad. ....	168
Tabla 92. Tallas y pesos de los residentes del CAIAM Patate. ....	170

## NOMENCLATURA

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
<b>CAIAM</b>	Centro de Atención Integral para El Adulto Mayor.
<b>IBC</b>	Código Internacional de Construcción.
<b>TME</b>	Trastornos músculo- esqueléticos.
<b>MMP</b>	Manipulación manual de pacientes.
<b>RC</b>	Razón de consistencia.
<b>IC</b>	índice de consistencia .
<b>IA</b>	índice de aleatoriedad .
<b><i>P</i></b>	Carga axial aplicada.
<b><i>F</i></b>	Fuerza aplicada.
<b><i>R</i></b>	Fuerza de reacción.
<b><i>M</i></b>	Momento flector.
<b><i>I</i></b>	Momento de inercia de la sección transversal del elemento estructural.
<b><i>A</i></b>	Área de la sección transversal del elemento estructural.
<b><i>V</i></b>	Fuerza cortante.
<b><math>\tau</math></b>	Esfuerzo cortante.
<b><math>\sigma</math></b>	Esfuerzo simple.

<b>NOMENCLATURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
$\sigma'$	Esfuerzo permisible.
$S_y$	Límite a la fluencia.
$S_{ut}$	Esfuerzo último.
$n$	Factor de seguridad.
$\epsilon$	Deformación unitaria.
$\delta$	Deformación total.
$L$	Longitud.
$E$	Módulo de elasticidad del elemento estructural.
$x$	Coordenada a lo largo del elemento o eje de las abscisas.
$y$	Dirección de la deflexión o coordenada del eje de las ordenadas.
$S$	Módulo de sección.
$\rho$	Radio de curvatura para deformación.
$\theta$	Pendiente.
$C$	Constante de integración .
$e$	Espesor del elemento estructural.
$h$	Es la medida del pie de soldadura.
$I_u$	Es el momento resistente por unidad.
$d$	Diámetro.
$J$	Momento polar de inercia.
$r$	Radio de sección circular.
$T$	Torque.

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se realizó el diseño y construcción de un elevador tipo grúa geriátrica, con la finalidad de realizar el traslado de personas con dependencia funcional de la cama hacia su silla de ruedas u otro sitio de reposo de manera segura tanto para el paciente como para el personal de enfermería que realiza la manipulación del paciente.

En la parte inicial se realizó el levantamiento de información para establecer las condiciones de borde, una vez establecidas se procedió a realizar el diseño a flexión de las vigas y calcular su deformación máxima según la teoría de falla de Von Mises, la misma que está dentro de los rangos aceptables sin generar interferencias entre los componentes de la máquina.

Para complementar el diseño de la estructura se realizó la simulación mediante el software Solid Works donde se aplicó la carga y las restricciones de desplazamiento asemejándose a las condiciones de trabajo reales, los resultados obtenidos fueron favorables tanto en desplazamiento como en la distribución de esfuerzos en los elementos de la grúa geriátrica.

Mediante método REBA se logró conocer el riesgo al que está expuesto el personal de enfermería al realizar la manipulación manual de pacientes, una vez implementada la grúa geriátrica este valor descendió y se alcanzó un riesgo aceptable

**Palabras clave:** grúa geriátrica, riesgo ergonómico, deformación estructural, flexión estructural, esfuerzo mecánico, elevador, REBA.

## ABSTRACT

In the present work, the design and construction of a geriatric crane-type elevator was carried out, in order to carry out the transfer of people with functional dependence on the bed to their wheelchair or other resting place in a safe way for both the patient and the patient. for the nursing staff who perform manipulation of the patient.

In the initial part, the information was collected to establish the edge conditions, once established, the bending design of the beams was carried out and their maximum deformation was calculated according to the Von Mises theory of failure, the same that is within within acceptable ranges without generating interference between machine components.

To complement the design of the structure, the simulation was carried out using Solid Works software where the load and displacement restrictions were applied, resembling the real working conditions, the results obtained were favorable both in displacement and in the distribution of efforts in the elements of the geriatric crane.

Using the REBA method, it was possible to know the risk to which the nursing staff is exposed when performing manual manipulation of patients; once the geriatric lift was implemented, this value decreased and an acceptable risk was reached

**Keywords:** geriatric crane, ergonomic risk, structural deformation, structural bending, mechanical stress, elevator, REBA

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Tema del trabajo técnico

Diseño y construcción de un elevador tipo grúa geriátrica para el traslado de personas con dependencia funcional dentro las instalaciones del Centro de Atención Integral para el Adulto Mayor del cantón Patate.

### 1.2. Antecedentes

En el Ecuador se impulsa la inclusión social de las personas con discapacidad y el adulto mayor [1], esto se menciona en el Plan Nacional de Desarrollo Toda Una Vida [1], el cual se basa en 3 ejes:

1. Derechos para todos durante toda la vida.
2. Economía al servicio de la sociedad.
3. Mas sociedad, mejor Estado.

**Eje 1:** Este eje le da al ser humano derechos a lo largo de todo el ciclo de vida tomando en cuenta la implementación de Régimen del Buen Vivir.

Se reconocerá a cada persona como titular de derechos, bajo ningún tipo de discriminación, también las personas son valoradas en sus condiciones propias, tomando en cuenta la diversidad [1].

A pesar de tener políticas universales, existen grupos de personas que tienen necesidades especiales, como los adultos mayores y las personas con discapacidad, entre otros [1]. Según las proyecciones de población a 2017, los adultos mayores representan el 7,04% del total de la población, para lo cual es necesario fortalecer la estrategia intersectorial para garantizar la atención integral para el adulto mayor [1].

Con la reforma se podrá priorizar el trabajo para los adultos mayores en los temas de:

- Ampliación de la cobertura y especialización de los servicios de salud.
- Pensiones no contributivas.
- Envejecimiento activo y digno con participación intergeneracional, cuidado familiar o institucional, entre otros.

La ciudadanía expresa la importancia de que las personas consideradas como adultos mayores cuenten con una calidad de vida digna, mediante la aplicación de centros gerontológicos y priorizando las condiciones de jubilación [1]. Dentro de las intervenciones ejemplares para el eje 1 se resalta la llamada, Mis Mejores Años la cual tiene la finalidad de garantizar el bienestar de las personas adultas en condiciones de vulnerabilidad, brindándoles una vida digna y saludable, esta intervención además busca la inclusión, participación y cuidado mediante la atención medica servicios gerontológicos y dando una jubilación digna [1]. Para este fin se toman acciones coordinadas entre el Ministerio de Inclusión Económica y Social, el Ministerio de Salud Pública y el Ministerio del Deporte.

Con este antecedente que se enfoca en el bienestar y la salud de los adultos mayores y de las personas con discapacidad el estado en coordinación con el Ministerio de inclusión económica y social de la Zona 3 debe implementar equipos para el transporte fácil y seguro de las personas con discapacidad física, este proyecto técnico se enfoca en el desarrollo de un prototipo de grúa para el traslado de personas con dependencia funcional del Centro de Atención Integral para el Adulto Mayor (CAIAM) del cantón Patate.

Dentro de las investigaciones previas relacionadas con este trabajo de titulación se han revisado diferentes investigaciones con el fin de obtener información que aporte al desarrollo de este proyecto

Para Sofía Herrera y colaboradores, analizan la factibilidad que tiene el implementar un dispositivo mecánico tipo grúa, el cual permita realizar el trabajo de llevar a los pacientes de la silla de ruedas a sus camas o viceversa, esta aplicación es aceptable ya que tiene un costo menor al de los dispositivos que están en el mercado y teniendo en cuenta que las familias pagan un valor más alto por servicios particulares que realizan el mismo trabajo que una grúa automatizada, pero no les ofrece tantas garantías. En el diseño se debe tomar en cuenta factores como lo son el nivel de discapacidad física, la infraestructura y la posición socioeconómica. La implementación de este dispositivo mecánico mejorara la calidad de vida de los usuarios tanto como la de sus operarios o de las personas que se encargaban de los cuidados de los pacientes [2].

En el trabajo de Manuel Fernández González et al, se encontraron posibles afectaciones que pueden sufrir los auxiliares de enfermería al no usar un equipo para transportar a los pacientes y hacer este trabajo de forma manual, mencionan que en referencia a manipulación manual de pacientes en España un 40,1% de las molestias más frecuentes del personal de enfermería se localizan en la parte baja de la espalda, 27% molestias en el cuello y la nuca, así como un 26,6% de afectación en la parte alta de la espalda [3].

Dentro de los dispositivos mecánicos desarrollados previamente podemos encontrar equipos cuyas consideraciones fueron de ayuda para el desarrollo en la parte de diseño.

El dispositivo creado por Gordon B. J. Mah, consta con un módulo desmontable el cual puede variar entre un soporte o un asciendo tipo orinal.

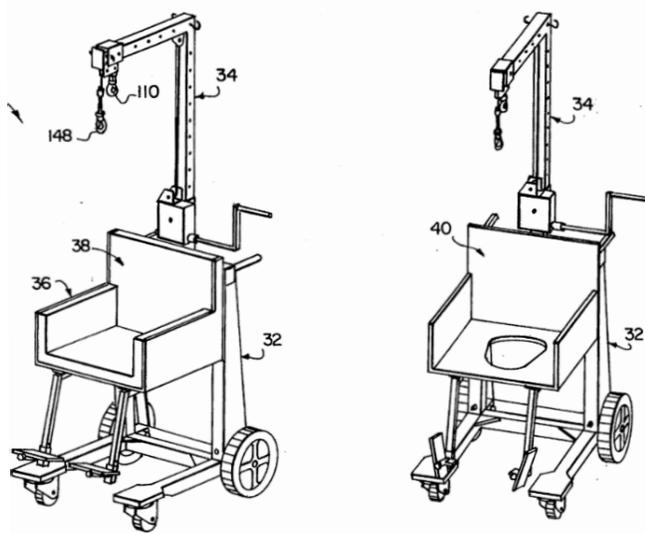


Figura. 1 Cambio de modulo. [6]

Uno de sus componentes es una plataforma móvil para realizar el traslado de pacientes, el dispositivo también puede suspender un arnés para colocar al paciente en posición erguida y realizar terapias de rehabilitación.

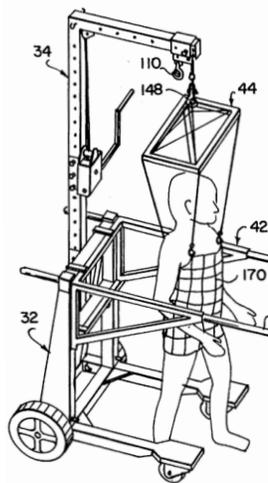


Figura. 2 Arnés para Rehabilitación. [6]

El arnés para elevar a un paciente funciona mediante un conjunto de poleas, una manivela y una caja de engranajes.

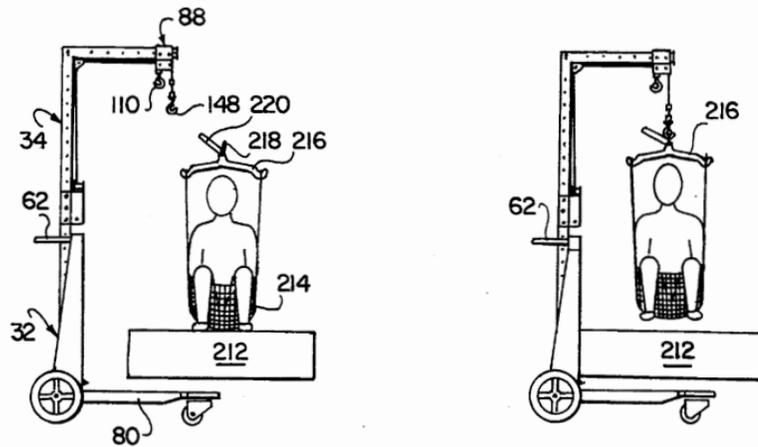


Figura. 3 Arnés para elevación del paciente desde la cama. [6]

Los inventores, Richard J. Reeve y Fredrick A. Roper, crearon un dispositivo mecánico que cumple la función de elevar y transportar a las personas de manera confiable y segura a su sitio de descanso como la cama o silla de ruedas con el mínimo de esfuerzo y asistencias [7].

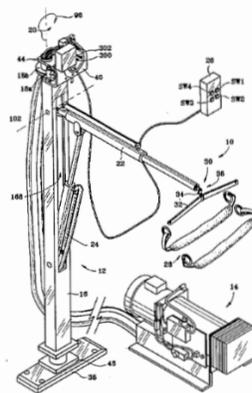


Figura. 4 Equipo de elevación de personas discapacitadas. [7]

La fuerza de empuje es ejercida mediante una bomba hidráulica que empuja un pistón anclado al mástil que sirve para trasladar al paciente haciendo un giro rotacional sobre un eje pivotante [7]. El control del mecanismo se realiza mediante un control de mano que puede ser manejado por la persona que está asistiendo al paciente o por el mismo

paciente mediante este control se puede accionar cada componente del mecanismo para realizar el trabajo de traslado del paciente con el avance retorno del actuador o la rotación del mástil [7].

Terry Raney, diseñó un dispositivo que consta de dos actuadores que le permite realizar la acción de elevación y estabilización, dentro de la base se localiza un centro de control que permite el accionamiento de los componentes hidráulicos.

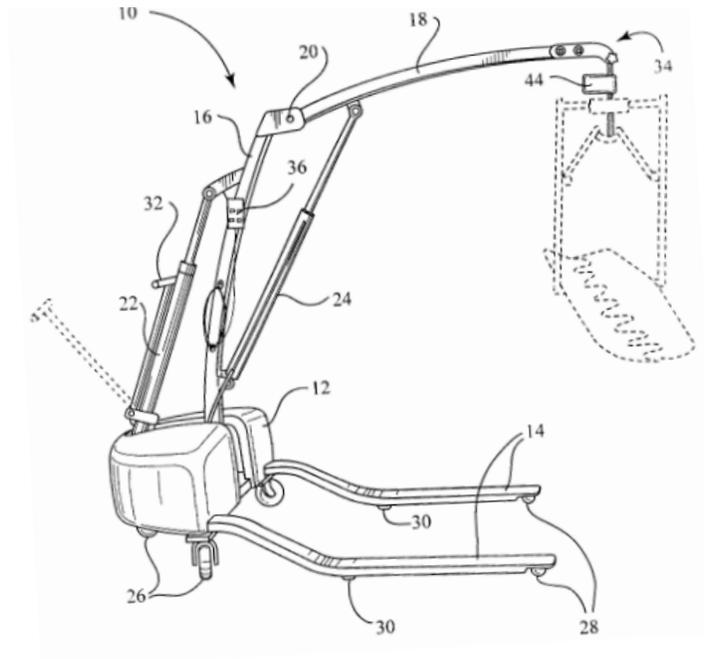


Figura. 5 Elevador de doble actuador. [4]

Este equipo aloja una fuente de alimentación en la base desde donde se distribuye la energía necesaria para toda la máquina, también se encuentra equipado con un sistema de medición de peso y un manubrio para guiar la máquina [4].

El inventor 노태진, implementó un diseño de máquina que pueda facilitar el transporte de personas con dependencia funcional la cual se puede maniobrar con la ayuda de un asistente de enfermería de forma manual, el dispositivo al no tener componentes que se encarguen de realizar el desplazamiento de toda la máquina se

evita las posibles lesiones causadas por fallas de los equipos encargados de este tipo de movimiento [5].

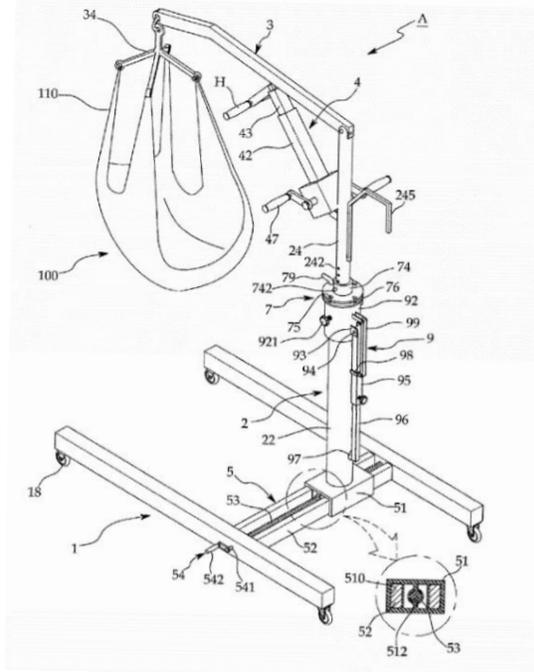


Figura. 6 Equipo de traslación de pacientes. [5]

El dispositivo consta con un brazo regulable mediante un actuador mecánico, el actuador conecta le brazo con el mástil el mismo que está anclado a un soporte que le permite realizar un giro de rotación, en la base del mástil se encuentra un mecanismo que le da libertad de trasladarse horizontalmente [5].

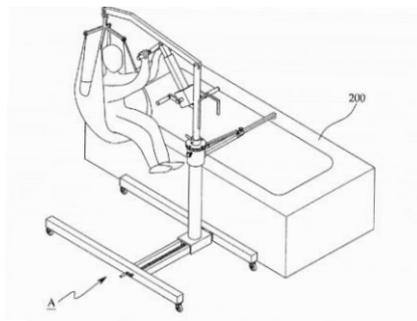


Figura. 7 Deslazamiento horizontal del equipo. [5]

Kevin L. Tally, estructuro un elevador de personas discapacitadas para el ingreso o salida de vehículos este dispositivo consta de un poste que funciona con un mecanismo tipo telescopio, este mecanismo se encuentra sobre un soporte con ruedas para permitir el desplazamiento del equipo [6].

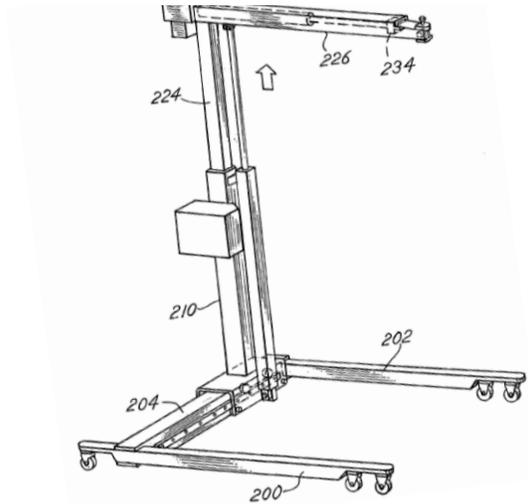


Figura. 8 Elevación del poste tipo telescopio. [6]

El paciente está sostenido por un conjunto de correas de sujeción regulables que se encuentran conectadas al brazo tipo viga en voladizo, el transporte del paciente es estable y seguro [6].

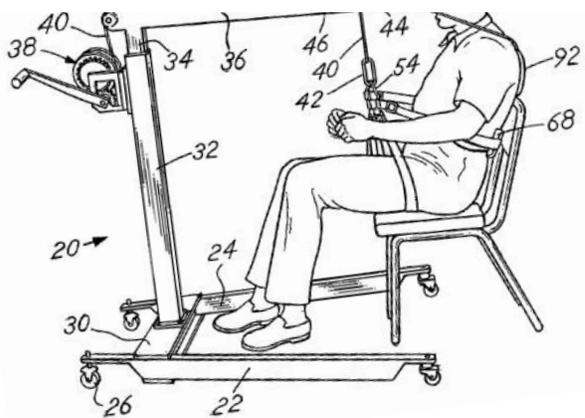


Figura. 9 Sujeción del paciente. [6]

### **1.3. Marco teórico**

#### **1.3.1. Fundamentación legal.**

En la Constitución Nacional del Ecuador se menciona a las personas discapacitadas en la sección sexta donde se puede resaltar algunos puntos de los siguientes artículos [7].

*Art. 47.-* El Estado garantizará políticas de prevención de las discapacidades y, de manera conjunta con la sociedad y la familia, procurará la equiparación de oportunidades para las personas con discapacidad y su integración social [7].

6. Una vivienda adecuada, con facilidades de acceso y condiciones necesarias para atender su discapacidad y para procurar el mayor grado de autonomía en su vida cotidiana.

10. El acceso de manera adecuada a todos los bienes y servicios. Se eliminarán las barreras arquitectónicas.

*Art. 48.-* El Estado adoptará a favor de las personas con discapacidad medidas que aseguren:

5. El establecimiento de programas especializados para la atención integral de las personas con discapacidad severa y profunda, con el fin de alcanzar el máximo desarrollo de su personalidad, el fomento de su autonomía y la disminución de la dependencia.

#### **1.3.2. Diseño mecánico.**

Robert L. Mott, define al diseño mecánico como la selección o diseño de componentes mecánicos que en conjunto cumplen una función específica y así

lograr el trabajo deseado. Naturalmente, los componentes de máquinas deben acoplarse entre sí, ser compatibles y funcionar de forma segura tanto como eficiente [8].

### 1.3.3. Esfuerzo simple ( $\sigma$ ).

Se lo define como una carga axial ( $P$ ) a la que está sometida un material dividida por una unidad de área ( $A$ ) [9], y se puede expresar de la siguiente manera :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

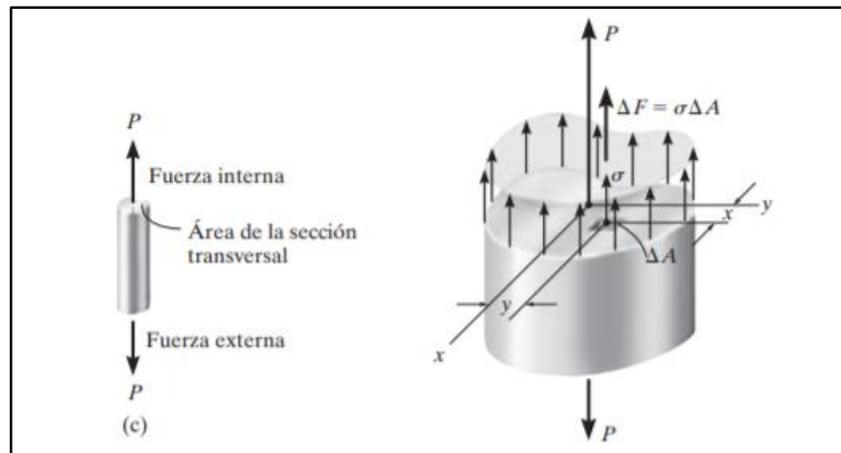


Figura. 10 Esfuerzo normal simple. [10]

### 1.3.4. Esfuerzo cortante.

Este tipo de esfuerzo tiene una diferencia con el esfuerzo de tracción o compresión ya que la fuerza actúa normal al plano que las resiste [9].

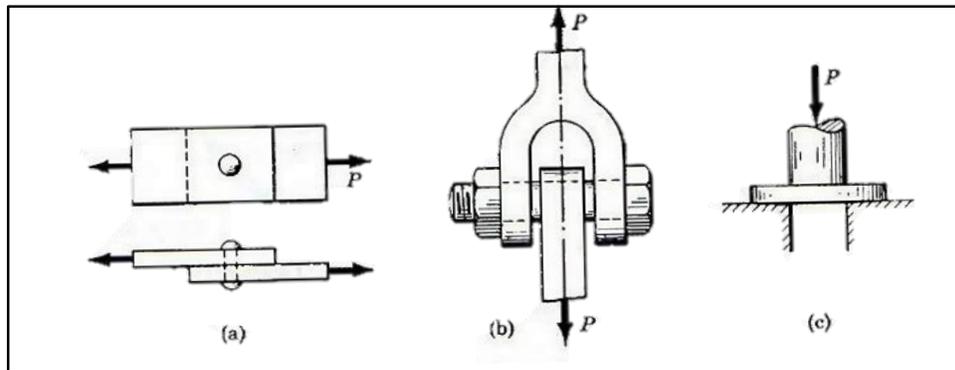


Figura. 11 Ejemplos de esfuerzos cortantes en varias secciones. [9]

En el caso de que la fuerza de corte resultante pasa por el centroide del elemento se puede considerar un esfuerzo cortante uniforme y se expresa de la siguiente forma:

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

Donde:

V: Fuerza cortante.

$\tau$ : Esfuerzo cortante.

A: Área

### 1.3.5. Diagrama esfuerzo deformación.

Uno de los criterios que se debe tomar en cuenta en el momento de realizar un diseño mecánico es la resistencia del material, pero no es el único a considerar [9]. La rigidez de los elementos tiene igual o mayor importancia al momento de diseñar, así como la dureza tenacidad y ductilidad también influyen en el momento de seleccionar un material para que trabaje bajo diferentes condiciones de servicio [9]. Todas estas propiedades de los materiales se pueden obtener mediante pruebas y compararlas contra patrones establecidos previamente [9].

Tomando en cuenta el acero al colocar una probeta entre dos mordazas y someterlo a tensión se obtendrá una gráfica esfuerzo deformación como la Figura 11, de esta forma se puede encontrar puntos importantes para el diseño mecánico como son el esfuerzo último de cedencia, el Límite de elasticidad, el Punto de ruptura etc. [9].

**Límite de elasticidad:** Cuando se alcanza este punto la probeta recuperara su forma original al retirar la carga, en este punto el material sufre una deformación de tipo elástica [10].

**Cedencia:** Se alcanza al superar el límite de elasticidad aquí se puede hallar un punto llamado esfuerzo de cedencia ( $S_y$ ), una vez superado este punto el material queda deformada de forma permanente, se considera como deformación plástica debido a que no recupera su forma original [10].

**Endurecimiento por deformación:** Al terminar la zona de cedencia el material puede resistir un aumento de la fuerza aplicada, esto da como resultado una curva ascendente que va aplanándose hasta que llega a un punto donde se alcanza el esfuerzo último ( $S_u$ ), este comportamiento en la curva se conoce como endurecimiento por deformación [10].

**Módulo de elasticidad:** Se define como la pendiente de la recta que se forma en la relación entre el esfuerzo y la deformación, se representa con la letra ( $E$ ).

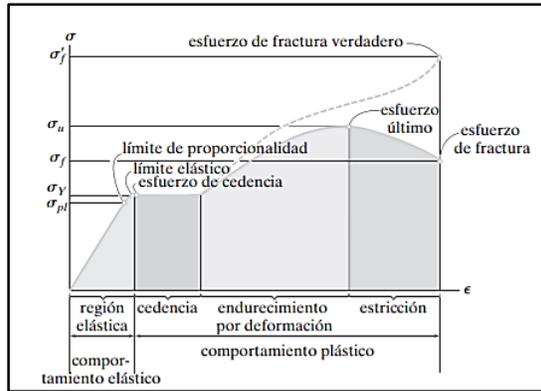


Figura. 12. Diagrama Esfuerzo – Deformación. [10]

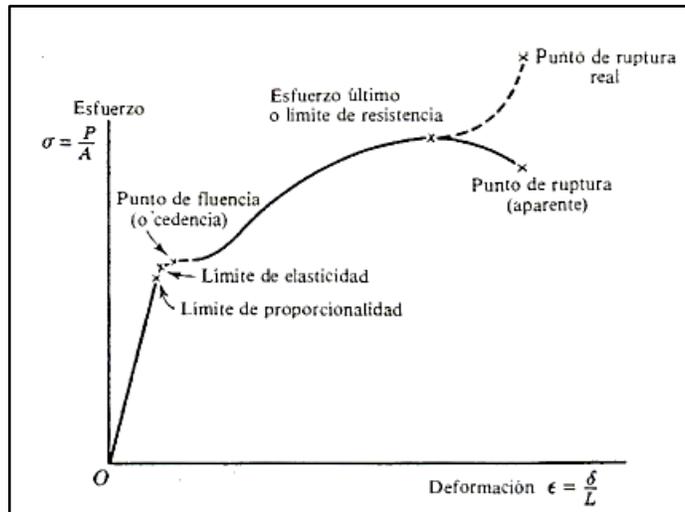


Figura. 13. Diagrama Esfuerzo- Deformación del acero al carbono. [9]

El valor de la deformación unitaria ( $\epsilon$ ) viene establecido por la deformación total ( $\delta$ ) sobre la longitud ( $L$ ) en la que se produjo [9].

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \quad (3)$$

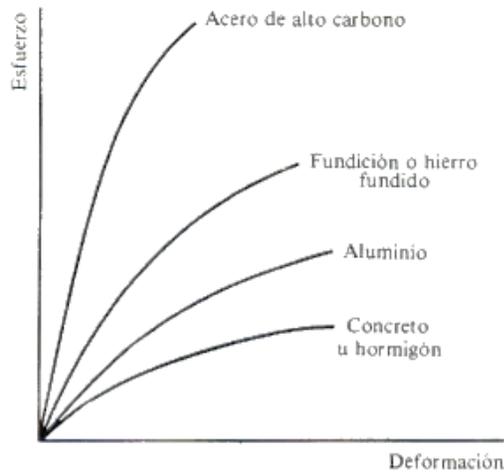


Figura. 14. Comparación de diagramas de Esfuerzo – Deformación de varios materiales. [9]

### 1.3.6. Ley de Hooke

Existe una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación esto quiere decir que un aumento en el esfuerzo ocasionaría un aumento equivalente en la deformación, este experimento fue realizado por Robert Hooke en 1676 con la ayuda de resortes y se la conoce como la ley de Hook [10], se puede expresar de la siguiente forma:

$$\sigma = E\epsilon \quad (4)$$

Otra forma de expresar la ley de Hook es la siguiente:

$$\delta = \frac{PL}{AE} = \frac{\sigma L}{E} \quad (5)$$

### 1.3.7. Materiales

La selección de los materiales y los procesos para la fabricación vienen siendo partes fundamentales en el diseño de un componente de máquina [11].

#### 1.3.7.1. Algunas propiedades de los materiales

**Fragilidad:** Es la tendencia a la fractura sin deformación apreciable.

**Ductilidad:** Es la propiedad que permite la deformación permanente antes de la fractura en tracción.

**Elasticidad:** es la capacidad de un material para deformarse y recuperar su forma original.

**Plasticidad:** Es la característica de un material al cual se le puede dar una deformación considerable sin alcanzar este mismo su rotura.

**Maleabilidad:** Esta propiedad permite al material ser deformado en laminado o en forja por martilleo. Mientras más maleable es el material más delgado son las láminas que se pueden obtener.

**Rigidez:** Es la capacidad para oponerse a la deformación. Se puede medir a partir de su módulo elástico. Mientras más alto sea este más rígido es el material.

**Tenacidad:** Es la aptitud de un material para resistir cargas de impacto sin alcanzar su punto de rotura [12].

### 1.3.8. Esfuerzos normales en vigas a flexión

Las representaciones de los esfuerzos normales en vigas rectas están basadas en las siguientes condiciones [13]:

- 1) La viga está sometida a flexión pura; esto quiere decir que las cargas axiales y de torsión no existen, así como la fuerza cortante es nula.
- 2) El material debe ser isotrópico y homogéneo.
- 3) El material debe cumplir con la ley de Hooke.
- 4) Inicialmente la viga es recta, con una sección transversal constante en toda su longitud.
- 5) La viga tiene un eje de simetría en el plano de la flexión.
- 6) Las proporciones de la viga son tales que fallaría ante la flexión, en vez de fallar por aplastamiento, corrugación o pandeo lateral.
- 7) Las secciones transversales de la viga permanecen planas durante la flexión.

La Figura 15. muestra un tramo de una viga recta que se encuentra sometida a un momento flexionante positivo  $M$  mostrado por la flecha curva que representa la acción física que realiza el momento junto con una flecha recta perpendicular que revela el vector momento.

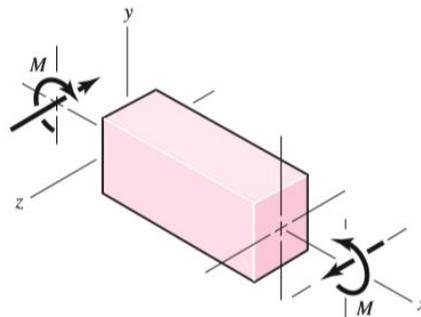


Figura. 15. Viga recta en flexión positiva. [13]

Plano neutro se lo considera de esta forma al plano  $xy$  que contiene los ejes neutros de las secciones transversales dentro de este plano podemos apreciar que el eje  $x$  converge con el eje neutro de la sección.

Todos los esfuerzos que coincidan con este plano tendrán un valor igual a cero [13].

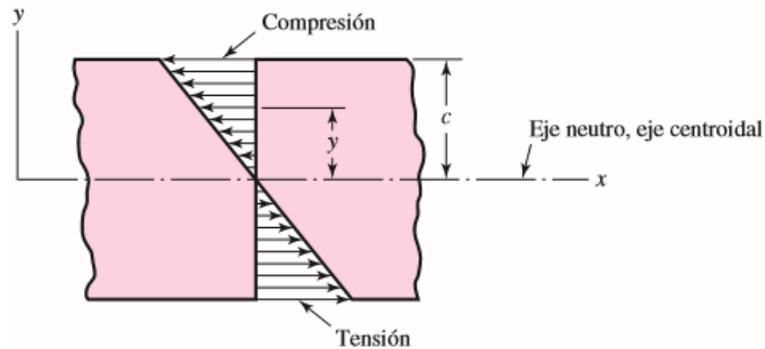


Figura. 16. Esfuerzo en flexión. [13]

El esfuerzo a flexión varía de forma lineal con respecto a la distancia desde el eje neutro,  $y$ , se representa de la siguiente forma:

$$\sigma_x = -\frac{My}{I} \quad (6)$$

Donde  $I$  representa el segundo momento de área alrededor del eje  $z$  esto quiere decir:

$$I = \int y^2 dA \quad (7)$$

En la Figura 16 se puede observar la distribución del esfuerzo dado por la Ecuación (6). El esfuerzo flexionante máximo se dará cuando  $(y)$ , tenga su magnitud más alta.

Es decir se designa  $\sigma_{max}$  como el esfuerzo máximo en flexión y  $c$  como la magnitud máxima de  $(y)$  [13], se obtendría que:

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} \quad (8)$$

A menudo se suele utilizar la siguiente Ecuación (6) para determinar el esfuerzo máximo en tracción o en compresión escrita de la siguiente forma.

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S} \quad (9)$$

Donde  $S=I/c$ , se lo conoce como módulo de sección.

### 1.3.9. Deflexión debido a flexión

La flexión en vigas es el problema que ocurre con más frecuencia a comparación con otro tipo de problemas de carga en el diseño mecánico [13].

Por lo tanto, la curvatura de una viga sujeta a un momento flector  $M$  viene dado por:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \quad (10)$$

Donde  $\rho$  representa el radio de curvatura, aplicando un desarrollo matemático se conoce que la curva plana se representa por:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2y/dx^2}{[1 + (dy/dx)^2]^{3/2}} \quad (11)$$

Se reconoce a  $(y)$  como la deflexión de una viga en cualquier punto de su longitud con valor  $x$ , así como su pendiente es:

$$\theta = \frac{dy}{dx} \quad (12)$$

En muchos casos de vigas a flexión la pendiente tiene un valor muy pequeño por lo que se considera al denominador de la Ecuación (11) como igual a la unidad. Por lo tanto, la ecuación se puede describir de la siguiente forma [13].

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2} \quad (13)$$

### 1.3.10. Teorías de falla

Algunas formas en las que se manifiesta las fallas en elementos mecánicos son la deformación permanente, en algunos casos el agrietamiento y el caso más extremo la ruptura del elemento [13]. De forma desafortunada se puede decir que no existe una teoría de falla para un caso general de las características del material y el estado de esfuerzo, sin embargo, a lo largo de los años se han desarrollado hipótesis que se probaron y son prácticamente aceptables esto es en un caso específico debido a que el acero estructural tiene un comportamiento típico como material dúctil o frágil. Comúnmente un material es considerado como dúctil cuando  $\varepsilon_f \geq 0,05$  y su resistencia a la fluencia es apreciable en el caso contrario cuando  $\varepsilon_f < 0,05$  es un comportamiento típico de los materiales frágiles y su resistencia a la fluencia no es apreciable [13].

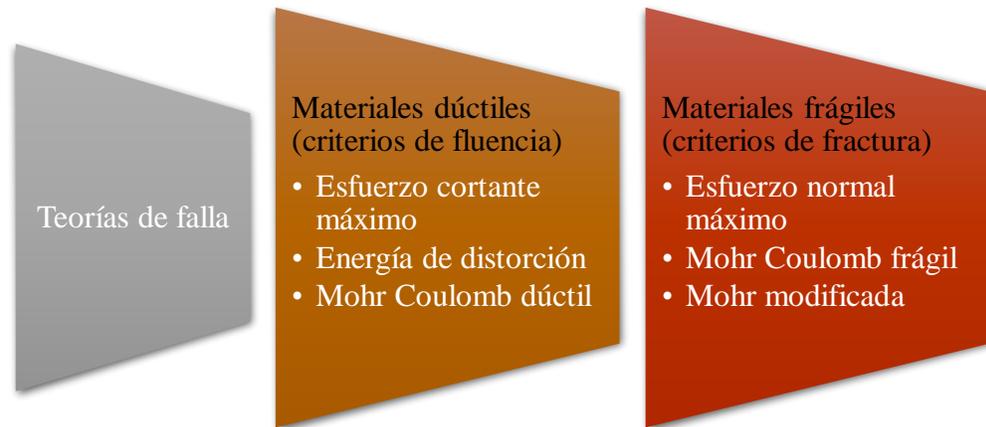


Figura. 17. Teorías de falla [13].

### 1.3.11. Teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles

*“La teoría de la energía de deformación máxima predice que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación total por unidad de volumen alcanza o excede la energía de deformación por unidad de volumen correspondiente a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del mismo material [13].”*

A esta teoría también se la conoce como la teoría de Von Mises, donde supone que la cedencia ocurriría en un estado general triaxial de esfuerzo, cuando la media cuadrática de las diferencias entre los esfuerzos principales es igual al mismo valor en un ensayo a tensión simple es decir si  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$  y  $\sigma$  es el esfuerzo en cedencia en tensión simple [9].

Se tiene que:

$$\frac{1}{3}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \quad (14)$$

$$\frac{1}{3}[(\sigma - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - \sigma)^2] = 0$$

$$\frac{2}{3}\sigma^2 = 0$$

De donde se obtiene:

$$2\sigma^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \quad (15)$$

Otra forma de escribir la ecuación de la fluencia es la siguiente:

$$\sigma \geq S_y \quad (16)$$

Al realizar esta comparación con la resistencia a la fluencia la ecuación puede expresarse como una ecuación de diseño mediante [13]:

$$\sigma = \frac{S_y}{n} \quad (17)$$

### 1.3.12. Soldadura de arco eléctrico

Es considerada como la unión íntima de dos o más elementos metálicos mediante un arco eléctrico el cual puede realizarse con o sin la aplicación de presión o material de aporte [14].

Existen varios tipos de juntas soldadas las cuales son:

- A Tope.
- De Esquina o L.
- Solapada.
- En T.
- En Borde.

Según [14], generalmente es necesario realizar la preparación de la junta cuando el espesor de las piezas a soldar es mayor a 4mm esto dependerá del tipo de junta y el espesor de la chapa metálica.

#### **1.3.12.1. Junta en T**

Este tipo de juntas se aplica a elementos que tienen un esfuerzo cortante longitudinal.

No requiere preparación de la junta para la soldadura de planchas planas de espesores de 3mm-4mm.

La resistencia de esta junta se es realizada correctamente no es necesario ningún calculo, la prestación de servicio de esta junta va a estar condicionado por la resistencia de su elemento más débil [15].

#### **1.3.13. Grúas**

En el principio las personas utilizaban como medio para elevar o transportar cargas elementos como rodillos, planos inclinados y palancas [16]. En la actualidad con el conocimiento y la tecnología se puede solucionar varios problemas técnicos suscitados a lo largo del tiempo al momento de elevar una carga mediante un equipo mecánico [17].

### 1.3.14. Tipos de grúas para el transporte de personas

En la actualidad existen varios tipos de dispositivos mecánicos para el transporte de personas con discapacidad para lo cual nos vamos a enfocar en la grúa de transferencia, estas pueden ser fijas, móviles y ancladas al techo como las más usadas.

#### 1.3.14.1. Grúas fijas

Este tipo de grúa se caracteriza por estar empotrada o anclada al suelo dándole una mayor capacidad de carga y un alcance mayor ya que presenta una gran estabilidad, este tipo de grúa sirve principalmente para el traslado de los pacientes de la silla a la cama o viceversa, así como se han podido implementar para el uso de bañeras o piscinas. La principal limitante de este dispositivo es que solo puede realizar su trabajo en una pequeña área delimitada por su alcance de brazo. Este brazo puede rotar 360° sobre un eje y así realizar el traslado de la persona discapacitada.



*Figura. 18. Grúa fija. [18]*

### 1.3.14.2. Grúas de techo

Son grúas que se mantienen suspendidas en el techo de una habitación, para ello el techo debe estar diseñado para poder resistir la carga que representa el funcionamiento de este dispositivo. En este tipo de grúa el paciente se mueve a través de un área mayor que la grúa fija, es decir puede moverse a cualquier parte en el interior de la habitación que se encuentre dentro de los límites del equipo. El mecanismo consiste en un conjunto de rieles que se soportan en una estructura.



*Figura. 19. Grúa de Techo. [19]*

### 1.3.14.3. Grúa móvil

Este tipo de mecanismo consta de una base con ruedas que le permite transportarse de un sitio a otro siempre y cuando las configuraciones arquitectónicas lo permitan. Comúnmente son plegables o desmontables para facilitar su almacenamiento, mantenimiento y transporte, el dispositivo consta de un bloqueo en sus ruedas posteriores lo cual es útil al momento de transferir al paciente ya que aumenta la estabilidad. El brazo de la grúa gira con en conjunto con su base. La elevación en este

tipo de dispositivos mecánicos se realiza mediante actuadores lineales electromagnéticos alimentados por batería recargables.



*Figura. 20 Grúa móvil. [20]*

### **1.3.15. Discapacidad física**

Es toda restricción o ausencia de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para cualquier ser humano debida a una deficiencia [21]. Se caracteriza por insuficiencias o excesos en el desempeño y comportamiento en una actividad rutinaria, que pueden ser temporales o permanentes, reversibles o irreversibles y progresivos o regresivos [21].

Mediante [22], se obtuvo los datos de la última actualización del conteo realizada en agosto del 2019

Tabla 1. Personas discapacitadas registradas en el Ecuador. [22]

CONADIS REGISTRO NACIONAL DE DISCAPACIDADES		
PROVINCIA	PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA	PORCENTAJE
AZUAY	14.650	6,70%
BOLIVAR	2.808	1,29%
CAÑAR	3.284	1,50%
CARCHI	2.074	0,95%
CHIMBORAZO	5.708	2,61%
COTOPAXI	4.531	2,07%
EL ORO	9.262	4,24%
ESMERALDAS	7.380	3,38%
GALAPAGOS	323	0,15%
GUAYAS	56.986	26,08%
IMBABURA	5.293	2,42%
LOJA	5.843	2,67%
LOS RIOS	13.173	6,03%
MANABI	25.591	11,71%
MORONA SANTIAGO	2.327	1,06%
NAPO	1.757	0,80%
ORELLANA	3.400	1,56%
PASTAZA	1.463	0,67%
PICHINCHA	3.1805	14,56%
SANTA ELENA	5.339	2,44%
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	6.247	2,86%
SUCUMBIOS	2.594	1,19%
TUNGURAHUA	5.020	2,30%
ZAMORA CHINCHIPE	1.643	0,75%
<b>TOTAL</b>	21.8501	100%

La discapacidad física en el adulto mayor dentro del Ecuador está alrededor de 67066 personas registradas [22].

*Tabla 2. Registro de personas mayores de 65 años de edad con discapacidad física. [22]*

CONADIS REGISTRO NACIONAL DE DISCAPACIDAD DEL ADULTO MAYOR		
PROVINCIA	PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA	PORCENTAJE
AZUAY	6.240	9,30%
BOLIVAR	981	1,46%
CAÑAR	1.218	1,82%
CARCHI	864	1,29%
CHIMBORAZO	2.218	3,31%
COTOPAXI	1.466	2,19%
EL ORO	3.261	4,86%
ESMERALDAS	1.940	2,89%
GALAPAGOS	109	0,16%
GUAYAS	16.284	24,28%
IMBABURA	1.507	2,25%
LOJA	2.061	3,07%
LOS RIOS	3.920	5,84%
MANABI	8.608	12,84%
MORONA SANTIAGO	696	1,04%
NAPO	488	0,73%
ORELLANA	690	1,03%
PASTAZA	405	0,60%
PICHINCHA	7.896	11,77%
SANTA ELENA	1.757	2,62%
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	1.657	2,47%
SUCUMBIOS	592	0,88%
TUNGURAHUA	1.687	2,52%

CONADIS REGISTRO NACIONAL DE DISCAPACIDAD DEL ADULTO MAYOR		
PROVINCIA	PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA	PORCENTAJE
ZAMORA CHINCHIPE	521	0,78%
<b>TOTAL</b>	67.066	100%

El cantón Patate de la provincia de Tungurahua existen 95 personas con discapacidad física registradas que son considerados como adultos mayores [22].

En centro de atención del adulto mayor del cantón Patate se trabaja con 27 adultos mayores de los cuales el 75% tiene dependencia funcional o algún tipo de discapacidad física, estas personas presentan la dificultad de trasladarse a sus zonas de alimentación, recreación y aseo Anexo 4.

#### **1.3.15.1. Tipos de discapacidad física**

Se llaman discapacidades físicas orgánicas aquellas que afectan a la cabeza, la columna vertebral y las extremidades inferiores y superiores; afectación de órganos y vísceras a las que afectan a los aparatos respiratorio, cardiovascular, digestivo y urinario y a los sistemas metabólico e inmunológico tanto, así como un déficit de las estructuras musculares relacionadas con el movimiento de las extremidades inferiores o superiores. Estas últimas se califican según la gravedad, la naturaleza de los cambios que produce en el movimiento y su localización [21].

Las deficiencias se denominan según el número de extremidades y las partes del cuerpo que afectan: la monoplejía, que es la parálisis de una única extremidad; la paraplejía, que supone la parálisis en la mitad inferior del cuerpo; la tetraplejía, la pérdida de movilidad en todas las extremidades y la hemiplejía, la parálisis de un lado del cuerpo [21].

### **1.3.16. Manipulación manual del paciente**

Los datos de estudios epidemiológicos indican que existe una relación entre la tipología y la cantidad de maniobras de transferencia manual de pacientes, y la ocurrencia de alguna patología aguda o crónica en la espalda baja. Los estudios biomecánicos demuestran cómo la acción de mover a un paciente produce una carga discal por encima al valor definido como permisible (alrededor de 275 kg para una persona de género femenino y 400 kg para personas del género masculino), denominado “límite de acción”, y algunos esfuerzos por movimientos en situaciones reales pueden estar por encima incluso del valor de rotura de la unidad disco-vertebral, que es aproximadamente de unos 580 kg para varones y 400 kg para mujeres [23].

La manipulación manual de pacientes (MMP) puede provocar a lo largo del tiempo molestias debido a trastornos musculo esqueléticos (TME), que son afectaciones que sufre la parte estructural del cuerpo como los son los músculos, ligamentos, tendones y huesos. La mayor parte de los TME son de carácter acumulativo ya que son resultado de una exposición a trabajos repetitivos a lo largo de un tiempo prolongado, estos trastornos afectan principalmente a las extremidades superiores, cuello, espalda y hombros. La mayoría de diagnósticos que resultan al estar expuesto a este tipo de actividades repetitivas en el MMP son las lumbalgias, tendinitis, síndrome del túnel carpiano, etc. [3].

La siguiente grafica muestra los factores organizacionales y psicosociales que tienen incidencia con los trastornos musculo esqueléticos en el personal auxiliar de enfermería.

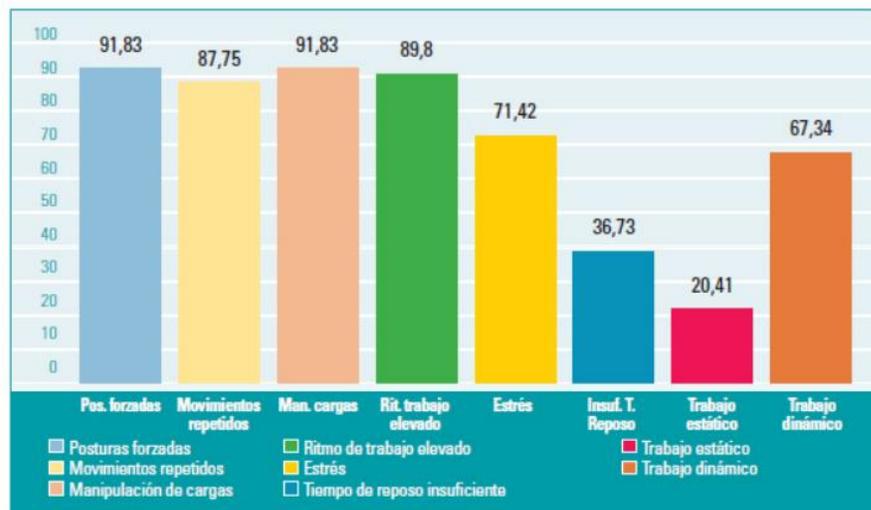


Gráfico 1. Factores incidentes dentro del trabajo. [5]

Como se puede apreciar en el Gráfico 1 se tiene que los factores que tienen mayor influencia en los TME son la manipulación de cargas en un 89,8% y posturas forzadas en un 91,83% [3].

En la siguiente grafica se muestra las repercusiones físicas que tiene el personal auxiliar de enfermería.

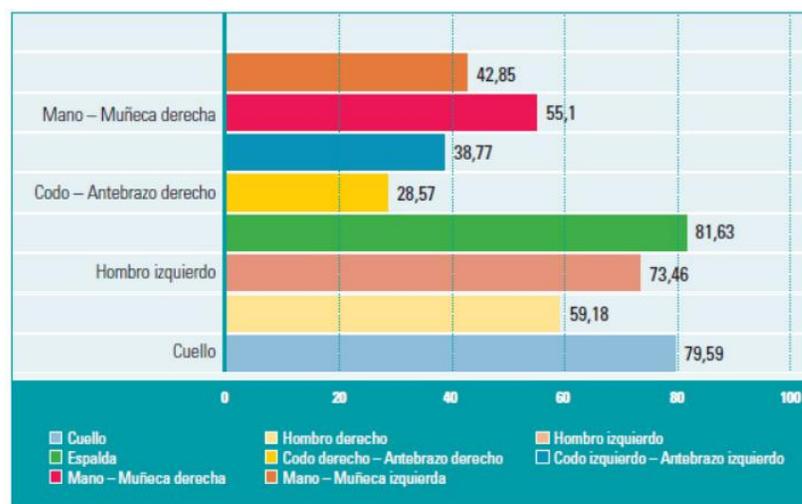


Gráfico 2. Zonas del cuerpo afectadas. [5]

En el gráfico 2 se puede apreciar que las zonas con mayor afectación son la espalda y el cuello.

Los TME que tienen relación con ejercer trabajos dentro del campo de la salud y enfermería afectan el cuello, las extremidades superiores e inferiores y principalmente la zona de la espalda. Las afectaciones pueden variar desde molestias leves hasta enfermedades tan graves que de ser el caso podría requerir la baja por enfermedad, en el caso de llegar a convertirse en un caso crónico podría provocar una discapacidad que impida que la persona continúe laborando [24].

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Diseñar y construir un elevador tipo grúa geriátrica para el traslado de personas con dependencia funcional, aplicando los conocimientos de diseño de máquinas, para su funcionamiento dentro las instalaciones del Centro de Atención Integral para el Adulto Mayor (CAIAM) del cantón Patate.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar los tipos de dispositivos mecánicos a implementarse en el elevador tipo grúa geriátrica para el traslado o transporte de personas con dependencia funcional.
- Establecer los parámetros y requerimientos de diseño que influyen en el dispositivo mecánico, aplicando herramientas de ingeniería inversa para la fabricación del elevador tipo grúa geriátrica.

- Construir el dispositivo mecánico en base a los parámetros de diseño, mediante los procesos de manufactura existente en la localidad, cumpliendo con requisitos ergonómicos.
- Evaluar el funcionamiento del dispositivo mecánico mediante software, en condiciones normales de trabajo dentro de las instalaciones del Centro de Atención Integral para el Adulto Mayor (CAIAM) del cantón Patate.

## CAPITULO II

### 2. METODOLOGIAS

#### 2.1. Materiales

Los recursos materiales tangibles utilizados para la elaboración del proyecto son:

##### 2.1.1. Soldadora

Es una máquina eléctrica encargada de la transformación de energía eléctrica a energía térmica, mediante el trabajo de este equipo se puede realizar la fusión de materiales metálicos de igual o similares características mediante procesos específicos para cada caso. En breves rasgos una soldadora debe permitir al usuario regular la intensidad de corriente o amperaje, transformar el voltaje que suministra la red eléctrica en voltaje de vacío para la ignición del arco esto puede varias usualmente entre 30 y 90 dependiendo el equipo y también debe permitir mantener el circuito alimentado constantemente de corriente para poder tener un arco estable [14].



Figura. 21 Soldadora LINC635. [25]

### 2.1.2. Trozadora

Esta máquina permite realizar cortes en perfiles y tubería de acero mediante un motor eléctrico que brinda la potencia y revoluciones necesarias para hacer girar un disco de material abrasivo, este mismo nos ayuda con el seccionamiento de los perfiles estructurales, la gran mayoría de trozadoras nos permite realizar cortes a diferentes ángulos de inclinación comúnmente este ángulo varía entre  $0^\circ$  y  $45^\circ$



*Figura. 22 Trozadora DEWALT D28710-B3. [26]*

### 2.1.3. Torno

Es un conjunto de máquinas y herramientas que permiten trabajar piezas con geométrica cilíndrica o cónica, el trabajo se realiza mediante un husillo que gira en conjunto con la pieza a tornear, mientras que en una torreta se sujeta una cuchilla que mediante un carro móvil se desplaza y hace movimiento de avance y retractación para ir removiendo material dependiendo a las necesidades del usuario, en su mayoría los trabajos que realiza es el cilindrado roscado y refrenado.



*Figura. 23 Torno TH 3309V TH 3309V. [27]*

#### **2.1.4. Arduino**

Es una plataforma electrónica que lleva incorporado un micro controlador que permite sobrescribir los datos de entrada, posee 14 pines de entrada y salida para interacción del usuario dependiendo sus necesidades. Arduino es una plataforma de hardware libre lo cual permite al usuario adquirir el esquemático, para su programación es necesario adquirir conocimientos sobre el lenguaje de programación C++.



*Figura. 24 Arduino UNO. [28]*

### **2.1.5. Actuador lineal**

Un actuador lineal es un dispositivo mecánico que brinda la fuerza para realizar desplazamientos sobre un solo eje estos pueden ser de avance o retroceso. La fuerza que ejerce el actuador puede ser provista por tres fuentes las cuales comúnmente son: presión hidráulica, presión neumática y fuerza motriz generada por un motor eléctrico dependiendo de la fuente de energía se considera el tipo de actuador el mismo que puede ser eléctrico, hidráulico o neumático.



*Figura. 25 Actuador lineal LINAK a44. [29]*

## **2.2. Métodos**

### **2.2.1. Método de investigación**

Para la realización del proyecto se utilizó el método analítico para el cual se dividió el trabajo en diferentes fases:



*Figura. 26. Esquema de la metodología.*

### ***Fase I. Investigación***

Se realizó un trabajo de campo de carácter observatorio donde se determinó la situación actual de las formas de traslado de las personas discapacitadas dentro del CAIAM Patate, así como las condiciones en las que realizan el transporte los auxiliares de enfermería, ya que al realizar el MMP pueden sufrir lesiones a nivel de la espalda baja, así como padecer dolores en el cuello, brazos y muñecas que son las áreas de mayor exigencia al realizar el levantamiento del paciente. Se consideró también las restricciones arquitectónicas que podría tener el dispositivo para funcionar correctamente.

Realizando un análisis de los diferentes dispositivos mecánicos de transporte para personas con dependencia funcional que existen en la provincia se determinó que dispositivo reúne las características idóneas dependiendo de las necesidades de las personas con discapacidad física.

Acto seguido se revisó bibliografía obtenida de la biblioteca virtual de la Universidad Técnica de Ambato, referente a las condiciones de servicio de la grúa geriátrica, donde se obtuvo la información necesaria para tener criterios de diseño y se pasó a la segunda fase con las herramientas necesarias para continuar con el desarrollo del proyecto.

### ***Fase II. Diseño Mecánico***

Se planteó los requerimientos mecánicos y ergonómicos que necesita el dispositivo, tomando en cuenta el dimensionamiento de las habitaciones en las cuales va cumplir su trabajo.

Para el material se optó por investigar los aceros disponibles en el mercado que cuenten con las características necesarias para tener un desempeño óptimo al momento de trasladar al paciente, tomando en cuenta el tipo de trabajo que realiza el mecanismo se consideró el diseño por desplazamientos tanto como un análisis por software para simular el funcionamiento del equipo bajo condiciones de servicio y de este modo poder tener una idea de cómo se comportaran los componentes de la estructura en condiciones similares a las reales.

El análisis se lo realizó tomando en cuenta la carga y las condiciones más críticas en las que trabaja el dispositivo mecánico.

### ***Fase III. Diseño electrónico***

Se seleccionó los componentes electrónicos de la máquina en los cuales se tomó en cuenta que cumplan con los requerimientos del equipo, dado el caso de la emergencia sanitaria por Covid19 se aplicó elementos disponibles en el mercado de la localidad, el dispositivo encargado de realizar el trabajo de elevar el brazo del mecanismo es un actuador lineal eléctrico que trabaja mediante un motor alimentado con 12V y 13A para lo cual se optó por la aplicación de un transformador de corriente que nos brinde la conversión de 110V a 12V, mediante la implementación de un circuito de control y potencia se pudo realizar los desplazamientos del brazo, así como el sistema de seguridad para cuidar la integridad de los usuarios tanto como la del equipo.

### ***Fase IV. Construcción***

En este punto se procedió con la construcción del dispositivo teniendo ya todos los parámetros verificados y corregidos, se tomó en cuenta el costo, materiales y proceso de manufactura más adecuado para su construcción.

Se realizó la implementación y pruebas de funcionamiento.

### ***Fase V. Pruebas de funcionamiento***

Las pruebas se realizaron con una persona de peso aproximado a los de los usuarios que son los adultos mayores del CAIAM Patate de igual forma por la emergencia sanitaria el acceso y contacto con los usuarios estuvo restringido por lo que el funcionamiento de la máquina se lo ejecuto con una persona que presenta dependencia funcional con un grado del 76%.

### 2.3. Protocolo para la recolección de datos

Es este punto se tomó en consideración las condiciones de borde que se planteó para poder realizar la parte de diseño del equipo.

#### 2.3.1. Condiciones de carga

Para la evaluación de las condiciones de carga se tomó las medidas de los pesos de las personas que serán usuarios dentro del CAIAM Patate (Anexo 4), considerando el peso más alto como crítico y tomando en consideración que según [30], en una muestra de 198 adultos mayores el 41,9% presenta sobrepeso y un 12,1% obesidad, el peso promedio de los hombres es de  $71,5 \text{ kg} \pm 13,1 \text{ kg}$ , con esta consideración se aumentó 10kg a la carga en el dispositivo y de este modo se tiene un diseño más conservador teniendo una carga de 80kg.

#### 2.3.2. Área de trabajo

Para conocer el área de desplazamiento de la máquina se tomó medidas de las distancias de los obstáculos posibles dentro de la habitación.

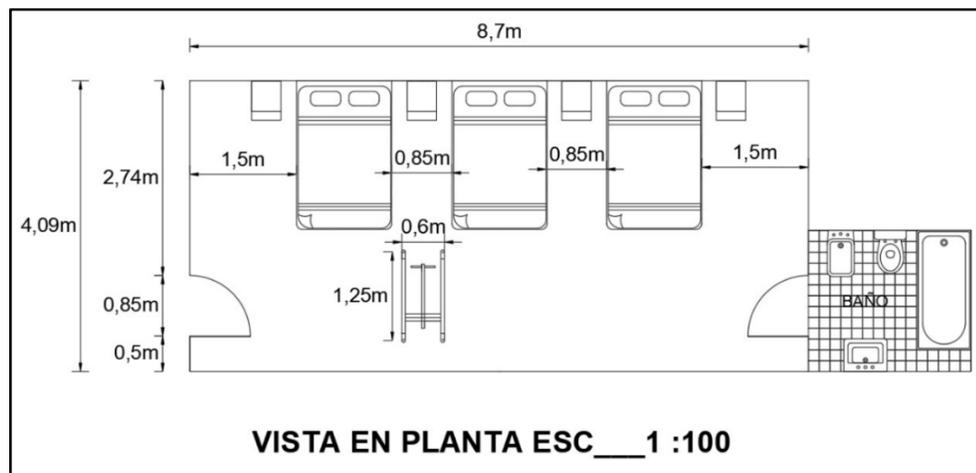


Figura. 27. Representación de la grúa en su lugar de trabajo.

Tabla 3. Medidas dentro de la zona de trabajo.

Distancias en habitación.	
Cama- Cama	85cm
Cama- Pared	150cm
Anchura de puerta	85cm
Cama- Suelo	30cm

Se tomó como material el acero A500 ya que presenta propiedades favorables para el trabajo que realizara el dispositivo mecánico (Anexo 1).

### 2.3.3. Factor de seguridad

El factor de seguridad se establece como 2, ya que se conocen las propiedades del material, hay que tener en cuenta que el ambiente de trabajo del equipo no es corrosivo ni existe presencia de partículas abrasivas que deterioren o disminuyan la vida útil de los elementos de la máquina, también los esfuerzos y cargas son calculables (Anexo 2).

### 2.4. Plan de procesamiento y análisis

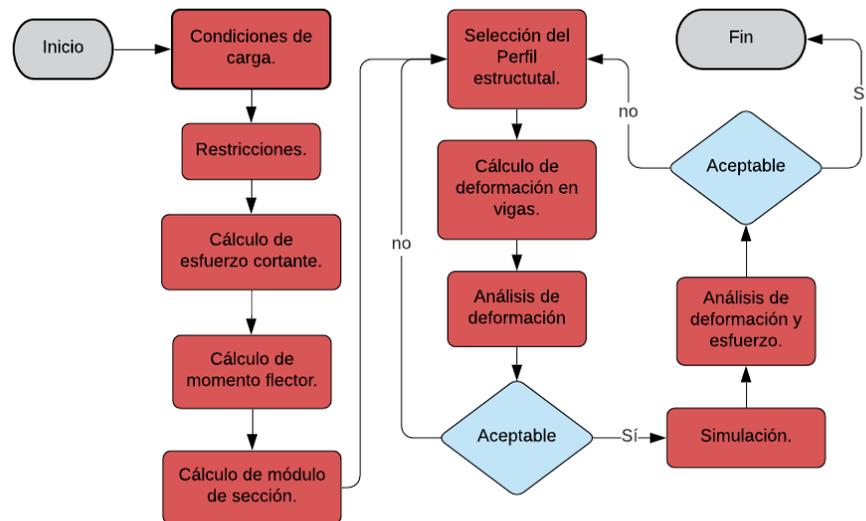


Figura. 28. Diagrama de procesamiento y análisis de datos.

## CAPITULO III

### 3. Análisis y discusión de resultados

#### 3.1. Selección de alternativas

Mediante la selección de alternativas se pudo comparar varias opciones de tipos grúas geriátricas y de este modo se escogió una que cumple con los requerimientos del centro gerontológico.

A continuación, se presenta tres tipos de grúas geriátricas para el traslado de personas:

- Grúa de techo
- Grúa fija
- Grúa móvil

Se utilizó un método de valoración basado en un análisis jerárquico.

##### 3.1.1. Método de análisis jerárquico

Es un método que mediante la implementación de recursos matemáticos permite evaluar alternativas cuando se tiene varios criterios a considerar, también este método se basa en el conocimiento y la experiencia de los actores dándoles gran importancia tanto como a los datos utilizados dentro del proceso [31].

Tabla 4. Escala de comparación de Saaty. [32]

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
1	Igualmente preferida.	Dos elementos contribuyen en igual medida al objetivo.
3	Moderadamente preferida	La experiencia el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro.
5	Fuertemente preferida	La experiencia el juicio favorecen fuertemente a un elemento sobre el otro.
7	Preferencia muy fuerte o demostrada	Un elemento es mucho más favorecido que el otro; su predominancia se demostró en la práctica.
9	Extremadamente preferida	Preferencia clara y absoluta de un criterio sobre el otro.
2,4,6,8		Intermedia entre valores anteriores

Para la elaboración del método se tomó en cuenta los siguientes criterios.

- **Costo:** Es uno de los aspectos más importantes ya que se debe cumplir con un límite máximo de inversión en el proyecto técnico.
- **Facilidad de construcción:** La relevancia de este criterio viene dada por la facilidad de adquisición de los materiales y componentes tomando en consideración la circunstancia de la emergencia sanitaria debida al Covid 19 y su disponibilidad en el mercado local.
- **Mantenimiento:** El mantenimiento deber poder ser efectuado por el usuario de forma sencilla para que de este modo se pueda percatar de posibles fallos antes de poner en funcionamiento el equipo.
- **Facilidad de ensamblaje:** El dispositivo mecánico debe tener un fácil ensamblaje siendo el caso de querer transportarlo o trasladarlo a otro lugar de trabajo.
- **Movilidad:** Tiene una gran importancia ya que está limitado por la cantidad de movimientos que puede realizar el equipo en su lugar de trabajo.

## Desarrollo del método de análisis jerárquico

- 1) Se estableció una tabla donde se coloca los criterios señalados con anterioridad para poder compararlos entre si dándoles una valoración a criterio del diseñador mediante la ayuda de la Tabla 4. que establece una escala valorada del 1 al 9 para realizar el contraste de un criterio frente a otro donde se consideró la preferencia para cada comparación.
- 2) Se sumó las columnas de la Tabla 5. Matriz de criterios, y mediante la multiplicación de cada valor por la sumatoria de su columna establecer una matriz a la cual se le dará el nombre de representatividad por criterio.
- 3) Una vez realizado esto se procedió a sacar el promedio por fila a la cual se nombró como peso por criterio o en su defecto peso.
- 4) Acto seguido se obtuvo un vector de prioridad al realizar una operación entre el criterio y su peso al cual se asignó una letra del alfabeto para representarlo, una vez obtenido el vector encontramos el promedio de su cociente con el peso.
- 5) Después se validó la tabla calculando la razón de consistencia (RC), la cual debe ser  $RC \leq 0,1$ . Para ello se calculó dos valores los cuales fueron el índice de consistencia (IC) y el índice de aleatoriedad (IA) que responden a las siguientes ecuaciones:

$$IC = \frac{\sum \left( \frac{\text{Vector prioridad}}{\text{Peso}} \right) - n}{n - 1} \quad (18)$$

$$IA = \frac{1,98(n - 2)}{n} \quad (19)$$

Donde  $n$  representa el número de criterios

- 6) Una vez que cumplió la condición se pudo comprobar que la tabla es consistente y aceptable, se repitió el mismo proceso para cada criterio contrastándolo con los modelos de diseño y finalmente los pesos de cada criterio con el peso por criterio de los modelos de diseño y se procedió con la toma de decisión para el diseño.

*Tabla 5. Matriz de criterios.*

CRITERIOS	Costo	Facilidad de construcción	Mantenimiento	Facilidad de ensamblaje	Movilidad
Costo	1	2	5	0,333	1
Facilidad de construcción	0,50	1	3	0,25	0,33
Mantenimiento	0,2	0,333	1	0,2	0,2
Facilidad de ensamblaje	3	4	5	1	0,33
Movilidad	1	3	5	3	1
Suma	5,7	10,33	19	4,783	2,87

Tabla 6. Matriz normalizada de criterios.

Peso por criterio	Representatividad por criterio				
0,210	0,175	0,194	0,263	0,070	0,349
0,102	0,088	0,097	0,158	0,052	0,116
0,046	0,035	0,032	0,053	0,042	0,070
0,300	0,526	0,387	0,263	0,209	0,116
0,341	0,175	0,290	0,263	0,627	0,349

Tabla 7. Vector de prioridad y Razón de consistencia para criterios.

A	A/ Peso	Razón de consistencia	
1,087	5,174	IC=	0,1134
0,535	5,235	IA=	1,188
0,251	5,413	RC= IC/IA	0,095
1,685	5,609	Aceptable	
1,990	5,837		
Promedio	5,453		

Se realizó el mismo proceso para cada criterio como se mencionó anterior mente.

Tabla 8. Matriz de ponderación criterio de Costos

COSTO	Grúa de Techo	Grúa Fija	Grúa Móvil
Grúa de Techo	1	0,333	0,2
Grúa fija	3	1	0,2
Grúa Móvil	6	5	1
Suma	10	6,333	1,367

Tabla 9. Matriz normalizada de criterio costos.

Representatividad por criterio			Peso por criterio
0,1	0,053	0,122	0,092
0,3	0,158	0,146	0,201
0,6	0,789	0,732	0,707

Tabla 10. Vector de prioridad y Razón de consistencia para costos.

B	B/ Peso	Razón de consistencia	
0,277	3,021	IC=	0,0479
0,617	3,065	IA=	0,66
2,263	3,201	RC= IC/IA	0,073
Promedio	3,096	Aceptable	

Tabla 11 . Matriz de ponderación criterio Facilidad de construcción.

Facilidad de construcción	Grúa de Techo	Grúa Fija	Grúa Móvil
Grúa de Techo	1	0,25	0,2
Grúa fija	4	1	2
Grúa Móvil	5	0,5	1
Suma	10	1,75	3,2

Tabla 12. Matriz normalizada de Facilidad de construcción.

Representatividad por criterio			Peso por criterio
0,1	0,143	0,063	0,102
0,4	0,571	0,625	0,532
0,5	0,286	0,313	0,366

Tabla 13 . Vector prioridad y Razón de consistencia para Facilidad de constricción.

C	C/ Peso	Razón de consistencia	
0,308	3,026	IC=	0,0474
1,671	3,141	IA=	0,66
1,141	3,117	RC= IC/IA	0,072
Promedio	3,095	Aceptable	

Tabla 14 . Matriz de ponderación para Mantenimiento.

Mantenimiento	Grúa de Techo	Grúa Fija	Grúa Móvil
Grúa de Techo	1	0,333	0,333
Grúa fija	3	1	0,5
Grúa Móvil	3	2	1
Suma	7	3,333	1,833

Tabla 15. Matriz normalizada de Mantenimiento.

Representatividad por criterio			Peso por criterio
0,143	0,100	0,182	0,142
0,429	0,300	0,273	0,334
0,429	0,600	0,545	0,525

Tabla 16. Vector prioridad y Razón de consistencia para Mantenimiento.

D	D/ Peso	Razón de consistencia	
0,428	3,021	IC=	0,0269
1,021	3,058	IA=	0,66
1,617	3,082	RC= IC/IA	0,041
Promedio	3,054	Aceptable	

Tabla 17. Matriz de ponderación para Facilidad de ensamblaje.

Facilidad de ensamblaje	Grúa de Techo	Grúa Fija	Grúa Móvil
Grúa de Techo	1	0,333	0,25
Grúa fija	3	1	0,5
Grúa Móvil	4	2	1
Suma	8	3,333	1,75

Tabla 18. Matriz normalizada de Facilidad de ensamblaje.

Representatividad por criterio			Peso por criterio
0,125	0,1	0,143	0,123
0,375	0,3	0,286	0,320
0,5	0,6	0,571	0,557

Tabla 19. Vector prioridad y Razón de consistencia para Facilidad de ensamblaje.

E	E/ Peso	Razón de consistencia	
0,369	3,006	IC=	0,0092
0,967	3,019	IA=	0,66
1,688	3,030	RC= IC/IA	0,014
Promedio	3,018	Aceptable	

Tabla 20. Matriz de ponderación para Movilidad

Movilidad	Grúa de Techo	Grúa Fija	Grúa Móvil
Grúa de Techo	1	5	0,2
Grúa fija	0,2	1	0,111
Grúa Móvil	5	9	1
Suma	6,2	15	1,311

Tabla 21. Matriz normalizada de Movilidad.

Representatividad por criterio			Peso por criterio
0,161	0,333	0,153	0,216
0,032	0,067	0,085	0,061
0,806	0,600	0,763	0,723

Tabla 22. Vector prioridad y Razón de consistencia para Movilidad.

F	F/ Peso	Razón de consistencia	
0,666	3,089	IC=	0,0600
0,185	3,017	IA=	0,66
2,353	3,254	RC= IC/IA	0,091
Promedio	3,120	Aceptable	

Tabla 23. Selección de diseño por ponderación.

Selección para Diseño	Costo	Facilidad de construcción	Mantenimiento	Facilidad de ensamblaje	Movilidad	Priorización	Priorización %
Grúa de Techo	0,092	0,102	0,142	0,123	0,216	0,1466	14,66
Grúa fija	0,201	0,532	0,334	0,320	0,061	0,2292	22,92
Grúa Móvil	0,707	0,366	0,525	0,557	0,723	0,6242	62,42
Ponderación	0,210	0,102	0,046	0,300	0,341	1	100

Mediante el resultado del método se concluyó que el modelo de diseño para este proyecto técnico fue la grúa móvil.

### 3.1.2. Identificación de dispositivos o componentes mecánicos

En este punto se identificó los dispositivos mecánicos mediante simple inspección, el modelo que sirvió como referencia es el Powerlift 150.

Este reconocimiento fue de utilidad para posteriormente realizar los cálculos estructurales de cada parte que se identificó o su respectiva selección tomando en cuenta las condiciones de borde y su disponibilidad en el mercado.

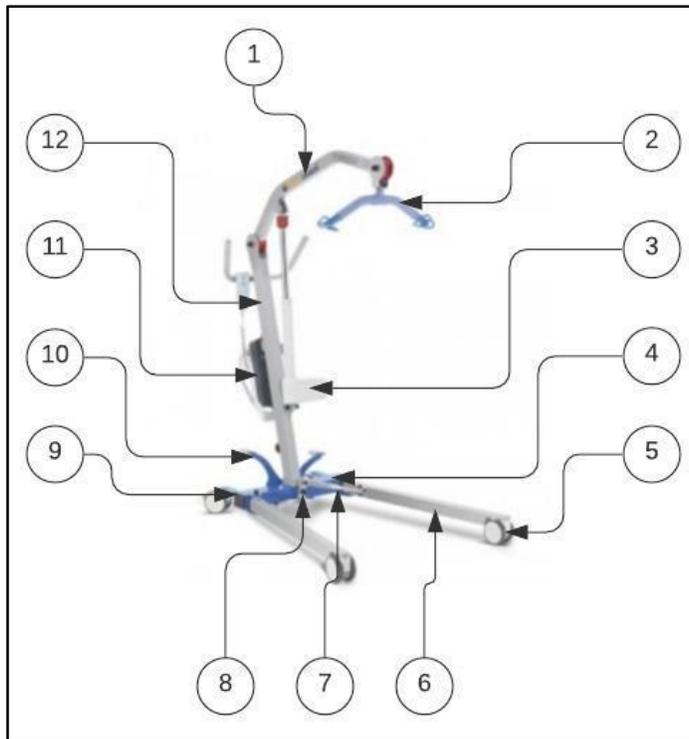
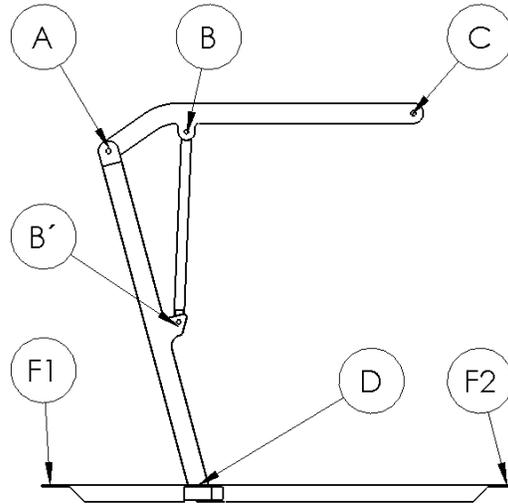


Figura. 29. Identificación de dispositivos grúa geriátrica.

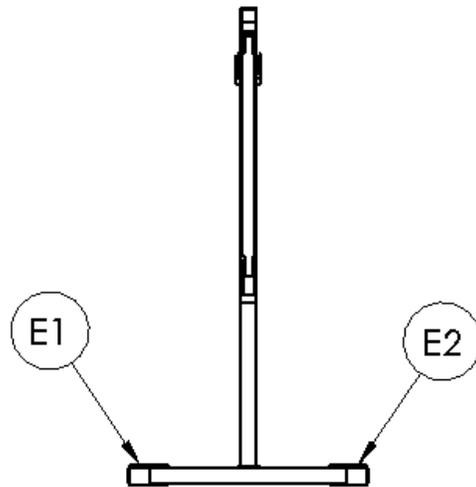
Tabla 24. componentes de grúa geriátrica.

Identificación de componentes.	
N°	Dispositivo
1	Brazo
2	Percha
3	Actuador Lineal
4	Base
5	Rueda
6	Soporte inferior frontal
7	Barra de empuje
8	Volante
9	Soporte inferior posterior
10	Pedal
11	Caja de control
12	Mástil

### 3.1.3. Geometría de la grúa geriátrica



*Figura. 30. Geometría general vista lateral derecha.*



*Figura. 31. Geometría general vista frontal.*

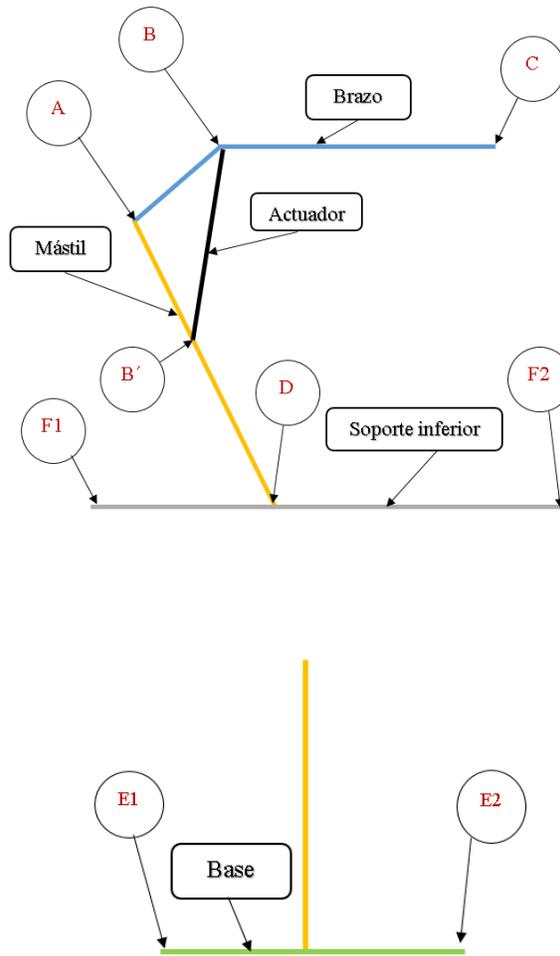


Figura. 32. Simplificación de la geometría de la grúa.

### 3.2. Diseño mecánico

Para el diseño de la estructura del dispositivo mecánico se usó un acero A500 con un límite elástico de 320 MPa y para las platinas un acero A36 con un límite elástico de 250 MPa (Anexo1) el diseño se realizó para elevar a una persona con masa de 80kg que genera una fuerza  $W= 784,8N$  también se empleó un factor de seguridad de 2 [33].

### 3.2.1. Brazo de la grúa

#### Fuerzas y reacciones

#### Diagrama de cuerpo libre del Brazo

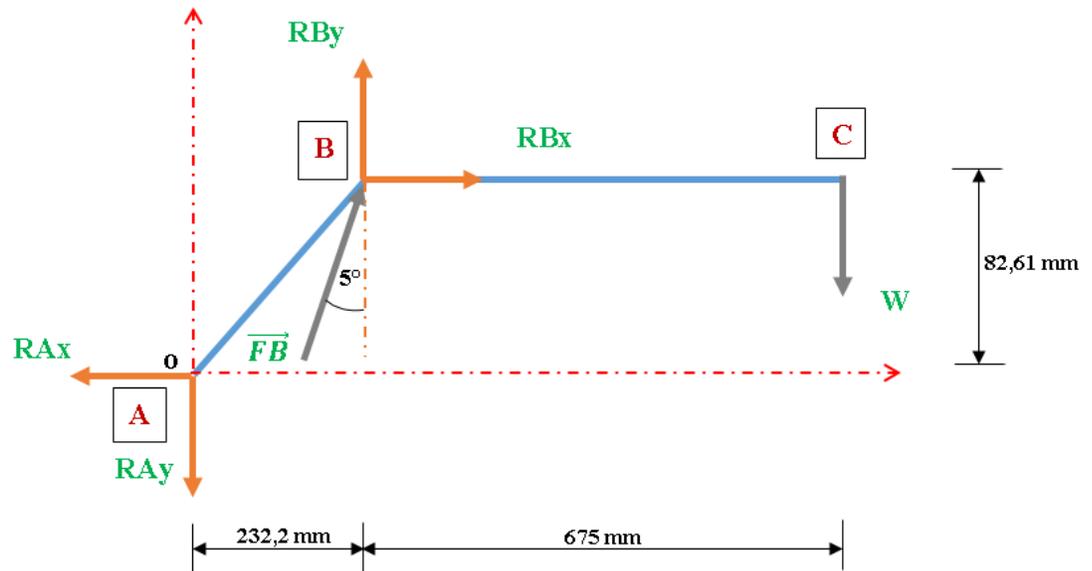


Figura. 33. Diagrama de cuerpo libre del Brazo de la grúa.

$$+\curvearrowleft \sum MA = 0$$

$$\overline{FB} \sin 85 (232,2\text{mm}) - \overline{FB} \cos 85 (82,61\text{mm}) - W(907,2\text{mm}) = 0$$

$$\overline{FB} = \frac{W(907,2\text{mm})}{\sin 85(232,2 \text{ mm}) - \cos 85(82,61\text{mm})}$$

$$\overline{FB} = \frac{784,8\text{N}(907,2\text{mm})}{\sin 85(232,2 \text{ mm}) - \cos 85(82,61\text{mm})}$$

$$\overline{FB} = 3176,79\text{N}$$

$$+ \uparrow \sum Fy = 0$$

$$-RAy + RBy - W = 0$$

$$RAy = \overline{FB} \sin 85 - W$$

$$RAy = 3176,79N \sin 85 - 784,8N$$

$$RAy = 2379,9N$$

$$+ \rightarrow \sum Fx = 0$$

$$-RAx + RBx = 0$$

$$RAx = RBx$$

$$RAx = 3176,79N \cos 85$$

$$RAx = 276,875N$$

### **Cálculo del módulo de sección del brazo**

Para ello se tomó el concepto de esfuerzo es igual a carga sobre área

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (20)$$

El esfuerzo permisible es igual al esfuerzo de fluencia sobre un factor de seguridad que se planteó como 2 debido a que la máquina trabaja en condiciones que no son desfavorables para su funcionamiento.

$$\sigma = \frac{\sigma_y}{n}$$
$$\sigma = \frac{320Mpa}{2}$$

$$\sigma = 160 \text{ Mpa}$$

Para encontrar el módulo de sección ( $S$ ) se calculó el momento máximo de la viga, para lo cual se realizó los diagramas de fuerza cortante y momento flector mediante el método de áreas.

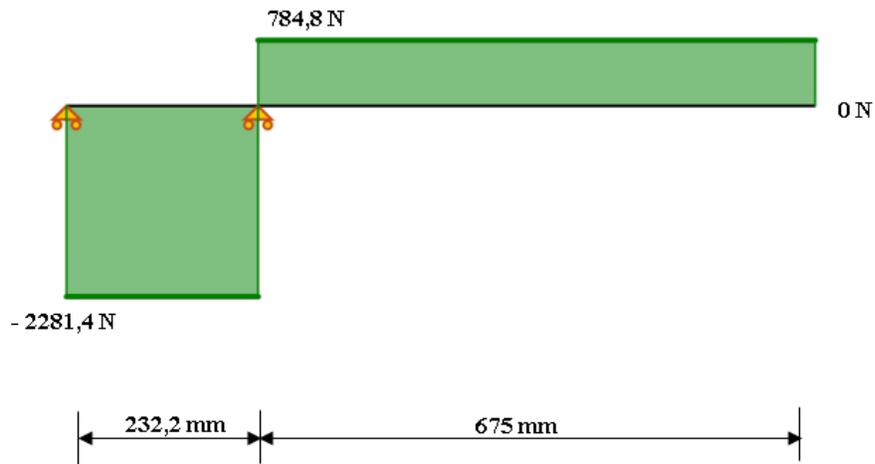


Figura. 34. Diagrama de fuerza cortante del brazo.

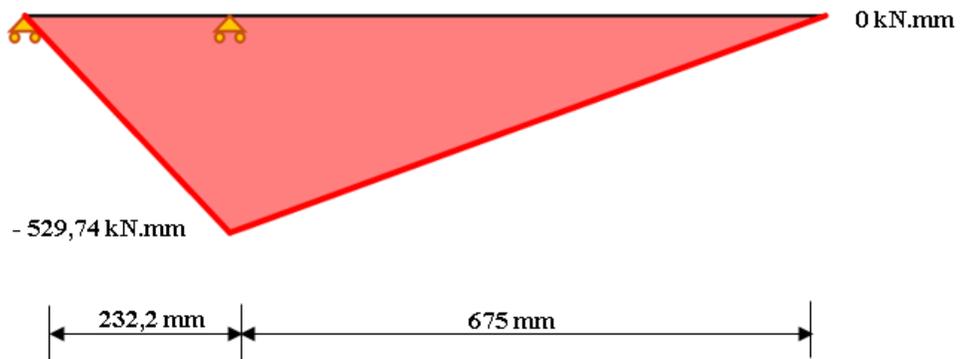


Figura. 35. Diagrama de momento flector del brazo.

Se tomó en consideración la Ecuación 21 de esfuerzo máximo de la cual despejamos el valor del módulo de sección ( $S$ ).

$$\sigma_{max} = \frac{|M_{max}|}{S} \quad (21)$$

$$S_{min} = \frac{529,74 \text{ kN. mm}}{160 \text{ Mpa}}$$

$$S_{min} = 3,31 \text{ cm}^3$$

Con el valor del módulo de sección del brazo calculado y tomando en consideración la disponibilidad en el mercado se seleccionó de las tablas de perfiles del catálogo de DIPAC un perfil rectangular 60x40x2mm.

Tabla 25. Perfiles rectangulares DIPAC [34].

Dimenciones			Eje X-X		Eje Y-Y		(S) Requerido
Alto	Ancho	Espesor	I	S	I	S	$\text{cm}^3$
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	$\text{cm}^4$	$\text{cm}^3$	$\text{cm}^4$	$\text{cm}^3$	
40	60	2	18,08	6,13	9,81	4,9	3,31
40	60	3	25,31	8,44	13,37	6,69	

Se realizó el cálculo de la deflexión en las vigas tomando la Ecuación 13 de deflexión en vigas donde se despejo el valor de momento con respecto de  $x$ .

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

$$EI \frac{d^2y}{dx} = M(x) \quad (22)$$

Para el cálculo del momento  $M(x)$  se seleccionó el siguiente tramo:

$$232,2 \text{ mm} \leq x \leq 907,2 \text{ mm}$$

### Condiciones de frontera para el brazo

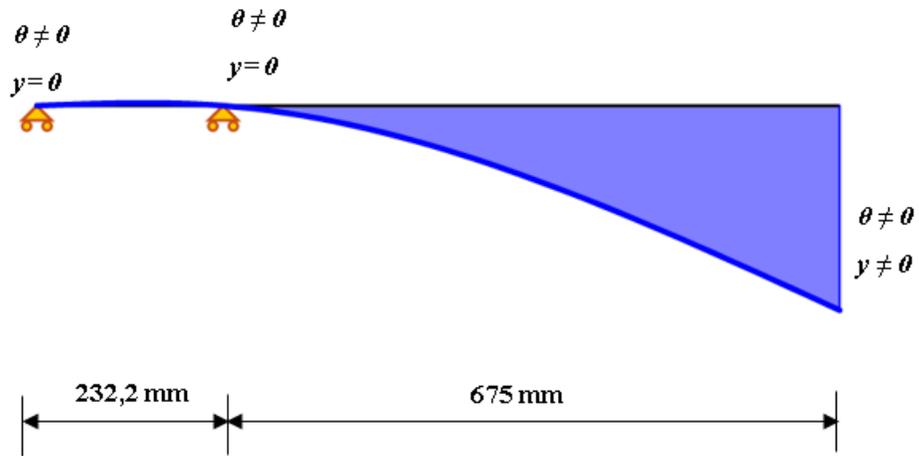


Figura. 36. Condiciones de borde para el brazo.

Cuando:

$$1) x = 0m \quad ; \quad y = 0$$

$$2) x = 0,2322m \quad ; \quad y = 0$$

Se aplicó las funciones de Macaulay para encontrar la ecuación de momento flector:

$$Mo(x) = RB y(x - a) - RA y(x) \quad (23)$$

Se reemplazó la Ecuación 23 en 22, y utilizando el método de la doble integración se encontró la deformación máxima en el extremo de la viga

$$EI \int \frac{d^2y}{dx} = \int (RB y(x - a) - RA y(x)) dx$$

$$EI \int \frac{dy}{dx} = \int \left( \frac{3164,7N}{2} (x - a)^2 - \frac{2379,9N}{2} (x)^2 + C1 \right) dx$$

$$EIy = \frac{3164,7N}{6}(x - a)^3 - \frac{2379,9N}{6}(x)^3 + C1(x) + C2$$

Se aplicó las condiciones de frontera para encontrar las constantes de integración C2 y C1.

$$\langle x - a \rangle^n = \begin{cases} 0 & \text{para } x < a \\ (x - a)^n & \text{para } x \geq a \end{cases}$$

Funciones de Macaulay

$$EIy = \frac{3164,7N}{6}(x - a)^3 - \frac{2379,9N}{6}(x)^3 + C1(x) + C2$$

$$C2 = 0$$

Segunda condición de frontera

$$EIy = \frac{3164,7N}{2}(x - a)^2 - \frac{2379,9N}{2}(x)^2 + C1$$

$$-\frac{2379,9N}{2}(0,1361m)^2 + C1 = 0$$

$$C1 = 64,158$$

Remplazando las constantes de integración se obtuvo la deformación máxima en el extremo de la viga cuando  $x = 0,9072m$

$$EIy = \frac{3164,7N}{6}(x - a)^3 - \frac{2379,9N}{6}(x)^3 + C1(x) + C2$$

$$EIy = \frac{3164,7N}{6} (0,9072m - 0,2322m)^3 - \frac{2379,9N}{6} (0,9072m)^3 + 64,158(0,9072m)$$

$$EIy = -75,733 N.m^3$$

$$y = -\frac{75,733N.m^3}{EI}$$

$$y = -\frac{75,733 N.m^3}{200 \times 10^9 \frac{N}{m^2} (18,08 \times 10^{-8} m^4)}$$

$$y = -2,094 \times 10^{-3} m$$

$$y = -2,094 mm$$

Se comprobó que la deformación no supere la permisible según el Código Internacional de Construcción (IBC 2009) con sus recomendaciones para vigas de acero.

$$\text{Deformación permisible según (IBC)} = \frac{L}{240} \quad (24)$$

Donde:

L: Longitud de la viga

$\delta_{perm}$ : Deformación permisible

$$\delta_{perm} = \frac{907,2mm}{240}$$

$$\delta_{perm} = 3,78mm$$

$$\delta_{perm} \geq 2,094mm$$

Se cumplió que  $(\delta_{perm} \geq y)$  para el brazo por lo tanto, el elemento es aceptable

### 3.2.2. Mástil de la grúa

#### Diagrama de cuerpo libre

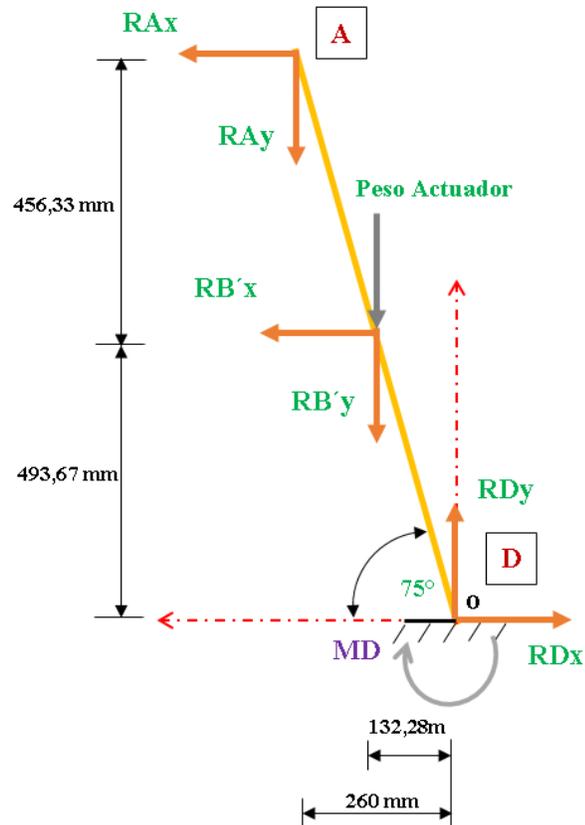


Figura. 37. Diagrama de cuerpo libre del mástil.

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

$$-RA_x - RB'_x + RD_x = 0$$

$$RD_x = 276,875N + 276,875N$$

$$RDx = 553,75N$$

$$+ \uparrow \sum Fy = 0$$

$$-RAy - RB'y + RDy - WA = 0$$

$$RDy = 2379,9N + 3164,7N + 98,1N$$

$$RDy = 5642,7N$$

$$+ \curvearrowright \sum MA = 0$$

$$-RBx(456,33mm) - RB'y(127,72mm) + RDy(260mm) + RDx(950mm) - MD = 0$$

$$MD = -276,875N(456,33mm) - 3164,7N(127,72mm) \\ + 5642,7N(260mm) + 553,75N(950mm)$$

$$MD = 1462622,65N.mm$$

$$MD = 1462,622kN.mm$$

Para el cálculo de la deformación en la columna se tomó en cuenta la deformación en el eje con mayor carga para este caso fue el de las ordenadas, para el cual se realizó los gráficos de fuerza cortante y momento flector mediante el método de áreas.

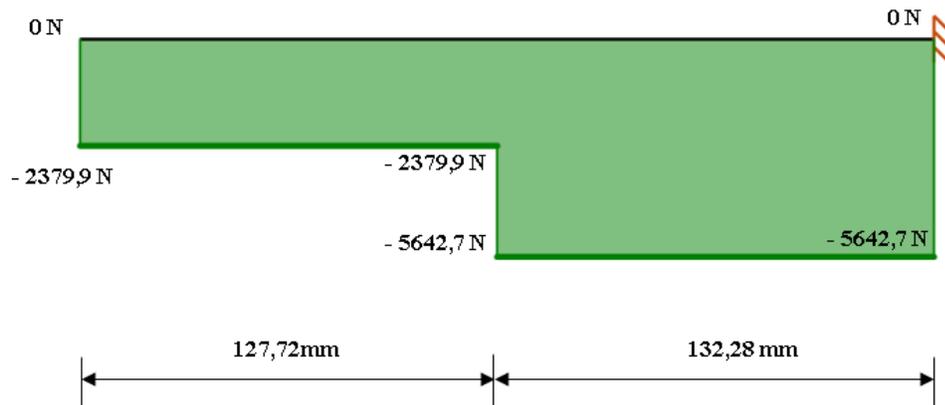


Figura. 38. Diagrama de fuerza cortante del mástil.

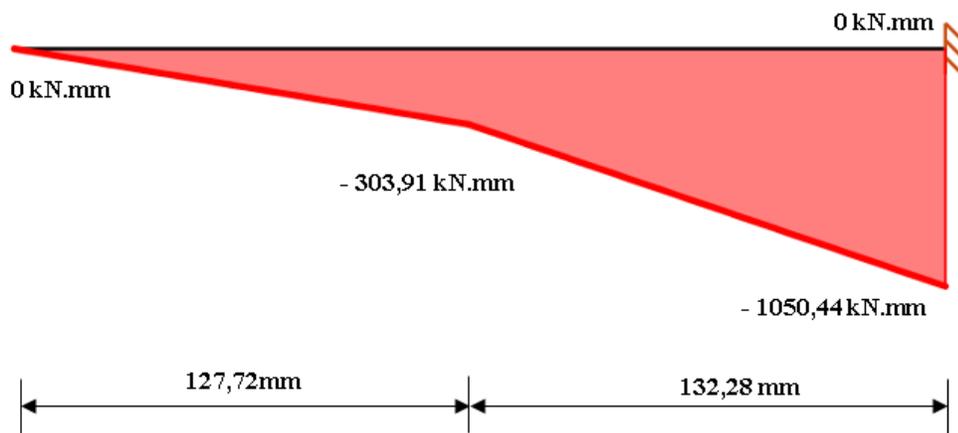


Figura. 39. Diagrama de momento flector del mástil.

Tomando el momento máximo encontrado en los diagramas se calculó el módulo de sección del mástil.

$$\sigma_{max} = \frac{|M_{max}|}{S}$$

$$S_{min} = \frac{1050,44 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}}{160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$S_{min} = 6565,25 \text{ mm}^3$$

$$S_{min} = 6,65 \text{ cm}^3$$

Se seleccionó del catálogo de DIPAC el perfil rectangular de 60x40x3mm para el mástil de la grúa.

Tabla 26. Perfiles rectangulares DIPAC. [34]

Dimensiones			Eje X-X		Eje Y-Y		(S) Requerido
Alto	Ancho	Espesor	I	S	I	S	
mm	mm	mm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
40	60	2	18,08	6,13	9,81	4,9	6,65
40	60	3	25,31	8,44	13,37	6,69	

### Deformación en la columna en el eje “y”

#### Condiciones de frontera

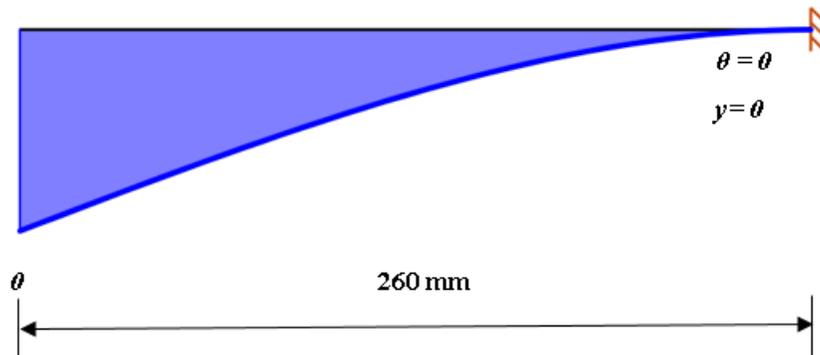


Figura. 40. Condiciones de borde para el mástil.

Cuando:

$$1) x = 0,26m \quad ; \quad \theta = 0$$

$$2) x = 0,26m \quad ; \quad y = 0$$

Se aplicó las funciones de Macaulay para encontrar la ecuación de momento flector:

$$Mo(x) = -RAy(x) - [RB'y + WA](x - a)$$

Remplazando el momento obtenido en la ecuación de la curva elástica y utilizando el método de la doble integración se encontró la deformación máxima en el extremo de la viga:

$$EI \int \frac{d^2y}{dx} = \int (-RAy(x) - [RB'y + WA](x - a)) dx$$

$$EI \int \frac{dy}{dx} = \int \left( -\frac{RAy}{2}(x)^2 - \frac{RB'y + WA}{2}(x - a)^2 + C1 \right) dx$$

$$EIy = -\frac{RAy}{6}(x)^3 - \frac{RB'y + WA}{6}(x - a)^3 + C1(x) + C2$$

Se aplicó las condiciones de frontera para encontrar las constantes de integración C1 y C2

$$-\frac{RAy}{2}(x)^2 - \frac{RB'y + WA}{2}(x - a)^2 + C1 = 0$$

$$C1 = \frac{2379,9N}{2}(0,26m)^2 + \frac{3262,8N}{2}(0,26m - 0,12772m)^2$$

$$C1 = 108,98$$

Segunda condición de frontera

$$EIy = -\frac{RAy}{6}(x)^3 - \frac{RB'y + WA}{6}(x - a)^3 + C1(x) + C2$$

$$C2 = \frac{2379,9N}{6}(0,26m)^3 + \frac{3262,8N}{6}(0,26m - 0,12772m)^3 - 108,98(0,26m)$$

$$C2 = -36,565$$

Remplazando las constantes de integración se encontró la deformación máxima en el extremo de la viga cuando  $x = 0 m$

$$EIy = -\frac{RAy}{6}(x)^3 - \frac{RB'y + WA}{6}(x - a)^3 + C1(x) + C2$$

$$EIy = -\frac{2379,9N}{6}(0m)^3 - \frac{3262,8N}{6}(0m - 0,12772m)^3 + 108,98(0m) - 36,565$$

$$EIy = -36,565N \cdot m^3$$

$$y = -\frac{36,565N \cdot m^3}{EI}$$

$$y = -\frac{36,565N \cdot m^3}{200 \times 10^9 \frac{N}{m^2} (25,31 \times 10^{-8} m^4)}$$

$$y = -7,223 \times 10^{-4} m$$

$$y = -0,722 mm$$

$$\text{Deformación permisible según (IBC)} = \frac{L}{240} \quad (25)$$

$$\delta_{perm} = \frac{260 mm}{240}$$

$$\delta_{perm} = 1,08mm$$

$$\delta_{perm} \geq 0,722mm$$

*El elemento es aceptable.*

### **3.2.2.1. Soldadura del mástil**

Se calculó el tamaño de la garganta del cordón de soldadura y se midió la distancia del pie que fue de 3 mm.

El mástil está sometido a flexión para lo cual se ocupa la siguiente formula:

$$\tau = \frac{Mc}{I} \quad (26)$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante

$M$ : Momento Flector

$I$ : Momento resistente de la garganta

$c$ : Distancia al centroide

Se calculó el momento resistente de la garganta

$$I = 0,707 h \cdot I_u \quad (27)$$

Donde

$h$ : Es la medida del pie de soldadura = 3mm

$I_u$ : Es el momento resistente por unidad

Dependiendo del tipo de la disposición de la soldadura se calcula el momento resistente por unidad.

Para este caso se soldó de la siguiente forma:

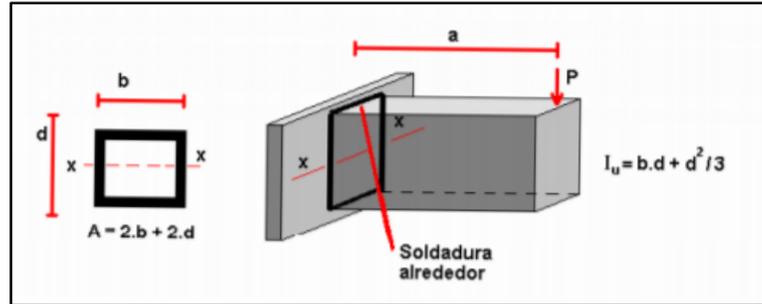


Figura. 41. Disposición de soldadura.

El momento flector produce un esfuerzo normal por flexión en el cordón de soldadura.

Este esfuerzo se calculó mediante:

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{0,707 h \cdot b \cdot d + d^2/3} \quad (28)$$

$$\sigma = \frac{1462,622 \text{ kN} \cdot \text{mm} \cdot 30 \text{ mm}}{0,707 \cdot 3 \cdot 40 \text{ mm} \cdot 60 \text{ mm} + \left[ \frac{(60 \text{ mm})^2}{3} \right]}$$

$$\sigma = 69,754 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Para conocer la resistencia de la soldadura se comparó con la resistencia del material de aporte.

Tabla 27. Resistencia de electrodos . [13]

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Tabla 28 Esfuerzo permisible en soldadura. [13]

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}^{\dagger}$	

\*El factor de seguridad  $n$  se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.

†El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de  $0.40S_y$  del metal base.

Se realizó la soldadura con electrodo 7011.

$$\sigma_{Perm} = 0,3S_{ut}$$

$$\sigma_{Perm} = 0,3(482MPa)$$

$$\sigma_{Perm} = 144,6Mpa$$

$$144,6Mpa \geq 69,75MPa$$

*La junta es aceptable*

### 3.2.3. Base del mástil

#### Diagrama de cuerpo libre.

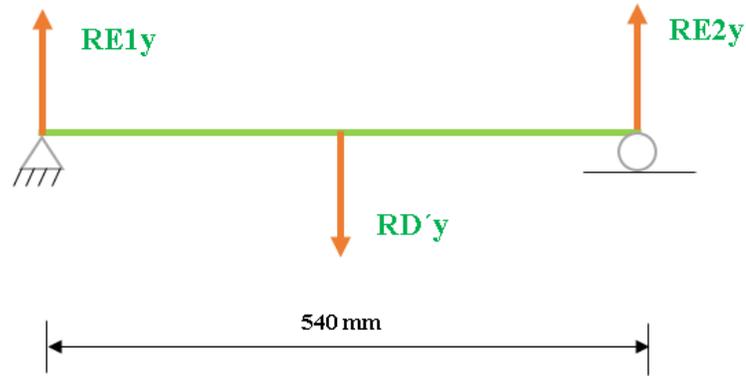


Figura. 42. Diagrama de cuerpo libre base del mástil.

$$+\uparrow \sum Fy = 0$$

$$RE1y + RE2y - RD'y = 0 \quad \therefore RE1y = RE2y$$

$$RE1y = \frac{RD'y}{2}$$

$$RE1y = \frac{5642,7N}{2}$$

$$RE1y = 2821,35N$$

Para encontrar el momento máximo se realizó el diagrama de fuerza cortante y de momento flector, en el cual se encontró el momento máximo para poder calcular el módulo de sección y así seleccionar el perfil que trabaja como base del mástil.

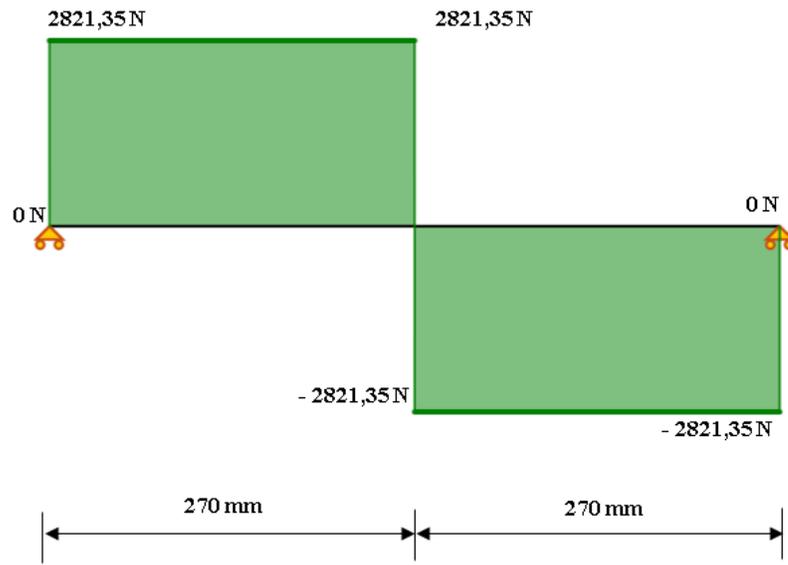


Figura. 43. Diagrama de fuerza cortante base del mástil.

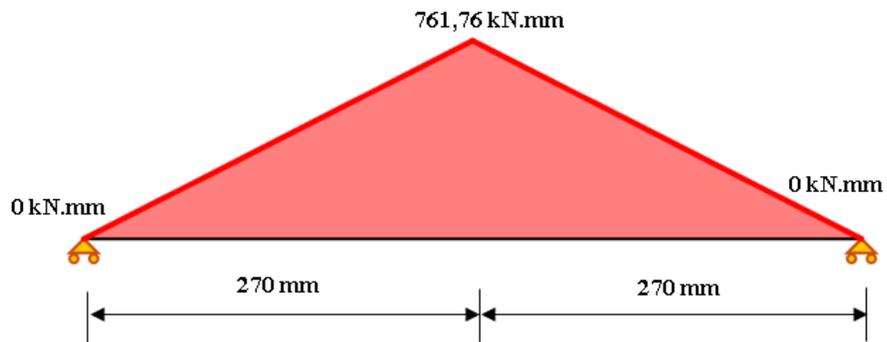


Figura. 44. Diagrama de momento flector base del mástil.

$$S_{min} = \frac{761,76 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}}{160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$S_{min} = 4761,02 \text{ mm}^3$$

$$S_{min} = 4,76 \text{ cm}^3$$

Tabla 29. Perfiles cuadrados DIPAC [34].

Dimensiones			Eje X-X		Eje Y-Y		(S) Requerido
Alto	Ancho	Espesor	I	S	I	S	$cm^3$
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	$cm^4$	$cm^3$	$cm^4$	$cm^3$	
40	40	2	6,93	3,46	6,93	3,46	4,76
40	40	3	10,20	5,10	10,20	5,10	

Se seleccionó el perfil cuadrado 40x3mm del catálogo de DIPAC para el base del mástil

### Deflexión en la base del mástil

Este perfil se comporta como una viga simplemente apoyada en sus extremos por lo que se calculó la deformación máxima con la siguiente ecuación:

$$y_{max} = \frac{5Wl^4}{384EI}$$

$$y_{max} = -\frac{5(5642,7N)(0,54m)^4}{384(200 \times 10^9 Pa)(2,04 \times 10^{-7} m)}$$

$$y_{max} = -1,531 \times 10^{-4} m$$

$$y_{max} = -1,53 mm$$

$$\text{Deformación permisible según (IBC)} = \frac{L}{240}$$

$$\delta_{perm} = \frac{540 mm}{240}$$

$$\delta_{perm} = 2,25 mm$$

$$\delta_{perm} \geq 1,53 mm$$

*El elemento es aceptable*

### 3.2.4. Soporte Inferior

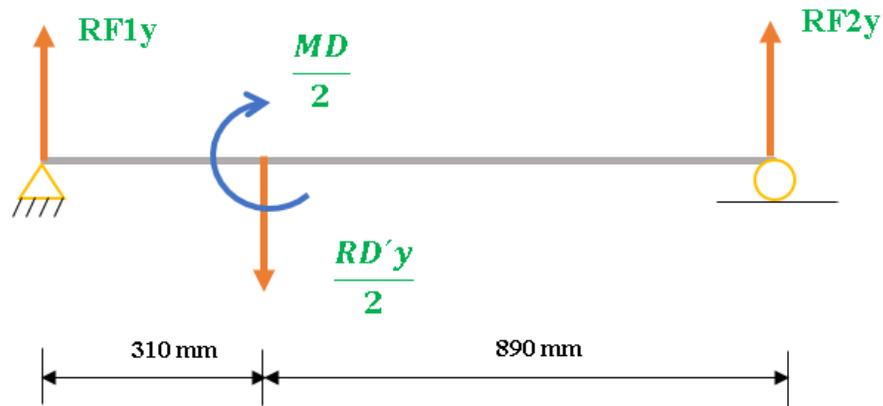


Figura. 45. Diagrama de cuerpo libre soporte inferior.

Se calculó de las reacciones en los apoyos para encontrar las fuerzas internas que actúan en esta parte de la estructura. Se comenzó con el cálculo de momentos y posterior a esto se calculó las fuerzas que actúan perpendicularmente a la viga.

Se tomó en consideración que la reacción  $RD'y = 5642,7 \text{ N}$  se divide entre los dos soportes, así como el momento  $MD = 1462,622 \text{ N}$ .

$$\begin{aligned} & + \curvearrowleft \sum MF1 = 0 \\ & - \frac{RD'y}{2} (310 \text{ mm}) - \frac{MD}{2} + RF2y(1200 \text{ mm}) = 0 \\ & RF2y(1,2 \text{ m}) = \frac{5642,7 \text{ N}}{2} (0,31 \text{ m}) + \frac{1462,622 \text{ N} \cdot \text{m}}{2} \\ & RF2y = \frac{1605,92 \text{ N} \cdot \text{m}}{1,2 \text{ m}} \\ & RF2y = 1338,27 \text{ N} \end{aligned}$$

$$+\uparrow \sum Fy = 0$$

$$RF1y - \frac{RD'y}{2} + RF2y = 0$$

$$RF1y = \frac{RD'y}{2} - RF2y$$

$$RF1y = \frac{5642,7N}{2} - 1338,27N$$

$$RF1y = 1483,08N$$

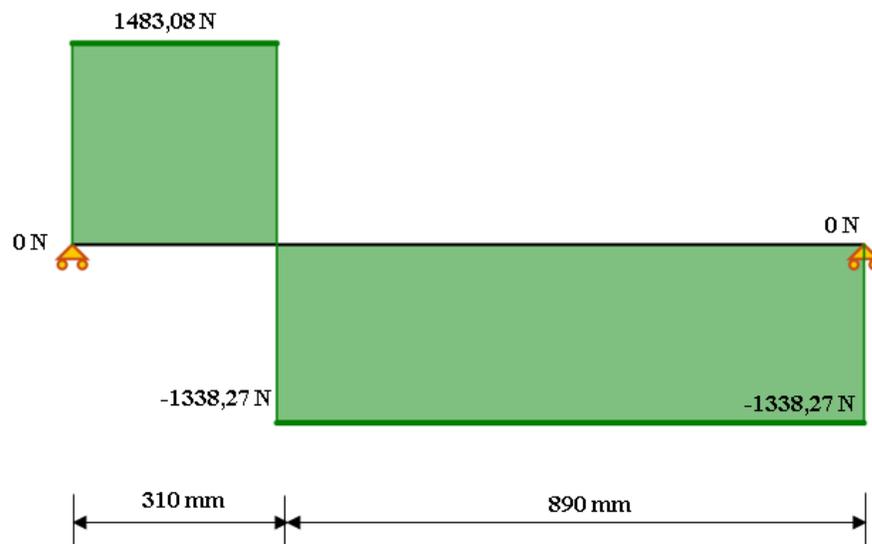


Figura. 46. Diagrama de fuerza cortante soporte inferior.

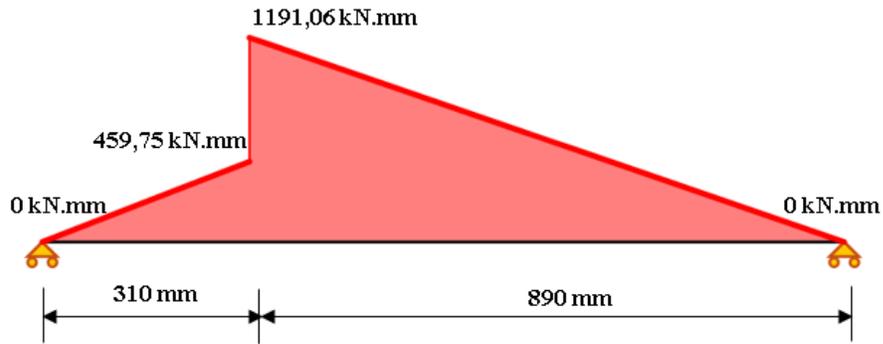


Figura. 47. Diagrama de momento flector soportado inferior.

Utilizando el diagrama de momento flector se encontró el momento máximo y se realizó el cálculo del módulo de sección para escoger un perfil que cumpla con las características y posteriormente se calculó la deflexión en esta viga.

$$S_{min} = \frac{1191,06 \text{ kN} \cdot \text{mm}}{160 \text{ Mpa}}$$

$$S_{min} = 7444,1 \text{ mm}^3$$

$$S_{min} = 7,44 \text{ cm}^3$$

Tabla 30 Perfiles cuadrados DIPAC. [34]

Dimensiones			Eje X-X		Eje Y-Y		(S) Requerido
Alto	Ancho	Espesor	I	S	I	S	
mm	mm	mm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
50	50	2	14,13	5,65	14,13	5,65	7,44
50	50	3	21,20	8,48	21,20	8,48	

Se seleccionó el perfil cuadrado con el valor más aproximado a  $7,44 \text{ cm}^3$  el cual fue el  $50 \times 50 \times 3 \text{ mm}$  que tiene un módulo de sección de  $8,42 \text{ cm}^3$  posteriormente se calculó la deformación del perfil.

### 3.2.5. Deformación en los soportes inferiores.

Para el cálculo de la deformación en los soportes inferiores se aplicó las funciones de Macaulay para cada tipo de carga que se tiene presente en la viga.

$$M(x) = \frac{RD'y}{2}(x - a) + \frac{MD}{2}(x - a)^0 - RF2y(x)$$

Se reemplazó el momento obtenido en la ecuación de la curva elástica, utilizando el método de la doble integración se encontró la deformación máxima en el extremo de la viga.

$$EI \int \frac{d^2y}{dx} = \int \left( \frac{RD'y}{2}(x - a) + \frac{MD}{2}(x - a)^0 - RF2y(x) \right) dx$$

$$EI \int \frac{dy}{dx} = \int \left( \frac{RD'y}{4}(x - a)^2 + \frac{MD}{2}(x - a) - \frac{RF2y}{2}(x)^2 + C1 \right) dx$$

$$EIy = \frac{RD'y}{12}(x - a)^3 + \frac{MD}{4}(x - a)^2 - \frac{RF2y}{6}(x)^3 + C1(x) + C2$$

### Condiciones de frontera del soporte inferior.

Cuando:

- 1)  $x = 0,31 \text{ m}$  ;  $\theta = 0$
- 2)  $x = 1,20 \text{ m}$  ;  $y = 0$

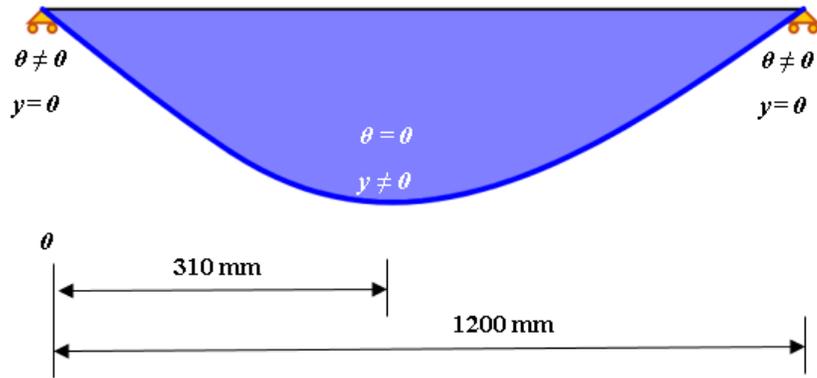


Figura. 48. Condiciones de borde para el soporte inferior.

Se aplicó la primera condición de frontera para encontrar el valor de la constante C1.

$$\frac{RD'y}{4}(x-a)^2 + \frac{MD}{2}(x-a) - \frac{RF2y}{2}(x)^2 + C1 = 0$$

$$- \frac{1473,09N}{2}(0,31m)^2 + C1 = 0$$

$$C1 = 70,782$$

Se aplicó la segunda condición de frontera para encontrar el valor de la constante C2.

$$\frac{RD'y}{12}(x-a)^3 + \frac{MD}{4}(x-a)^2 - \frac{RF2y}{6}(x)^3 + C1(x) + C2 = 0$$

$$\frac{5642,7N}{12}(0,89m)^3 + \frac{1462,22N}{4}(0,89m)^2 - \frac{1338,27N}{6}(1,2m)^3 + 70,782(1,2m) + C2 = 0$$

$$C2 = -246,20$$

La deflexión máxima se encontró a 0,31m desde el extremo tomado como origen del perfil.

$$EIy = \frac{RD'y}{12}(x - a)^3 + \frac{MD}{4}(x - a)^2 - \frac{RF2y}{6}(x)^3 + C1(x) + C2$$

$$EIy = -\frac{1338,27N}{6}(0,31m)^3 + 70,782(0,31m) - 246,20$$

$$EIy = -230,902N \cdot m^4$$

$$y_{max} = \frac{-230,902kN \cdot m^4}{200 \times 10^9 Pa \cdot (21,20 \times 10^{-8} m^4)}$$

$$y_{max} = -5,445m^{-3}$$

$$y_{max} = -5,45mm$$

$$\text{Deformación permisible según (IBC)} = \frac{L}{240}$$

$$\delta_{perm} = \frac{1320mm}{240}$$

$$\delta_{perm} = 5,5mm$$

$$\delta_{perm} \geq 5,5mm$$

*El elemento es aceptable*

### 3.2.6. Cálculo de los pasadores

Se calculó los pasadores con un factor de seguridad de 2,5 ya que se conoce las propiedades del material y el ambiente de trabajo no es abrasivo ni corrosivo. El diseño de pasadores se realizó mediante el esfuerzo cortante doble.

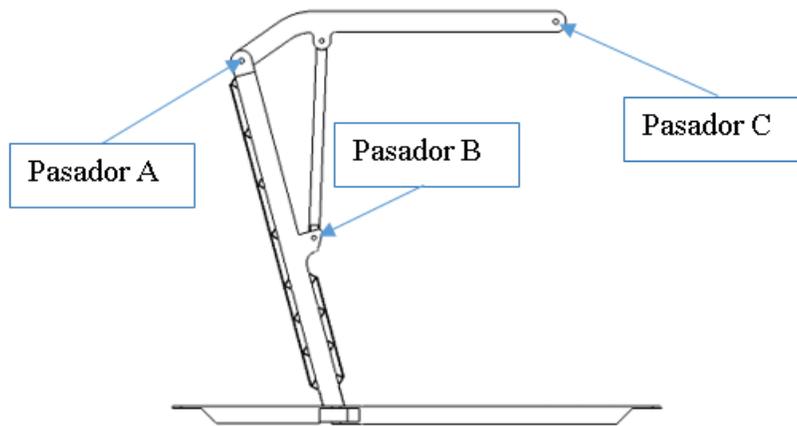


Figura. 49. Ubicación de los pasadores de la grúa.

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante.

$S_{sy}$  = Resistencia a la fluencia en cortante =  $155 \times 10^6 Pa$

$S_y$  = Resistencia a la fluencia =  $310 \times 10^6 Pa$

$n$  = Factor de seguridad para pasadores = 2,5

$A_p$  = Área de la sección trasnversal del pasador

Sabiendo que  $\tau \leq \frac{S_{sy}}{n}$  ; asi como que  $S_{sy} = 0,5 S_y$

$$\tau = \frac{V}{A_p} = \frac{S_{sy}}{n} \quad (29)$$

$$\frac{4V}{\pi \cdot d^2} = \frac{S_{sy}}{n}$$

Por lo tanto, el diámetro requerido para el pasador se obtuvo mediante la expresión:

$$d = 2 \left( \frac{V \cdot n}{\pi \cdot S_{sy}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (30)$$

### Pasador C

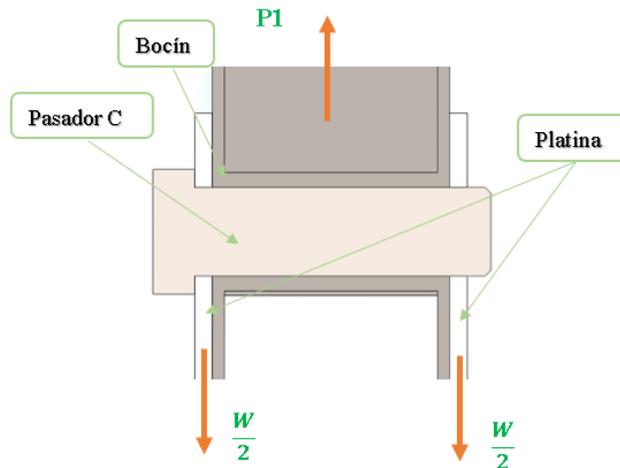


Figura. 50. Diagrama de cuerpo libre pasador C.

### Diagrama de cortante del pasador C

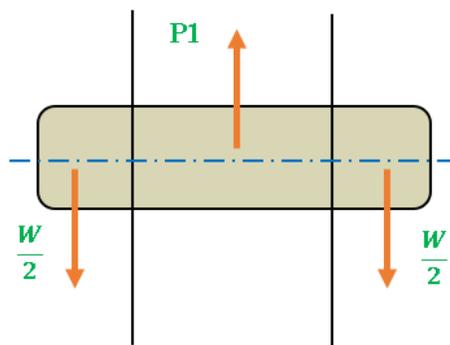


Figura. 51. Diagrama de cortante pasador C.

$$+\uparrow \sum Fy = 0$$

$$P1 - \frac{W}{2} - \frac{W}{2} = 0$$

$$P1 = W$$

El valor de cortante V es igual al de P1

$$V = P1$$

$$V = 784,8N$$

Para el cálculo del diámetro tomamos un factor de seguridad de 2,5 y el  $Sy$ , tiene un valor de 310MPa para el pasador.

$$d_1 = 2 \left( \frac{V \cdot n}{\pi \cdot Ssy} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$d_1 = 2 \left[ \frac{784,8N(2,5)}{\pi \cdot 155 \times 10^6 Pa} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$d_1 = 4,01 \times 10^{-3} m$$

$$d_1 = 4,01 mm$$

Una vez que se obtuvo el diámetro del pasador C se puede calcular el espesor “e” del perfil donde actuara el pasado el cual es una platina de acero A36 con un  $Sy$  de 250MPa.

$$\tau \leq \frac{Ssy}{n}$$

$$\tau = \frac{0,5(250MPa)}{2,5}$$

$$\tau = 50MPa$$

Para encontrar el espesor se despejo de la siguiente ecuación.

$$\tau = \frac{F}{e_1 \cdot d_1} \quad (31)$$

$$\tau = \frac{W/2}{e_1 \cdot d_1}$$

$$e_1 = \frac{W}{2\tau \cdot d_1}$$

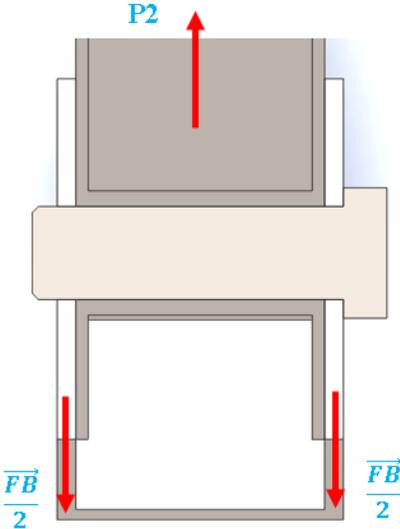
$$e_1 = \frac{784,8N}{2(50x10^6Pa.)(4,01x10^{-3}m)}$$

$$e_1 = 1,957x10^{-3}m$$

$$e_1 = 1,957 \text{ mm}$$

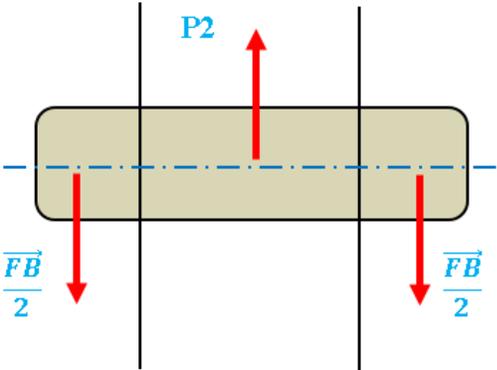
Para este espesor no se seleccionó un perfil ya que este viene definido al adquirir el arnés, solo se usó como referencia el espesor calculado para la selección del mismo.

**Pasador B**



*Figura. 52. Diagrama de cuerpo libre pasador B.*

**Diagrama de cortante del pasador B**



*Figura. 53. Diagrama de cortante pasador B.*

$$+\uparrow \sum Fy = 0$$

$$P2 - \frac{\overrightarrow{FB}}{2} - \frac{\overrightarrow{FB}}{2} = 0$$

$$P2 = \overrightarrow{FB}$$

El valor de cortante V es igual al de P2

$$V = P2$$

$$V = 3176,79N$$

$$d_2 = 2 \left( \frac{V \cdot n}{\pi \cdot Ssy} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$d_2 = 2 \left[ \frac{3176,79N(2,5)}{\pi \cdot 155 \times 10^6 Pa} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$d_2 = 8,077 \times 10^{-3} m$$

$$d_2 = 8,077 mm$$

Una vez que se obtuvo el diámetro del pasador se pudo calcular el espesor “ $e_2$ ” del perfil donde actúa el pasador.

$$e_2 = \frac{\overrightarrow{FB}}{2\tau \cdot d}$$

$$e_2 = \frac{3176,79N}{2(50 \times 10^6 Pa.) (8,077 \times 10^{-3} m)}$$

$$e_2 = 3,933 \times 10^{-3} m$$

$$e_2 = 3,933 \text{ mm}$$

### Pasador A

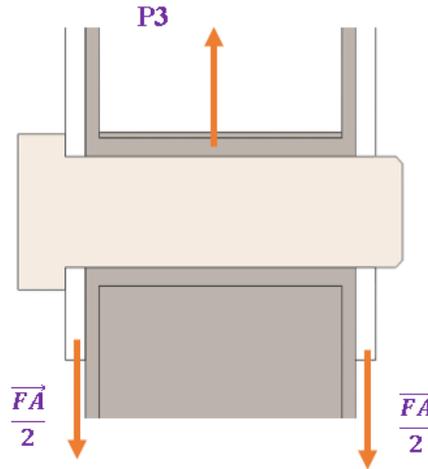


Figura. 54. Diagrama de cuerpo libre pasador A.

### Diagrama de cortante

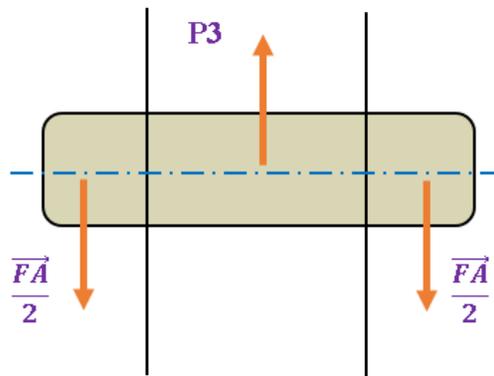


Figura. 55. Diagrama de cortante pasador A

$$+\uparrow \sum Fy = 0$$

$$P3 - \frac{\overrightarrow{FA}}{2} - \frac{\overrightarrow{FA}}{2} = 0$$

$$P3 = \overrightarrow{FA}$$

El valor de cortante V fue igual al de P3

$$V = P3$$

$$V = \overrightarrow{FA}$$

$$V = 2395,95N$$

$$d = 2 \left( \frac{V \cdot n}{\pi \cdot Ssy} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$d = 2 \left[ \frac{2395,95N(2,5)}{\pi \cdot 155 \times 10^6 Pa} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$d = 7,015 \times 10^{-3} m$$

$$d = 7,015 \text{ mm}$$

Una vez que se obtuvo el diámetro del pasador A se pudo calcular el espesor “ $e_3$ ” del perfil donde actuara el pasador.

$$e_3 = \frac{\overrightarrow{FA}}{2\tau \cdot d}$$

$$e_3 = \frac{2395,95N}{2(50 \times 10^6 Pa.) (7,015 \times 10^{-3} m)}$$

$$e_3 = 3,41 \times 10^{-3} m$$

$$e_3 = 3,41 \text{ mm}$$

El caso más crítico fue el espesor  $e_2$  de 3,933mm por lo que se usó ese espesor para las demás platinas, el espesor más aproximado de platina en el mercado es el de 3/16 in o 4,76mm que cumple con el espesor requerido

### 3.2.7. Apertura de soporte inferior

El mecanismo encargado para abrir los soportes inferiores se aprecia en la Figura XX.

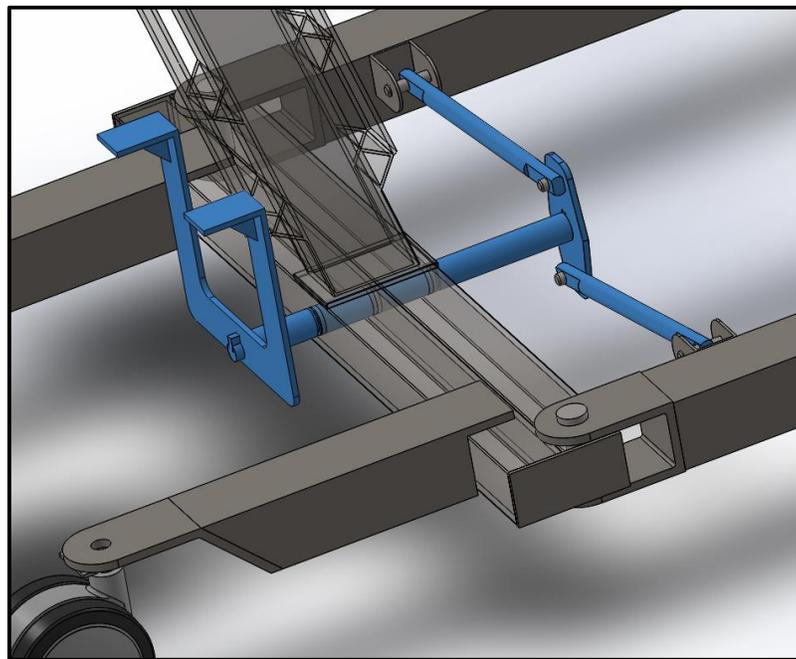


Figura. 56. Ubicación del mecanismo de apertura de soporte inferior.

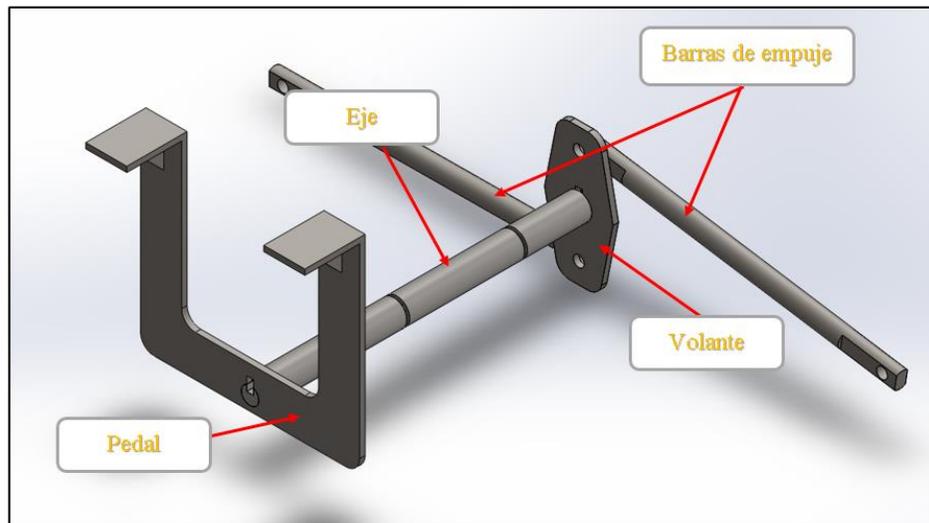


Figura. 57. Partes del mecanismo para abrir el soporte inferior

### 3.2.7.1. Pedal

Se logró conocer el torque que genera el pedal mediante una medición con un dinamómetro de la fuerza que se genera al recargarse sobre el pedal la cual fue en promedio de 343,35N.

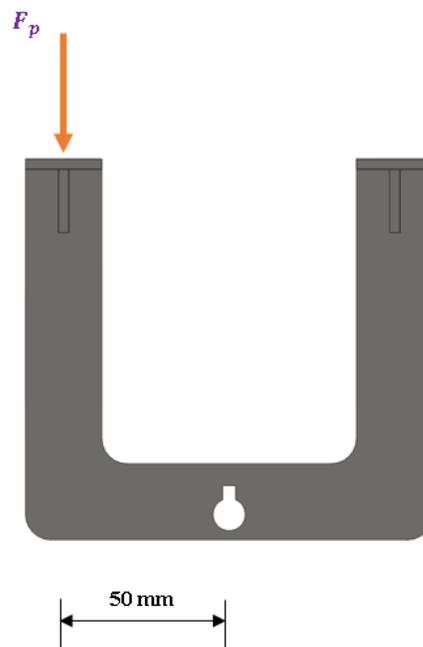


Figura. 58. Pedal.

$$T = F_p \cdot L \quad (32)$$

Donde:

$L$ : Distancia de centros de eje.

$F_p$ : Fuerza aplicada al pedal = 343,35N.

$T$ : Torque.

$$T = 343,35N \cdot 0,05m$$

$$T = 17,168N \cdot m$$

### 3.2.7.2. Eje mecánico.

Se tiene un eje de media pulgada de diámetro en el estrechamiento al que se le aplica un torque de 34,335N.m.



Figura. 59. Eje del pedal.

### Esfuerzo cortante de torsión del eje

$$\tau_{xy} = \frac{T \cdot r}{J} \quad (33)$$

Donde:

$$T: \text{Torque} = 17,168N.m$$

$$r: \text{Radio} = 6,35mm$$

$J$ : Momento polar de inercia (Anexo 9)

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \quad (34)$$

$$J = \frac{\pi \cdot (12,7 \times 10^{-3}m)^4}{32}$$

$$J = 2,5547 \times 10^{-9}m^4$$

Una vez encontrado el momento polar de inercia para el eje se calculó el esfuerzo cortante

$$\tau_{xy} = \frac{T \cdot r}{J}$$

$$\tau_{xy} = \frac{17,168N.m(6,35 \times 10^{-3}m)}{2,5547 \times 10^{-9}m^4}$$

$$\tau_{xy} = 42684087,66Pa$$

$$\tau_{xy} = 42,684Mpa$$

Se aplicó la teoría de esfuerzo permisible de Von Mises.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (35)$$

$$\sigma' = \sqrt{0 + 3(42,684Mpa)^2}$$

$$\sigma' = 73,931Mpa$$

Se calculó un factor de seguridad para determinar si el material es aceptable teniendo en cuenta que el  $S_y$  del acero AISI 1018 es de 415Mpa.

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (36)$$

$$n = \frac{415Mpa}{73,931Mpa}$$

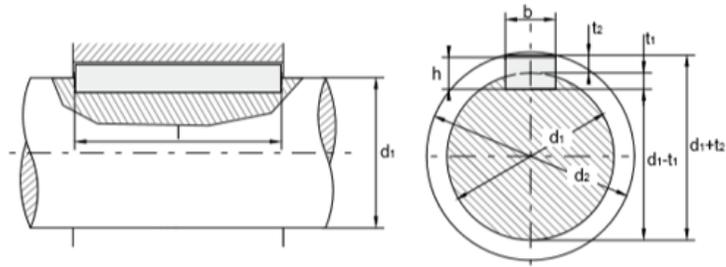
$$n = 5,61$$

*El elemento es aceptable.*

### 3.2.7.3. Selección de chavetera

Para la selección de la chavetera nos vamos a apoyar mediante la norma DIN 6885A [35].

Mediante las medidas del eje de 12,7mm de diámetro entraremos en la tabla de recomendaciones.



b		2	3	4	5	6				
h		2	3	4	3	5	6			
d1	>	6	8	10	12	12	17			
	≤	8	10	12	17	17	22			
Chavetero del eje	b*	asiento fijo P9		2	3	4	5	5	6	6
		asiento ligero N9		2	3	4	5	5	6	6
	t1	con juego en el lomo o aprieto		1,2	1,8	2,5	1,9	3	2,5	3,5
		dif. adm.		+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1
Chavetero del cubo	b*	asiento fijo P9		2	3	4	5	5	6	6
		asiento ligero JS9		2	3	4	5	5	6	6
	t2	con juego en el lomo		1	1,4	1,8	1,2	2,3	1,6	2,8
		dif. adm.		+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1
	con aprieto		0,5	0,9	1,2	0,8	1,7	1,1	2,2	
	dif. adm.		+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	

Figura. 60. Selección de chavetera [35].

Se seleccionó una chavetera y un cubo de 5mm de asiento ligero, ya que las piezas no requieren apriete.

### 3.2.7.4. Volante de giro

Para el análisis de esta parte encontraremos el esfuerzo cortante de torsión para elementos no circulares.

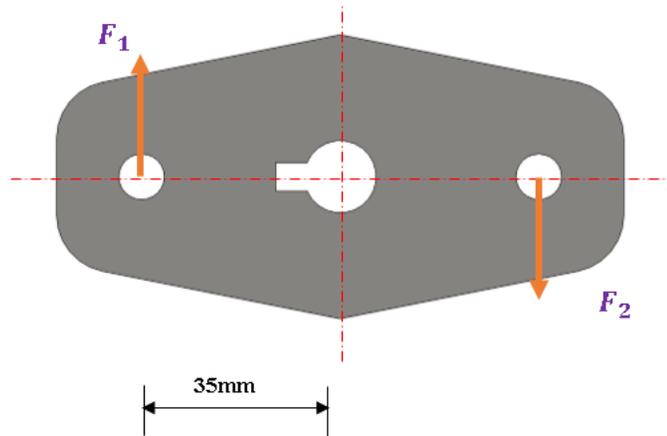


Figura. 61. Volante de giro.

$$\tau_{max} = \frac{T}{C1. a. b^2} \quad (37)$$

Donde:

$a$ : Es el ancho de la cara del elemento.

$b$ : Es el espesor del elemento.

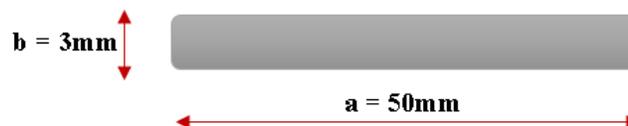


Figura. 62. Dimensiones del volante.

Tabla 31. Contante de torsión [13].

a/b	c1	c2
1.0	0.208	0.1406
1.2	0.219	0.1661
1.5	0.231	0.1958
2.0	0.246	0.229
2.5	0.258	0.249
3.0	0.267	0.263
4.0	0.282	0.281
5.0	0.291	0.291
10.0	0.312	0.312
$\infty$	0.333	0.333

Para este caso se aplicó una platina de 50x3mm por lo tanto el (c1) es igual 0,333

$$\tau_{max} = \frac{17,168N.m}{0,333(50 \times 10^{-3}m)(3 \times 10^{-3}m)^2}$$

$$\tau_{max} = 114567901,2Pa$$

$$\tau_{max} = 114,567MPa$$

$$n = \frac{S_y}{\tau_{max}}$$

$$n = \frac{250 MPa}{114,567 MPa}$$

$$n = 2,182$$

*El elemento es aceptable.*

Se calculó las fuerzas  $F_1$  y  $F_2$  para conocer la fuerza que actúa sobre las barras que empujan a los soportes inferiores

Sabiendo que :  $F_1 = F_2$

$$T = F_1(35 \times 10^{-3} m) + F_2(35 \times 10^{-3} m)$$

$$F_1 = \frac{T}{2(35 \times 10^{-3} m)}$$

$$F_1 = \frac{17,168 N \cdot m}{2(35 \times 10^{-3} m)}$$

$$F_1 = 245,257 N$$

Las barras de empuje se consideraron como elementos cargados axialmente de este modo se encontró la deformación en base a la ley de Hooke.

El valor del área se obtuvo del software con valores de  $94,41 mm^2$  respectivamente.

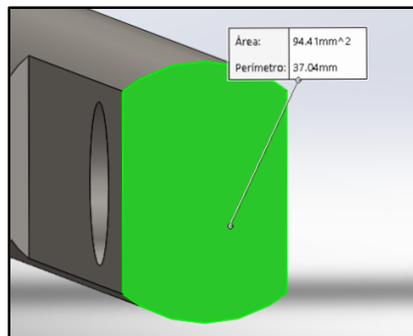


Figura. 63. Sección transversal de la barra de empuje

$$\delta = \frac{F_1 \cdot L}{AE} \quad (38)$$



Figura. 64. Barra de empuje.

$$\delta = \frac{245,257N(0,22m)}{(200 \times 10^9 Pa)(94,41 \times 10^{-4} m^2)}$$

$$\delta = 2,8575 \times 10^{-8} m$$

$$\delta = 2,8575 \times 10^{-5} mm$$

La deformación en este elemento es baja por lo que ese considero aceptable.

### 3.2.8. Resultados obtenidos

Una vez se realizó todos los análisis mediante los diferentes criterios de diseño se estableció la Tabla 32. donde se observa los resultados con los elementos más importantes que componen la grúa.

Tabla 32. Resumen de resultados de la estructura.

Estructura						
Elemento	F. Cortante (kN)	M. Flector (kN.mm)	Perfil estructural (mm)	Deformación (mm)	Def. permisible (mm)	Evaluación
<b>Brazo</b>	-2,28	-529,74	Rectangular 60x40x3	2,09	3,78	Aceptable
<b>Mástil</b>	-5,64	-1050,44	Rectangular 60x40x4	0,722	1,08	Aceptable
<b>Base</b>	2,82	761,76	Cuadrado 40x3	1,53	2,25	Aceptable
<b>Soporte inferior</b>	1,48	1191,06	Cuadrado 50x3	5,45	5,5	Aceptable

Tabla 33. Resumen de resultados articulación soporte inferior.

Articulación del soporte inferior				
Elemento	Sección transversal (mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (MPa)	Factor de seguridad	Evaluación
<b>Eje</b>	126,68	147,84	2,81	Aceptable
<b>Volante</b>	200	525,04	2,06	Aceptable

### 3.3. Centro de masa del dispositivo

Para el cálculo del centro de masa se representó el dispositivo con figuras simples para facilitar el cálculo, para ello también se empleó las siguientes fórmulas.

$$x = \frac{\sum x_i \cdot m}{\sum m} \quad (39)$$

$$y = \frac{\sum y_i \cdot m}{\sum m} \quad (40)$$

$$z = \frac{\sum z_i \cdot m}{\sum m} \quad (41)$$

- 1) Soporte inferior posterior derecho.
- 2) Soporte inferior posterior izquierdo.
- 3) Base del mástil.
- 4) Soporte inferior delantero derecho.
- 5) Soporte inferior delantero izquierdo.
- 6) Mástil.
- 7) Actuador.
- 8) Sección de brazo 1
- 9) Sección de brazo 2

Tomando las medidas de las coordenadas de cada parte y sus masas se generó la siguiente tabla de cálculo.

Tabla 34 Elementos de la estructura con su coordenada y masa.

Elementos	X(mm)	Y(mm)	Z(mm)	m(kg)	X.m(kg.mm)	Y.m(kg.mm)	Z.m(kg.mm)
1	200	25	25	1,9	380	47,5	47,5
2	200	25	445	1,9	380	47,5	845,5
3	430	30	235	4,24	1823,2	127,2	996,4
4	300	25	-35	4,1	1230	102,5	-143,5
5	875	25	505	4,1	3587,5	102,5	2070,5
6	875	470	235	3,8	3325	1786	893
7	375	725	235	5	1875	3625	1175
8	280	1060	235	0,79	221,2	837,4	185,65
9	745	1160,5	235	2,31	1720,95	2680,755	542,85
Σ				28,14	14542,85	9356,355	6612,9

Una vez obtenido los valores se procede a encontrar el centro de masa del dispositivo mecánico.

$$x = \frac{\sum x_i \cdot m}{\sum m}$$

$$x = \frac{14542,8kg \cdot mm}{28,4kg}$$

$$x = 516,80mm$$

$$y = \frac{\sum y_i \cdot m}{\sum m}$$

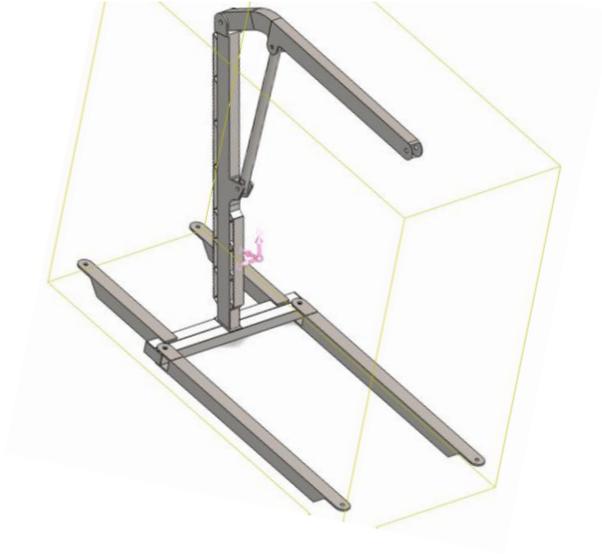
$$y = \frac{9356,355kg \cdot mm}{28,4kg}$$

$$y = 332,49mm$$

$$z = \frac{\sum z_i \cdot m}{\sum m}$$

$$z = \frac{6612,9kg \cdot mm}{28,4kg}$$

$$z = 235mm$$



*Figura. 65. Centro de gravedad estructura grúa geriátrica.*

El centro de gravedad se localizó en ( $x = 516,80 mm$ ;  $y = 332,49 mm$ ;  $z = 235mm$ ) es decir cerca de la base del dispositivo mecánico por lo que se confirma que la máquina es estable.

Se comparó los resultados del cálculo manual con los que nos arroja el software tenemos una variación de 10% de precisión.

### 3.4. Simulación

Para la simulación de los elementos estructurales que componen la grúa geriátrica se utilizó SolidWorks Simulation y se realizó un análisis estático.

Se usó un mallado tipo adaptativo h que creó el software con elementos tetraédricos, para el mallado se ingresó los siguientes parámetros en los cuales se indica el nivel de precisión que se requiere alcanzar con el mallado.

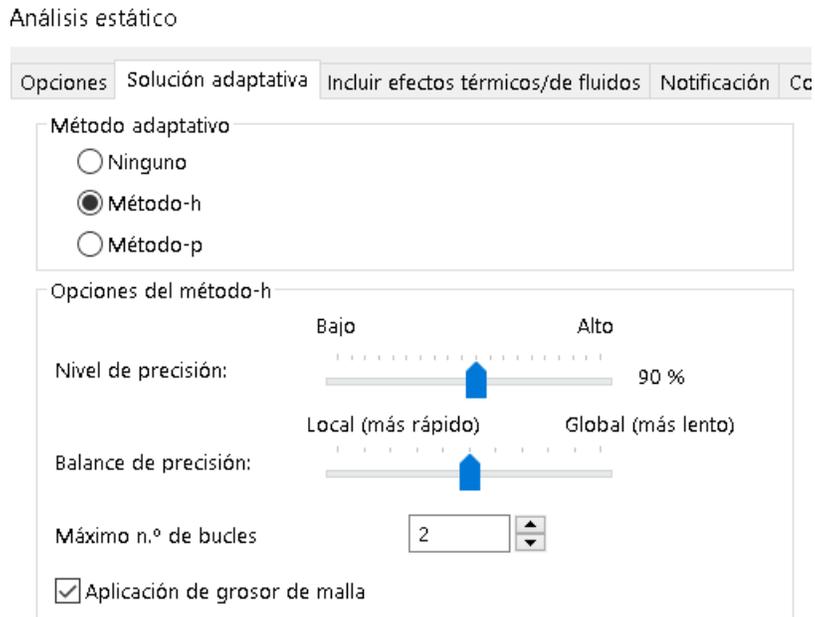
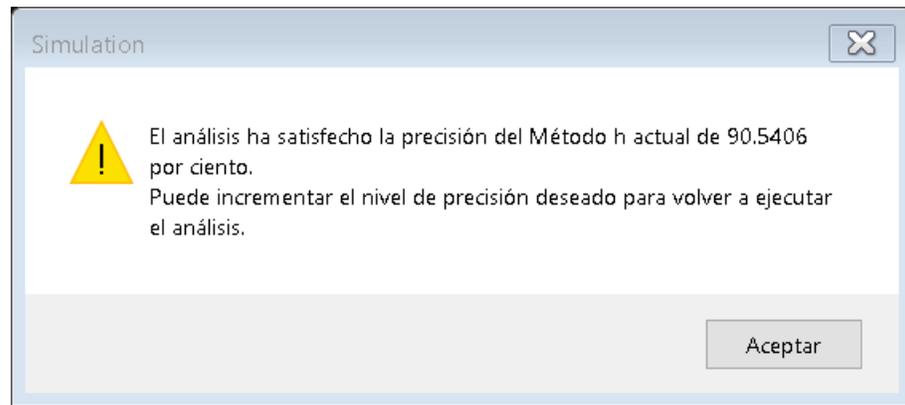


Figura. 66. Parámetros de método de solución estática.

Se aplicó la solución adaptativa Método-h con una precisión del 90%, este método aplico 2 bucles donde mediante soluciones iterativas fue resolviendo el sistema hasta alcanzar la precisión establecida, una vez alcanzado este valor el software dio un mensaje por el cual se supo que el estudio has satisfecho la precisión.



*Figura. 67. Validación de precisión alcanzada.*

### **3.4.1. Condiciones de frontera:**



*Figura. 68. Sistema de referencia para condiciones de borde.*

Se estableció un sistema de coordenadas respecto al cual se aplicaron las condiciones de borde los parámetros que actúan en forma vertical como lo es la carga se las aplicó en el eje Y.

Se colocó una restricción total en los brazos inferiores posteriores contando con 0 grados de libertad, mientras que en los delanteros se colocó una restricción tipo rodillo que le permite tener 3 grados de libertad en los planos X-Z.

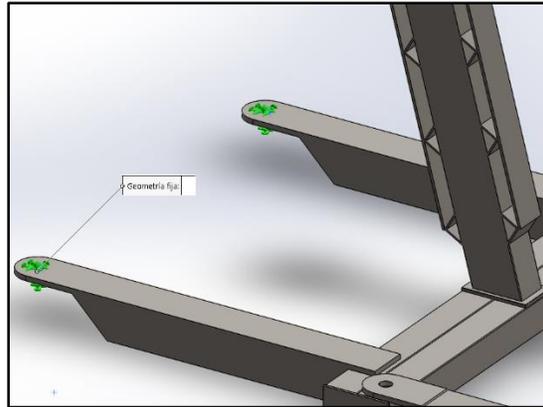


Figura. 69. Restricción total soporte posterior.

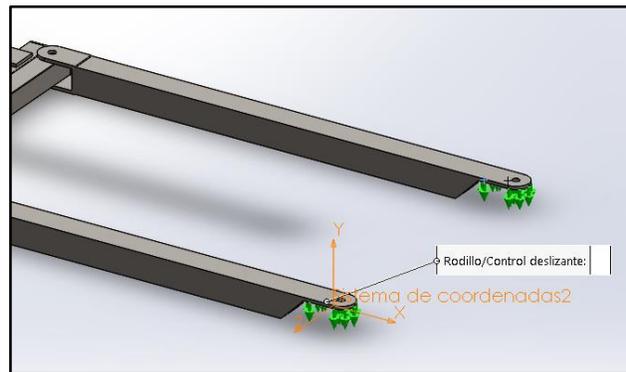


Figura. 70. Restricción tipo rodillo soporte frontal

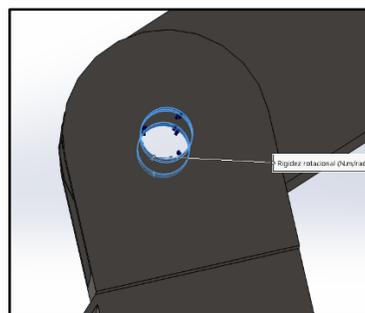
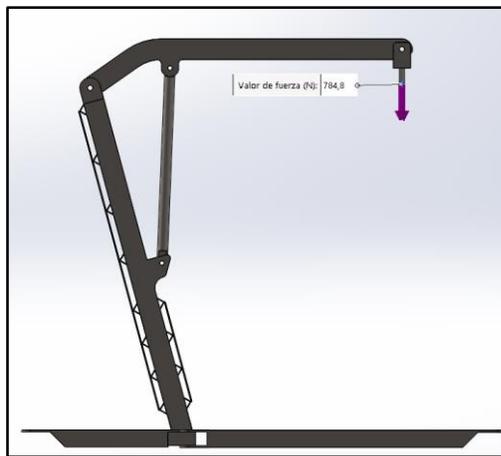


Figura. 71. Restricciones en las articulaciones.

Para las articulaciones se colocó restricciones tipo pasador la cual le da un grado de libertad de rotación en el eje Z.

### 3.4.2. Cargas:

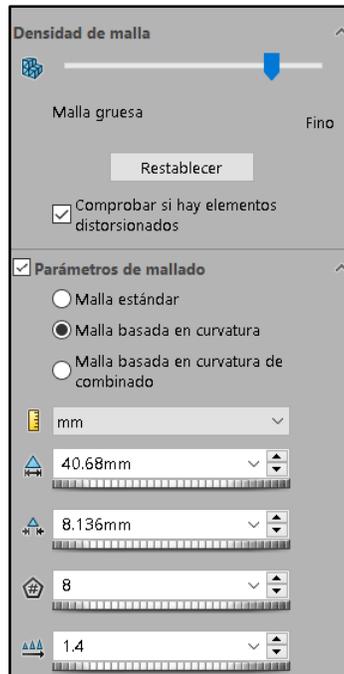
Se aplicó una carga en el extremo de la viga con el valor de  $-784,8\text{ N}$  con respecto al eje Y, esta fuerza actúa en la cara de un perno sujeto a un soporte en el brazo. La fuerza es generada por la masa de  $80\text{ kg}$  del paciente.



*Figura. 72. Aplicación de Carga*

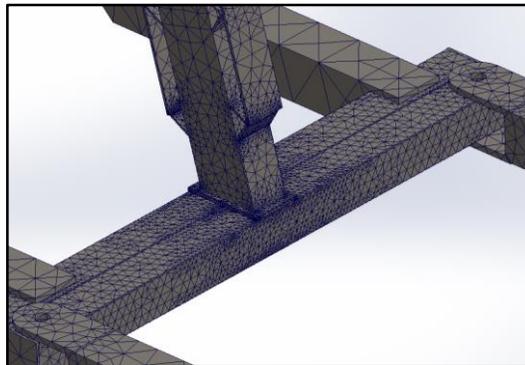
### 3.4.3. Parámetros del mallado

Se usó una malla basada en curvatura de un tamaño aproximado de elementos tetraédricos de  $40,68\text{ mm}$ , debido a las prestaciones que nos brinda el equipo, el software seleccionó el tamaño más conveniente para iniciar el proceso y el que mejor se adapte a la geometría del sólido.



*Figura. 73. Parámetros del mallado.*

Se realizó el mallado inicial y se puede apreciar los refinamientos en las zonas de acumulación de tensiones.



*Figura. 74. Refinamiento de malla.*

### 3.4.4. Análisis de simulación

Tabla 35. Análisis de resultados de simulación 1

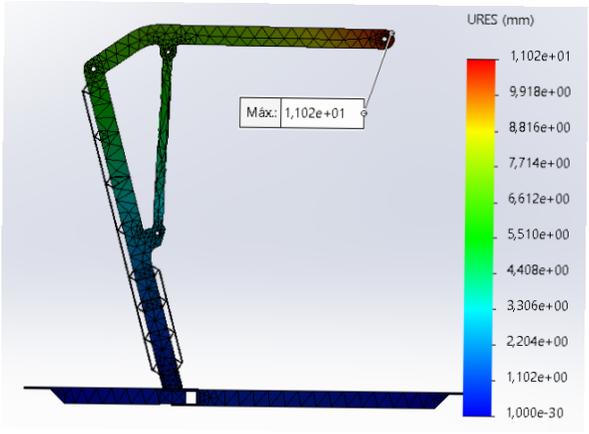
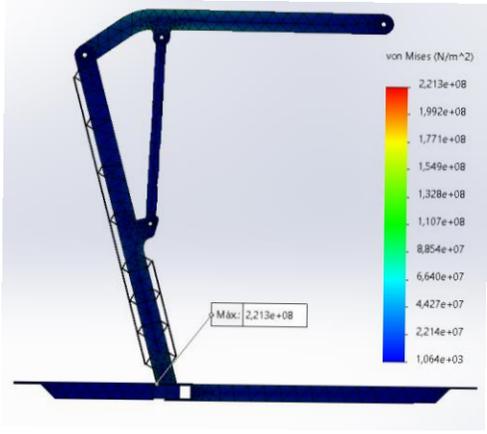
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
N° de simulación:	MEF-01	Equipo:	Grúa geriátrica
Criterio:	Energía de deformación unitaria/ Malla adaptativa h		
Características de la simulación:	Carga:	Geometría:	Tiempo de procesamiento:
	-784,8N	Varias	12 min
N° de nodos :	36076	Tipo de análisis:	Estático
N° de elementos	19941	Nivel de Precisión	90%
Características del ordenador	HP i7 5600U- 2,6GHz	12 Gb RAM	4 núcleos
Realizado por :	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López
<b>Resultados de simulación</b>			
<b>Deformación</b>		<b>Esfuerzo</b>	
			
<p>Los resultados arrojaron valores de 11,02mm en deformación y un esfuerzo de von Mises de 221,3MPa.</p>			

Tabla 36. Análisis de resultados de simulación 2.

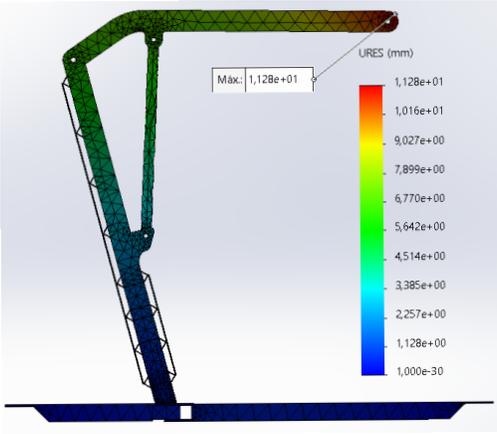
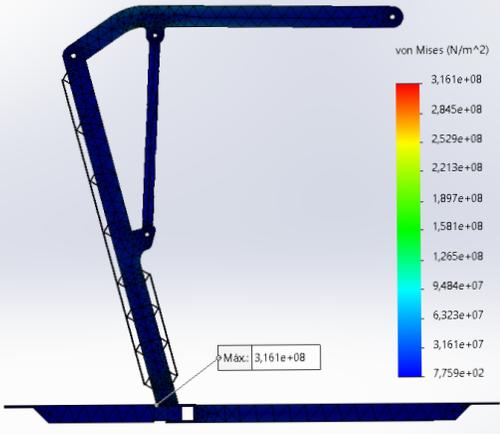
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
N° de simulación:	MEF-02	Equipo:	Grúa geriátrica
Criterio:	Energía de deformación unitaria/ Malla adaptativa h		
Características de la simulación:	Carga:	Geometría:	Tiempo de procesamiento:
	-784,8N	Varias	13 min
N° de nodos :	64765	Tipo de análisis:	Estático
N° de elementos	32501	Nivel de Precisión	90%
Características del ordenador	HP i7 5600U- 2,6GHz	12 Gb RAM	4 núcleos
Realizado por :	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López
<b>Resultados de simulación</b>			
<b>Deformación</b>		<b>Esfuerzo</b>	
			
<p>Los resultados arrojaron valores de 11,28mm en deformación y un esfuerzo de von Mises de 316,1MPa.</p>			

Tabla 37. Análisis de resultados de simulación 3.

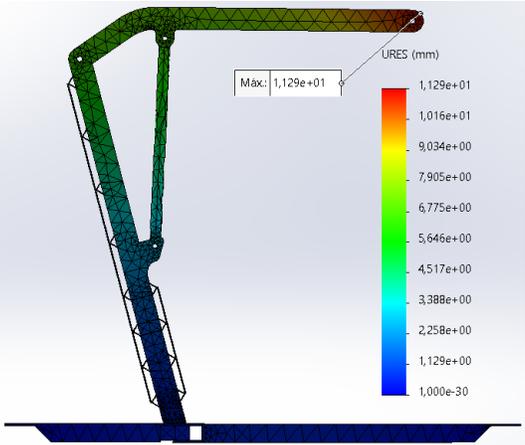
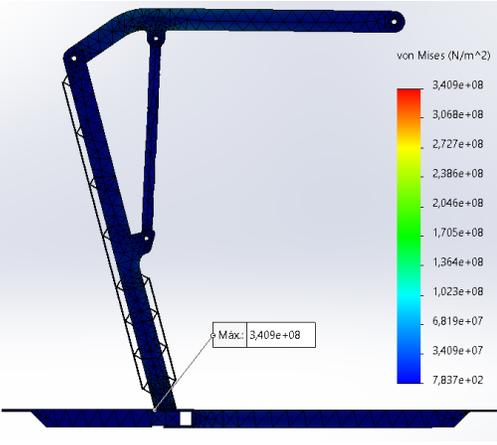
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
N° de simulación:	MEF-03	Equipo:	Grúa geriátrica
Criterio:	Energía de deformación unitaria/ Malla adaptativa h		
Características de la simulación:	Carga:	Geometría:	Tiempo de procesamiento:
	-784,8N	Varias	20 min
N° de nodos :	87432	Tipo de análisis:	Estático
N° de elementos	45604	Nivel de Precisión	90%
Características del ordenador	HP i7 5600U- 2,6GHz	12 Gb RAM	4 núcleos
Realizado por :	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López
<b>Resultados de simulación</b>			
<b>Deformación</b>		<b>Esfuerzo</b>	
			
<p>Los resultados arrojaron valores de 11,29mm en deformación y un esfuerzo de von Mises de 340,9MPa.</p>			

Tabla 38. Análisis de resultados de simulación 4.

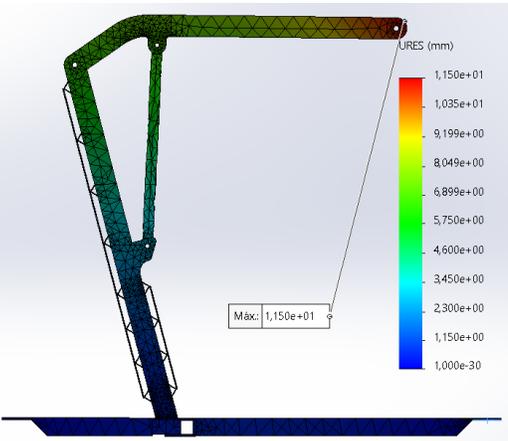
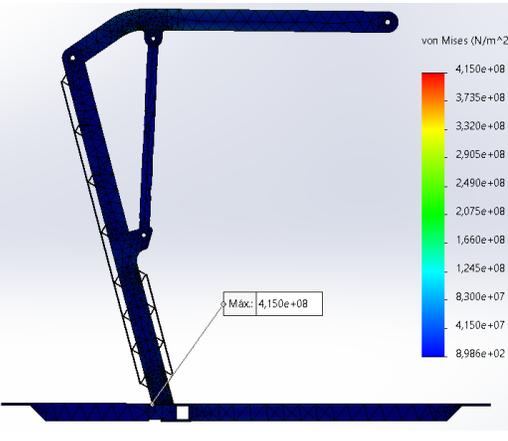
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
N° de simulación:	MEF-04	Equipo:	Grúa geriátrica
Criterio:	Energía de deformación unitaria/ Malla adaptativa h		
Características de la simulación:	Carga:	Geometría:	Tiempo de procesamiento:
	-784,8N	Varias	27 min
N° de nodos :	109290	Tipo de análisis:	Estático
N° de elementos	55876	Nivel de Precisión	90%
Características del ordenador	HP i7 5600U- 2,6GHz	12 Gb RAM	4 núcleos
Realizado por :	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López
<b>Resultados de simulación</b>			
<b>Deformación</b>		<b>Esfuerzo</b>	
			
<p>Los resultados arrojaron valores de 11,5mm en deformación y un esfuerzo de Von Mises de 415MPa.</p>			

Tabla 39. Análisis de resultados de simulación 5.

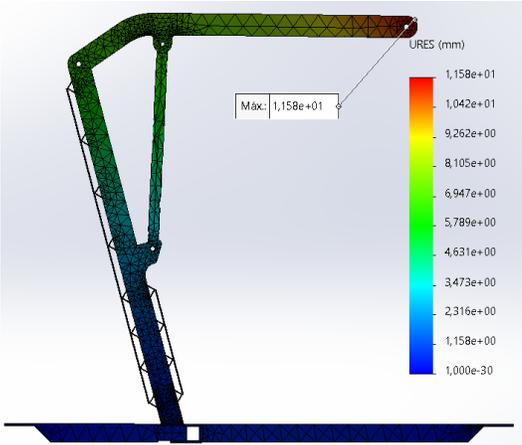
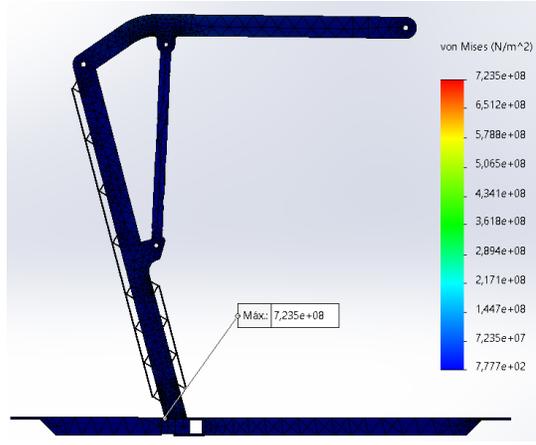
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
N° de simulación:	MEF-05	Equipo:	Grúa geriátrica
Criterio:	Energía de deformación unitaria/ Malla adaptativa h		
Características de la simulación:	Carga:	Geometría:	Tiempo de procesamiento:
	-784,8N	Varias	29 min
N° de nodos :	125684	Tipo de análisis:	Estático
N° de elementos	644553	Nivel de Precisión	90%
Características del ordenador	HP i7 5600U- 2,6GHz	12 Gb RAM	4 núcleos
Realizado por :	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López
<b>Resultados de simulación</b>			
<b>Deformación</b>		<b>Esfuerzo</b>	
			
<p>Los resultados arrojaron valores de 11,58mm en deformación y un esfuerzo de Von Mises de 723,5MPa al alcanzar la convergencia en el mallado.</p>			

Tabla 40. Análisis de resultados de simulación 6.

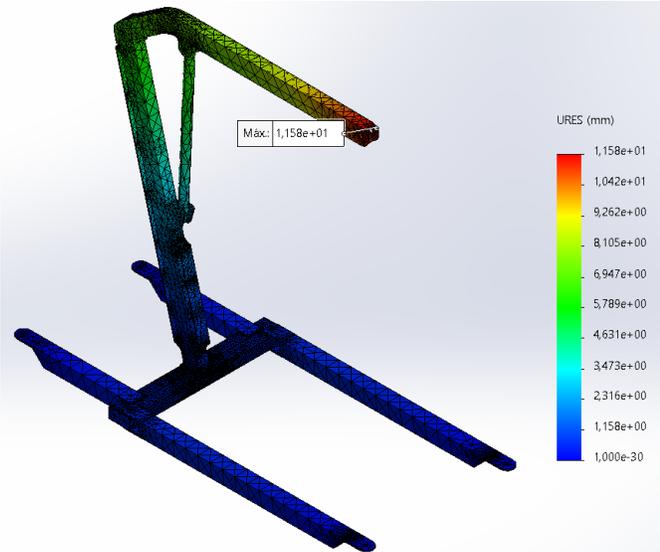
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
N° de simulación:	MEF-06	Equipo:	Grúa geriátrica
Criterio:	Energía de deformación unitaria/ Malla adaptativa h		
Características de la simulación:	Carga:	Geometría:	Tiempo de procesamiento:
	-784,8N	Varias	16 min
N° de nodos :	125684	Tipo de análisis:	Estático
N° de elementos	644553	Nivel de Precisión	90%
Características del ordenador	HP i7 5600U-2,6GHz	12 Gb RAM	4 núcleos
Realizado por :	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López
Resultados de simulación			
Deformación			
			
<p>La estructura presentó una deformación vertical bastante acertada ya que uno de los extremos del brazo se encuentra en voladizo, esta deformación es aceptable ya que no representó ninguna interferencia con otros elementos de la máquina .</p>			

Tabla 41. Análisis de resultados de simulación 7.

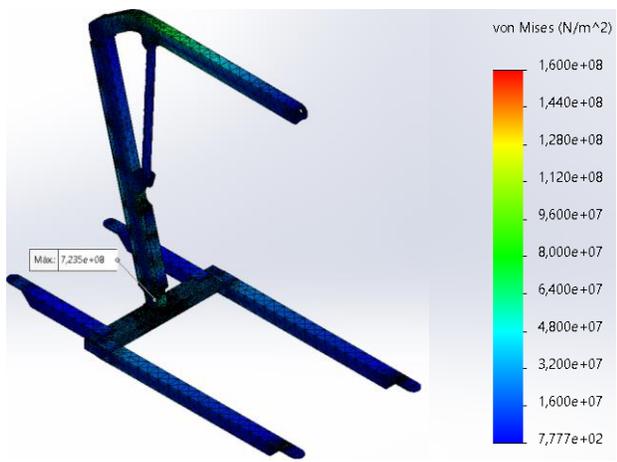
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
N° de simulación:	MEF-07	Equipo:	Grúa geriátrica
Criterio:	Energía de deformación unitaria/ Malla adaptativa h		
Características de la simulación:	Carga:	Geometría:	Tiempo de procesamiento:
	-784,8N	Varias	16 min
N° de nodos :	125684	Tipo de análisis:	Estático
N° de elementos	644553	Nivel de Precisión	90%
Características del ordenador	HP i7 5600U-2,6GHz	12 Gb RAM	4 núcleos
Realizado por :	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López
Resultados de simulación			
Esfuerzo de Von Mises			
			
<p>Se escaló los límites de esfuerzo para apreciar de mejor manera la distribución de esfuerzos dentro de la máquina, de este modo se pudo observar que el esfuerzo máximo se encuentra dentro de la base, así como los esfuerzos que se distribuyen en la estructura están entre 48MPa y 128MPa por lo tanto el comportamiento de la estructura es elástico y los resultados están dentro de los valores calculados manualmente.</p>			

Tabla 42. Análisis de resultados de simulación 8.

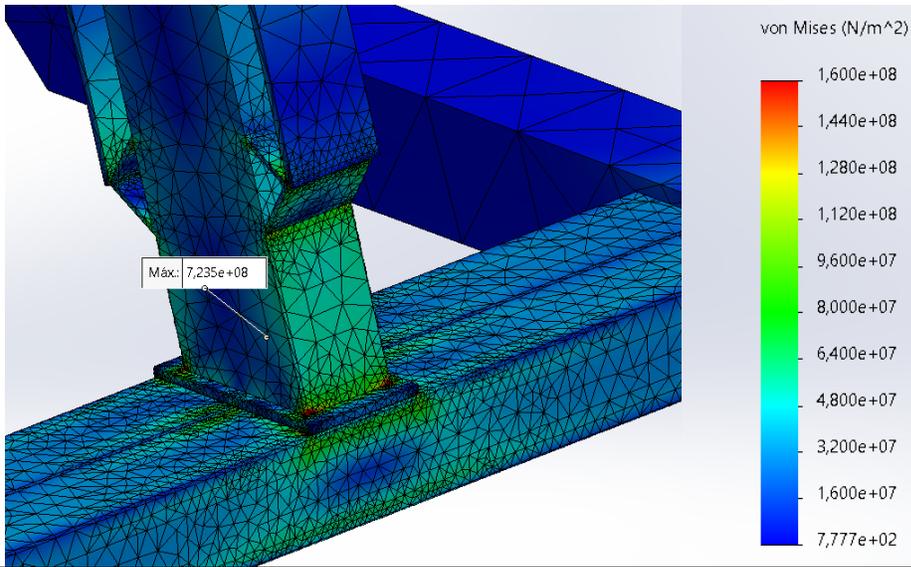
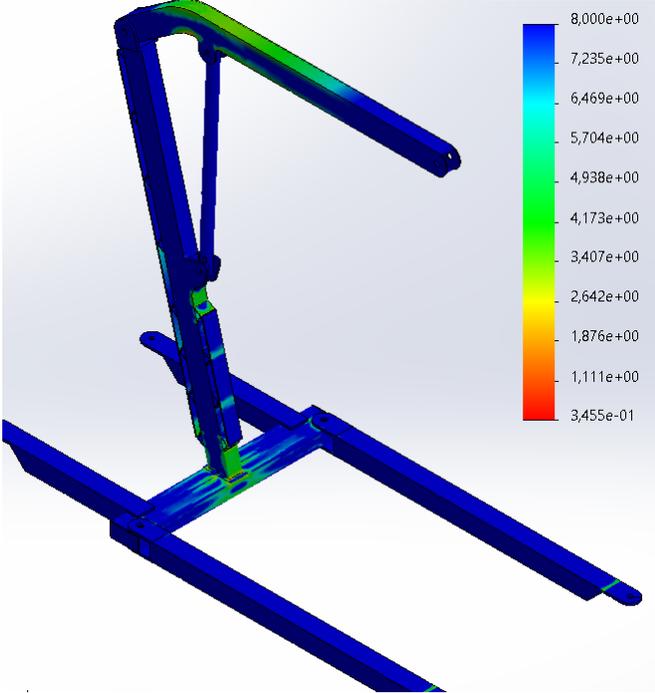
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
N° de simulación:	MEF-08	Equipo:	Grúa geriátrica
Criterio:	Energía de deformación unitaria/ Malla adaptativa h		
Características de la simulación:	Carga:	Geometría:	Tiempo de procesamiento:
	-784,8N	Varias	16 min
N° de nodos :	125684	Tipo de análisis:	Estático
N° de elementos	644553	Nivel de Precisión	90%
Características del ordenador	HP i7 5600U-2,6GHz	12 Gb RAM	4 núcleos
Realizado por :	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López
Resultados de simulación			
Esfuerzo de von Mises			
			
<p>Con un acercamiento a la base se pudo apreciar que la mayor tensión se encontró en un punto infinitesimal por lo que se descartó sin embargo, la apreciación de las tensiones dentro de estas zonas son de interés y permitieron concluir que los esfuerzos dentro del elemento son aceptables ya que se encuentran dentro de su límite elástico de 320MPa.</p>			

Tabla 43. Análisis de resultados de simulación 9.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
N° de simulación:	MEF-09	Equipo:	Grúa geriátrica
Criterio:	Energía de deformación unitaria/ Malla adaptativa h		
Características de la simulación:	Carga:	Geometría:	Tiempo de procesamiento:
	-784,8N	Varias	16 min
N° de nodos :	125684	Tipo de análisis:	Estático
N° de elementos	644553	Nivel de Precisión	90%
Características del ordenador	HP i7 5600U-2,6GHz	12 Gb RAM	4 núcleos
Realizado por :	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López
Resultados de simulación			
Factor de seguridad			
			
Aquí se pudo observar que el factor de seguridad para cada elemento es mayor a 2,6			

### 3.5. Diseño electrónico

Teniendo en consideración las restricciones por la emergencia sanitaria se realizó la adaptación de un actuador lineal eléctrico, con una capacidad de carga de 3 toneladas como lo muestra en su ficha técnica (Anexo 3).

Esta parte del proyecto se dividió en dos partes circuito de control y circuito de potencia.

#### 3.5.1. Circuito de control

Se optó por la placa Arduino nano ya que su lenguaje de programación es sencillo, es una plataforma de hardware libre y consta de un micro procesador reprogramable, además su estructura física pequeña nos dio un ahorro de espacio al momento de colocar los componentes.

El control de los desplazamientos del motor se lo realizó mediante un puente H compuesto por relés para lo cual se optó por un módulo de 4 canales el mismo que se conectó a la placa de arduino mediante cables jumper.

Las señales de entrada se realizaron mediante un switch KCD 3 que tiene tres paciones on/off/on.

Los componentes que integraron el circuito de control son:

- Placa Arduino nano
- Resistencias  $10k\Omega$
- Switch KCD3
- Placa multipunto
- Módulo relé
- Cables jumper

- Cable multipar

### 3.5.2. Circuito de potencia

El encargado de realizar los desplazamientos del actuador es un motor eléctrico de corriente continua con un consumo de 13 A y una potencia de 150W.

Para seleccionar la fuente de poder se sumó todos los consumos de tensión de los elementos del circuito.

Tabla 44. Consumo de circuito de Potencia.

Consumo de corriente	
<b>Motor DC</b>	13A
<b>Ventilador DC</b>	0,5A
<b>Total</b>	13,5A

Se optó por la adquisición de una fuente de poder de 12V 20A disponible en el mercado local.

Para el calibre del alambre se consideró la cantidad de corriente que va a circular por el cable, si se escoge un diámetro bajo podría tener problema de recalentamiento del conductor.

Tabla 45. Selección de calibre de conductor eléctrico. [35]

Amperaje que soportan los cables de cobre				
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable
				Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	
12 AWG	20 A	20 A	20 A	20 AWG
10 AWG	30 A	30 A	30 A	
8 AWG	40 A	50 A	55 A	
6 AWG	55 A	65 A	75 A	18 AWG
4 AWG	70 A	85 A	95 A	
3 AWG	85 A	100 A	115 A	16 AWG

Se seleccionó el cable 14 AWG que trabaja en condiciones normales con 15 A.

Los componentes que integran el circuito de potencia son:

- Fuente de poder 12v 20 A
- Módulo relé
- Ventilador 12v 0,5 A
- Cable flexible N14
- Pulsador Paro de emergencia
- Terminales de cable

### 3.6. Selección de arnés dorso lumbar

Debido a las restricciones generadas por la pandemia se adquirió el único arnés disponible en el mercado de la localidad con una capacidad de carga de 90 kg, se tomaron las siguientes medidas para su construcción.

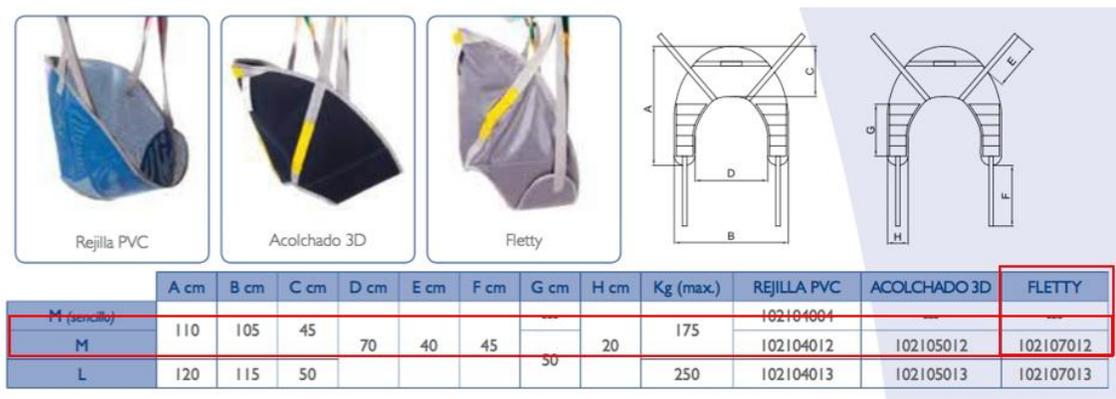


Figura. 75 Arnés dorso lumbar.

### 3.7. Selección de actuador

En la disponibilidad del mercado local solo se logró conseguir un dispositivo que cumpliera con los requerimientos de la máquina esto debido a que las importaciones

se vieron afectadas por la pandemia de Covid -19, se implementó el actuador eléctrico de la marca Náutica las especificaciones de detallan en el Anexo 3.

### 3.8. Selección de garruchas

Para los desplazamientos de la máquina se implementó ruedas que se desempeñaron de forma óptima al soportar el peso de la estructura y el del usuario, para su selección se tomó en cuenta las recomendaciones del catálogo de ruedas AFO [36].

En la Figura 76 se aprecia de forma pictográfica la simbología de las cotas de medidas de las ruedas.

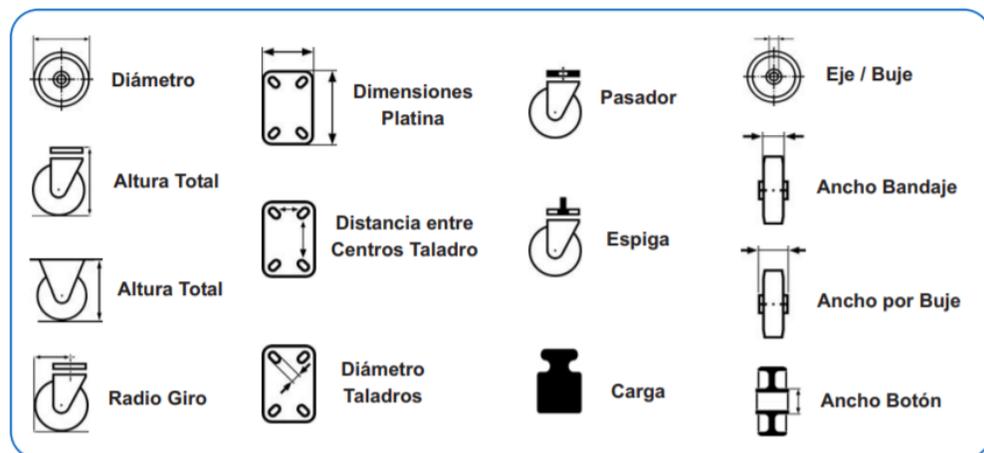


Figura. 76. Simbología de cotas y medida de ruedas. [36]

Del mismo modo en la Figura 77 y 78 se pudo apreciar las claves, siglas y su representación para codificar los diferentes tipos de ruedas.

GN - Goma Negra	PN - Polipropileno Negro	FDA - Freno Doble
GNK - Goma Negra	RB - Poliuretano Rojo	FDP - Freno Doble
GG - Goma Gris	RBN - Poliuretano Rojo	CR - Cojinete a Rodillos
GA - Goma Azul	POL R - Poliuretano Rojo	CB - Cojinete a Bolas
GB - Goma Blanca	POL A - Poliuretano Azul	ER - Espiga Roscada
NYL - Nylon (poliamida)	RF - Resina Fenólica	EH - Espiga Lisa Anilla
NYL N. - Nylon Negro	FV - Fibra de Vidrio	ETP - Espiga Taco Plástico
PBL - Polipropileno Blanco	FA - Freno Simple	MT - Manguito Extensible

Figura. 77. Siglas de las características de las ruedas. [36]

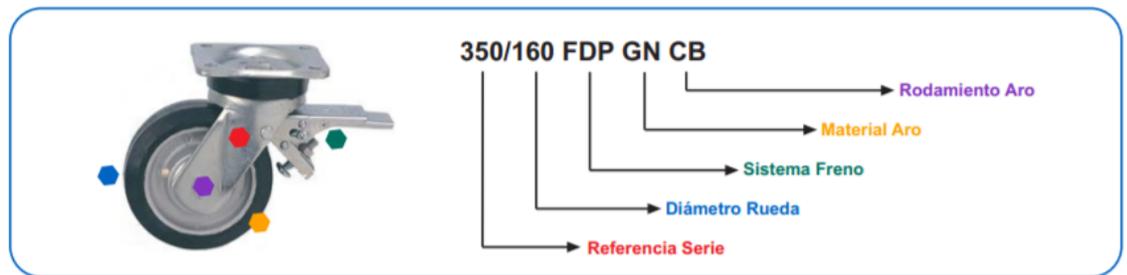


Figura. 78. Interpretación de la descripción de la rueda. [36]

Tomando en consideración el aparato de Ruedas Semi-Industriales para pequeñas cargas entre 60 y 200kg, se seleccionó la rueda de la serie 201/200 giratoria que presenta las siguientes características:

- **Aro:** Bandaje de llanta negra ensamblado sobre llantas metálicas cincadas en blanco brillante.
- **Rodamiento:** Cojinete de rodillos

80X35	108	72	105X80	80X60	9	100	Código	Descripción	P.V.P.
80X35	108	72	105X80	80X60	9	100	90316	201/80 GN CR	
100X35	128	83	105X80	80X60	9	115	90113	201/100 GN CR	
125X38	158	101	105X80	80X60	9	135	30061	201/125 GN CR	
160X40	190	127	135X105	105X80	11	150	29463	201/160 GN CR	

Figura. 79. Características de la rueda. [36]

Para comprobar si la selección de tipo de rueda es aceptable se calculó la capacidad de carga de las ruedas.

Para ello el catalogo AFO brinda una ecuación donde:

A: Capacidad de carga requerida por la rueda.

B: Peso del equipo de transporte = 35kg

C: Carga máxima = 150kg

D: Numero de ruedas = 4

E: Factor de Seguridad = 2

$$A = \frac{B + C}{D} * E \quad (42)$$

$$A = \frac{35kg + 150kg}{4} * 2$$

$$A = 92,5kg$$

La capacidad de carga de las ruedas seleccionadas fue de 100kg por lo tanto la selección es aceptable.

### **3.9. Costos**

#### **3.9.1. Costo de soldadura**

Para el cálculo se seleccionó el tipo de soldadura que se ocupó para este caso fue poseso MIG.

Tomando en cuenta las recomendaciones del catálogo de INDURA [37].

Se determinó la longitud total de los cordones de soldadura y se obtuvo 7,23 metros lineales (m.l.) de cordón.

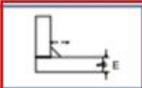
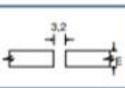
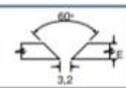
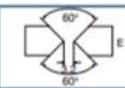
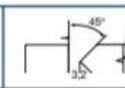
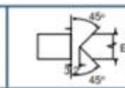
##### **3.9.1.1. Determinación del costo del electrodo**

$$\text{Costo de m. aporte} \frac{\$}{\text{m.l.}} = \frac{Pmd(\text{kg/m.l}) * \text{Valor depocitado}(\$/\text{kg})}{\text{eficiencia depocicion} \%} \quad (43)$$

El peso del material depositado (Pmd), se pudo encontrar en la Tabla 46 tomando en cuenta el espesor del material base y el tipo de junta.

Tabla 46. Metal depositado. [37]

$P_{md} = \text{Área seccional} \times \text{longitud} \times \text{densidad aporte.}$

Unión de soldadura						
Espesor (E) mm	METAL DEPOSITADO (kg/ml) (acero)					
3,2	0,045	0,098				
6,4	0,177	0,190	0,380		0,358	
9,5	0,396		0,638		0,605	
12,5	0,708		1,168		1,066	
16	1,103		1,731		1,707	1,089
19	1,592		2,380	1,049	2,130	1,449
25	2,839		3,987	2,578	3,554	2,322
32				3,768		3,380
37,5				5,193		4,648
51				8,680		7,736
63,5				13,674		11,617
76				18,432		16,253

$$P_{md} = 0,045 \text{ kg/m.l}$$

### 3.9.1.2. Eficiencia de aportación

Para el método MIG de alambre sólido se seleccionó la eficiencia en deposición.

Tabla 47 Eficiencia de aportación. [37]

Proceso	Eficiencia deposición (%)
Electrodo manual	60-70
MIG sólido	90
MIG tubular c/protección	83
MIG tubular s/protección	79
TIG	95
Arco sumergido	98

$$\text{Costo de m. aporte} \frac{\$}{\text{m.l.}} = \frac{0,045(\text{kg/m.l}) * 2,5(\$/\text{kg})}{0,9}$$

$$\text{Costo de m. aporte} = 0,125 \frac{\$}{\text{m.l.}}$$

$$\text{Costo de m. aporte} = 0,125 \frac{\$}{\text{m.l.}} * 7,23 \text{m.l}$$

$$\text{Costo de m. aporte} = \$ 0,91$$

### 3.9.1.3. Costo de mano de obra y gastos generales

$$\text{Costo M. O y G. G} = \frac{Pmd(\text{kg/m.l}) * \text{Valor M. O. y G. G. } (\$/h)}{\text{Velocidad de depocicion (kg/h)} * \text{Factor de operacion \%}} \quad (44)$$

### 3.9.1.4. Valor de mano de obra

En el Ecuador un soldador percibe un salario de \$ 497,73 [38].

Tabla 48. Costo de mano de obra.

COSTO MANO DE OBRA	
Salario soldador	\$ 497,73
Décimo tercero	\$ 41,48
Décimo cuarto	\$ 33,33
Vacaciones	\$ 20,74
Aporte al IEES 11,5%	\$ 55,50
<b>Total mensual</b>	<b>\$ 648,78</b>
<b>Total por hora</b>	<b>\$ 4,05</b>

$$\text{Gastos generales} = \$ 2/h$$

Amperaje de operación de la máquina es 150 A con lo cual se ingresó a la Gráfica-3.

Tabla 49 Factor de operación. [37]

Proceso	Factor de Operación (%)
Electrodo manual	5- 30
MIG sólido	10- 60
MIG tubular	10- 60
TIG	5- 20
Arco sumergido	50-100

Se toma el promedio que es 25%

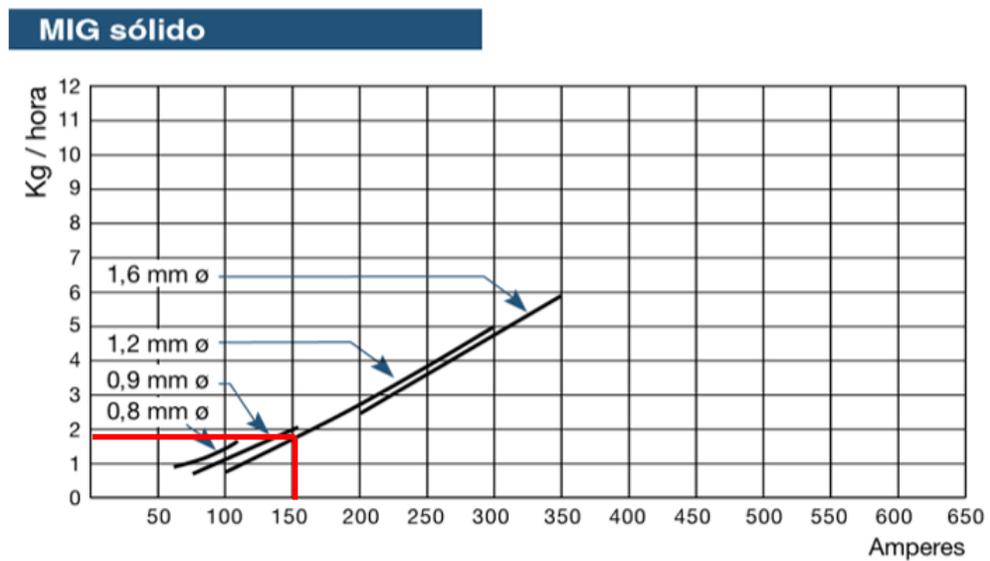


Gráfico 3. Velocidad de alambre para proceso MIG. [37]

Aproximada mente la velocidad del alambre es 1,9 kg/h

$$\text{Costo M.O y G.G} = \frac{0,045(\text{kg/m.l}) * 6,05(\$/\text{h})}{1,9 (\text{kg/h}) * 0,25}$$

$$\text{Costo M.O y G.G} = 0,58(\$/\text{m.l}) * 7,23\text{m.l}$$

$$\text{Costo M.O y G.G} = \$ 4,15$$

### 3.9.1.5. Costo del gas de protección

$$\text{Costo de gas} \frac{\$}{\text{m.l.}} = \frac{\text{Pmd}(\text{kg/m.l.}) * \text{Flujo de gas}(\text{m}^3/\text{h}) * \text{Valor gas}(\$/\text{m}^3)}{\text{Velocidad de depocicion}(\text{kg/h})}$$

Tabla 50 Flujo de gas protector. [37]

Proceso	Flujo gas (m <sup>3</sup> /hr)
MIG sólido	0,8-1,2
MIG tubular	1,0-1,4
TIG	0,5-1,0

Se tomó de igual manera el promedio que es 0,2 m<sup>3</sup>/h.

$$\text{Costo de gas} \frac{\$}{\text{m.l.}} = \frac{0,045(\text{kg/m.l.}) * 0,2(\text{m}^3/\text{h}) * 9,17 (\$/\text{m}^3)}{1,9 (\text{kg/h})}$$

$$\text{Costo de gas} = 0,04343 (\$/\text{m.l.}) * 7,23\text{m.l}$$

$$\text{Costo de gas} = \$ 0,31$$

### 3.9.1.6. Costo eléctrico de soldadura

Según el manual de INDURA [37], para los procesos de unión por fusión mediante soldadura puede considerarse como aproximadamente 4 kWh/kg.

$$\text{Costo electrico} = 4(\text{kWh/kg.}) * \text{Pmd}(\text{kg/m.l.}) * \text{metros lineales} * \text{costo kWh}$$

$$\text{Costo electrico} = 4(\text{kWh/kg.}) * 0,045(\text{kg/m.l.}) * 7,23 \text{ m.l} * 0,12\$/\text{kWh}$$

$$\text{Costo electrico} = \$ 0,16$$

Tabla 51. Costos de soldadura.

Costo total de soldadura	
<b>C. Material de Aporte</b>	\$ 0,91
<b>C. Mano de Obra y G.G.</b>	\$ 4,15
<b>C. Gas protector</b>	\$ 0,31
<b>C. Eléctrico</b>	\$ 0,16
<b>Total</b>	\$ 5,53

### 3.9.2. Costos materiales

Tabla 52 Costos de Materiales.

Artículo	Recursos Materiales			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Final
<b>Tubo estructural rectangular 60x40x3mm</b>	mt	1,90	\$ 4,05	\$ 7,69
<b>Tubo estructural cuadrado 50x50x2mm</b>	mt	3,28	\$ 2,60	\$ 8,54
<b>Platina 50x6mm</b>	mt	1,47	\$ 2,64	\$ 3,88
<b>Tubo estructural redondo 25x1,5mm</b>	mt	0,50	\$ 0,81	\$ 0,40
<b>Angulo 25x25x3mm</b>	mt	0,48	\$ 1,10	\$ 0,53
<b>Platina de 38x3mm</b>	mt	1,20	\$ 0,88	\$ 1,06
<b>Placa 150x100x5mm</b>	U	1,00	\$ 2,20	\$ 2,20
<b>Tubo estructural cuadrado 38x2mm</b>	mt	0,58	\$ 2,21	\$ 1,28
<b>Eje de transmisión AISI 1018 - 3/4"</b>	mt	0,13	\$ 3,96	\$ 0,51
<b>Percha</b>	U	1,00	\$ 88,00	\$ 88,00
<b>Arnés</b>	U	1,00	\$ 96,80	\$ 96,80
<b>Pasadores 1/2"</b>	U	6,00	\$ 0,88	\$ 5,28
<b>Bocines cobre</b>	U	6,00	\$ 2,64	\$ 15,84
<b>Arandelas</b>	U	24,00	\$ 0,18	\$ 4,22
<b>Jack eléctrico Neutica</b>	U	1,00	\$ 227,92	\$ 227,92
<b>Fuente de poder 12V-20A</b>	U	1,00	\$ 22,00	\$ 22,00
<b>Cargador Samsung 5V-2A</b>	U	1,00	\$ 7,04	\$ 7,04
<b>Arduino Nano V 3.0</b>	U	1,00	\$ 9,68	\$ 9,68
<b>Módulo Relé 4 canales</b>	U	1,00	\$ 6,16	\$ 6,16

Recursos Materiales				
Artículo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Final
Placa multipunto	U	1,00	\$ 1,32	\$ 1,32
Resistencia 10K	U	2,00	\$ 0,04	\$ 0,07
Switch KCD3	U	1,00	\$ 0,44	\$ 0,44
Paro de emergencia	U	1,00	\$ 2,20	\$ 2,20
Caja Eléctrica	U	1,00	\$ 12,32	\$ 12,32
Cable Flex 14 AWG	mt	12,00	\$ 0,79	\$ 9,50
Cable Mutipar	mt	1,00	\$ 0,44	\$ 0,44
Cable Jumper	U	10,00	\$ 0,06	\$ 0,55
Ventilador 12V- 0,5 A	U	1,00	\$ 4,26	\$ 4,26
Uni- Primer	lt	1	\$ 4,40	\$ 4,40
Sintético Blanco	lt	1	\$ 4,40	\$ 4,40
Garrucha simple	U	2,00	\$ 10,35	\$ 20,70
Garrucha con freno	U	2,00	\$ 5,5	\$ 11,00
<b>SUB TOTAL</b>				\$ 580,65
<b>I.V.A.</b>				0,12%
<b>TOTAL</b>				\$ 650,33

### 3.9.3. Costo de mano de obra directa

Tabla 53. Mano de obra directa.

MANO DE OBRA DIRECTA	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Torno	\$ 35,00
Fresa	\$ 10,00
Pintura	\$ 20,00
Operador	\$ 250,00
<b>Total</b>	<b>\$ 315,00</b>

### 3.9.4. Costo de mano de obra indirecta

Mano de obra indirecta	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Planos	\$ 40,00
Diseño Mecánico	\$ 20,00
Internet	\$ 20,00
Consumo eléctrico	\$ 20,00
<b>Total</b>	<b>\$ 100,00</b>

### 3.9.5. Costo de transporte

Costos de transporte	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Equipo electrónico	\$ 11,00
Material Estructural	\$ 10,00
Trans. Taller - Lugar de trabajo	\$ 5,00
<b>Total</b>	<b>\$ 26,00</b>

### 3.9.6. Costos varios

Costos Varios	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Aumentación	\$ 30,00
Impresiones	\$ 40,00
<b>Total</b>	<b>\$ 70,00</b>

### 3.9.7. Costo total del proyecto

Costo total del proyecto	
Descripción	Valor
Costos de transporte	\$ 26,00
Mano de obra directa	\$ 315,00
Mano de obra indirecta	\$ 100,00
Costos Varios	\$ 70,00
Recursos Materiales	\$ 604,97
Costo de soldadura	\$ 5,53
<b>Total</b>	<b>\$ 1.121,50</b>

### **3.10. Evaluación de riesgo ergonómico**

En este punto se utilizó el método REBA el cual permitió realizar la evaluación del riesgo por cargas posturales las cuales pueden generar con el tiempo trastornos músculo- esqueléticos.

Para este análisis se realizó el trabajo de trasladar de forma manual a una persona con dependencia funcional para simular el trabajo de los ayudantes de enfermería del CAIAM Patate.

Se realizó la evaluación de esta forma debido a las restricciones que debidas a la pandemia de COVID-19, este trabajo se lo realizó durante 2 meses seguidos para tener una referencia más clara de cuáles son las posturas que representan una mayor carga postural y de este modo poder evaluarlas.

Para la medición de los ángulos se ocupó un software libre de ergonautas llamado RULER [39].

#### **3.10.1. Identificación de posturas**

Se tomó en consideración 5 posturas para la evaluación en las cuales a criterio del evaluador son las más críticas que realiza el ayudante de enfermería al momento de efectuar el traslado de una persona mediante la manipulación manual de pacientes.

Tabla 54. Identificación de posiciones

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
EVALUACIÓN DE RIESGO			
Método:	REBA	Enfoque de evaluación:	Cargas posturales
Área:	Ergonomía	Nº de posturas:	5
Tipo de Trastorno:	Músculo-esquelético	Elemento auxiliar:	N/A
Actividad:	Manipulación manual de pacientes (Traslado Cama - Silla de ruedas)		
POSTURAS A EVALUAR			
Postura 1		Postura 2	
			
Postura 4		Postura 5	
			
Realizado por :	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López

- **Postura 1:** Se ayudó al paciente a sentarse en la cama donde permanece recostado.
- **Postura 2:** Se sujetó las piernas y la espalda del paciente para realizar el levantamiento.
- **Postura 3:** Se elevó al paciente tomando un punto de apoyo en la cama y otro en el suelo.
- **Postura 4:** Se tomó una postura erguida mientras sujetamos al paciente.
- **Postura 5:** Se colocó al paciente en la silla de ruedas de forma lenta para evitar movimientos bruscos que ocasionen malestar o golpes a los pacientes.

### **3.10.2. Aplicación del método**

Una vez se identificó las posturas se dividió el cuerpo en dos grupos según recomienda el método REBA.

#### **Grupo A:**

- Tronco
- Cuello
- Piernas

#### **Grupo B:**

- Brazo
- Antebrazo
- Muñecas



Figura. 80. Grupos de miembros en método REBA. [39]

Para poder realizar la evaluación el método nos brinda unas tablas de puntuación que dependiendo la postura que adopte la persona evaluada nos dará un valor asignado:

Tabla 55. Puntuación del tronco. [39]

Posición	Puntuación
<b>Tronco erguido</b>	1
<b>Flexión o extensión entre 0° y 20°</b>	2
<b>Flexión &gt;20° y ≤60° o extinción &gt;20°</b>	3
<b>Flexión &gt;60°</b>	4

Tabla 56. Puntuación de cuello. [39]

Posición	Puntuación
<b>Flexión entre 0° y 20°</b>	1
<b>Flexión &gt;20° o extinción</b>	2

Tabla 57. Puntuación de piernas. [39]

Posición	Puntuación
<b>Sentado, andando o de pie con soporte bilateral simétrico.</b>	1
<b>De pie con soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable.</b>	2

Tabla 58. Incremento en la puntuación de piernas. [39]

Posición	Puntuación
<b>Flexión de una o ambas rodillas entre 30° y 60°</b>	+1
<b>Flexión de una o ambas rodillas de más de 60° (salvo postura sedente )</b>	+2

Tabla 59. Puntuación de brazo. [39]

Posición	Puntuación
<b>Desde 20° de extensión a 20° de flexión</b>	1
<b>Extensión &gt;20° o flexión &gt;20° y &lt; 45°</b>	2
<b>Flexión &gt;45° y 90°</b>	3
<b>Flexión &gt;90°</b>	4

Tabla 60. Modificación de puntuación de brazo. [39]

Posición	Puntuación
<b>Brazo abducido o brazo rotado</b>	+1
<b>Hombro elevado</b>	+1
<b>Existe un punto de apoyo o la postura a favor de la gravedad</b>	-1

Tabla 61. Puntuación de antebrazo. [39]

Posición	Puntuación
<b>Flexión entre 60° y 100°</b>	1
<b>Flexión &lt;60° o &gt;100°</b>	2

Tabla 62. Puntuación de muñeca. [39]

Posición	Puntuación
<b>Posición neutra</b>	1
<b>Flexión o extensión &gt; 0° y &lt; 15°</b>	1
<b>Flexión o extensión &gt; 15°</b>	2

Tabla 63. Evaluación de postura más crítica

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
EVALUACIÓN DE RIESGO ERGONÓMICO					
Método:	REBA	Enfoque de evaluación:	Cargas posturales		
Área:	Ergonomía	Postura:	5		
Tipo de Trastorno:	Musculo-esquelético	Elemento auxiliar:	N/A		
Actividad:	Colocación en la silla de ruedas.				
Puntuación Grupo A y B					
Tronco:	4	Cuello:	2	Piernas:	2
					
Brazo:	3	Antebrazo:	1	Muñeca:	3
					
Realizado por:	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López		

Tabla 64. Puntuación Grupo A. [39]

	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
Tronco	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tabla 65. Puntuación Grupo B. [39]

	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
Tronco	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Una vez se encontró la valoración para los grupos A y B se realizó una modificación en la cual se tomó en consideración aspectos como la carga que sostiene la persona evaluada, el tipo de agarre y si existen fuerzas o cargas bruscas.

Tabla 66. Incremento de puntuación grupo A. [39]

Carga o fuerza	Puntuación
Carga o fuerza menor de 5Kg	0
Carga o fuerza entre 5Kg y 10kg	+1
Carga o fuerza mayor de 10Kg	+2

Tabla 67. Incremento de puntuación grupo B. [39]

Calidad de agarre	Descripción	Puntuación
<b>Bueno</b>	El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio	0
<b>Regular</b>	El agarre es aceptable pero no ideal el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo	+1
<b>Malo</b>	El agarre es posible pero no aceptable	+2
<b>Inaceptable</b>	El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo	+3

Tabla 68. Valoración total.

Valoración			
Puntuación por grupos		Modificación	Valor
<b>Grupo A</b>	6	+2	8
<b>Grupo B</b>	5	+1	7

Una vez se encontró los valores por cada grupo se ingresó a la Tabla 69. de puntuación final, el valor obtenido en dicha tabla nos permitió conocer el nivel de riesgo al que está expuesta la persona evaluada y el tipo de procedimiento a realizar.

Tabla 69. Puntuación final. [39]

	Puntuación B							
Puntuación A	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	2	3	3	4	5
2	1	2	2	3	4	4	5	6
3	2	3	3	3	4	5	6	7
4	3	4	4	4	5	6	7	8
5	4	4	4	5	6	7	8	8
6	6	6	6	7	8	8	9	9
7	7	7	7	8	9	9	9	10
8	8	8	8	9	10	10	10	10
9	9	9	9	10	10	10	11	11

Con el valor de 10 puntos se ingresó a la tabla de nivel de actuación.

Tabla 70. Nivel de actuación. [39]

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
<b>1</b>	<b>0</b>	Inapreciable	No es necesaria la actuación.
<b>2 o 3</b>	<b>1</b>	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
<b>4 a 7</b>	<b>2</b>	Medio	Es necesaria la actuación.
<b>8 a 10</b>	<b>3</b>	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
<b>11 a 15</b>	<b>4</b>	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Se realizó el mismo proceso para cada una de las posturas a fin de obtener el nivel de riesgo del puesto de trabajo.

Tabla 71. Puntuación Grupo A de todas las posturas.

	Grupo A			Puntuación
	Tronco	Cuello	Piernas	
<b>Postura 1</b>	4	2	4	8
<b>Postura 2</b>	4	1	4	7
<b>Postura 3</b>	2	1	4	5
<b>Postura 4</b>	2	1	2	3
<b>Postura 5</b>	4	2	2	6

Tabla 72. Puntuación Grupo B de todas las posturas.

	Grupo B			Puntuación
	Brazo	Antebrazo	Muñeca	
<b>Postura 1</b>	3	1	3	5
<b>Postura 2</b>	3	1	3	5
<b>Postura 3</b>	2	1	3	3
<b>Postura 4</b>	2	1	3	3
<b>Postura 5</b>	3	1	3	5

Se modificó los valores de los grupos tomando en consideración la carga y el tipo de agarre.

Tabla 73. Modificación de puntuación por grupos.

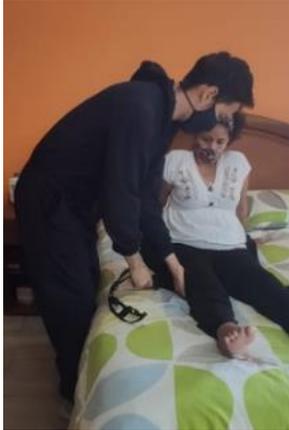
Grupo A			Grupo B			
	Puntuación	Modificación	Valor	Puntuación	Modificación	Valor
<b>Postura 1</b>	8	+2	10	5	+1	6
<b>Postura 2</b>	7	+2	9	5	+1	6
<b>Postura 3</b>	5	+2	7	3	+1	4
<b>Postura 4</b>	3	+2	5	3	+1	4
<b>Postura 5</b>	6	+2	8	5	+1	6

Tabla 74. Nivel de riesgo método REBA.

Puntuación Final				
	Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
<b>Postura 1</b>	11	4	Muy Alto	Es necesaria la actuación de inmediato.
<b>Postura 2</b>	10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
<b>Postura 3</b>	8	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
<b>Postura 4</b>	5	2	Medio	Es necesaria la actuación.
<b>Postura 5</b>	10	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Se obtuvo un nivel de riesgo alto por lo que fue necesario actuar lo más pronto posible realizando la modificación del puesto de trabajo, en este caso la modificación fue la incorporación de un elemento auxiliar como lo es la grúa geriátrica y se realizó una nueva evaluación con la ayuda del elemento auxiliar.

Tabla 75. Evaluación con elemento auxiliar.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
EVALUACIÓN DE RIESGO ERGONÓMICO			
Método:	REBA	Enfoque de evaluación:	Cargas posturales
Área:	Ergonomía	Posturas:	8
Tipo de Trastorno:	Músculo-esquelético	Elemento auxiliar:	Grúa Geriátrica
Actividad:	Colocación en la silla de ruedas.		
POSTURAS A EVALUAR			
Postura 1		Postura 2	
			
Postura 4		Postura 5	
			
Postura 3		Postura 6	
			

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
EVALUACIÓN DE RIESGO ERGONÓMICO			
Postura 7		Postura 8	
			
Realizado por:	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López

- **Postura 1:** Se ayudó a sentar al paciente y colocar el arnés dorso lumbar.
- **Postura 2:** Sujeción del arnés, se pasó el arnés alrededor de las piernas regulando la distancia de las correrás para colocarlas en la percha.
- **Postura 3:** Elevación del paciente con la ayuda de la grúa geriátrica.
- **Postura 4:** Se acomodó las piernas del paciente para colocarlo frente a la máquina.
- **Postura 5:** Se trasladó al paciente hacia el lugar de reposo en este caso la silla de ruedas.
- **Postura 6:** Colocación del paciente en la silla de ruedas.
- **Postura 7:** Desmontaje del arnés de la percha.
- **Postura 8:** Se retiró el arnés del paciente.

Se evalúa la Postura 3 considerando que fue la que generó un mayor esfuerzo al momento de trasladar a un paciente sin la ayuda de un elemento auxiliar como lo

es en este caso la grúa geriátrica, posterior a esto se realizó la evaluación de todas las posturas para conocer el riesgo ergonómico del puesto de trabajo modificado.

Tabla 76. Evaluación de riesgo ergonómico con elemento auxiliar.

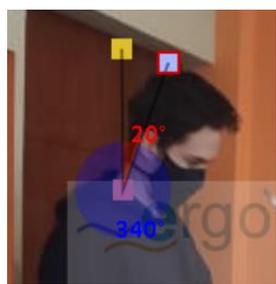
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
EVALUACIÓN DE RIESGO ERGONÓMICO					
Método:	REBA	Enfoque de evaluación:	Cargas posturales		
Área:	Ergonomía	Postura:	6		
Tipo de Trastorno:	Músculo-esquelético	Elemento auxiliar:	Grúa Geriátrica		
Actividad:	Colocación en la silla de ruedas.				
Puntuación Grupo A y B					
Tronco:	1	Cuello:	1	Piernas:	1
					
Brazo:	1	Antebrazo:	1	Muñeca:	2
					
Realizado por:	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López		

Tabla 77. Puntuación Grupo A (puesto modificado). [39]

	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
Tronco	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tabla 78. Puntuación Grupo B (puesto modificado). [39]

	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
Tronco	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Tabla 79. Valoración total (puesto modificado).

Valoración			
Puntuación por grupos	Modificación	Valor	
<b>Grupo A</b>	1	+0	1
<b>Grupo B</b>	2	+0	2

Tabla 80. Puntuación final (puesto modificado). [39]

Puntuación A	Puntuación B							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	2	3	3	4	5
2	1	2	2	3	4	4	5	6
3	2	3	3	3	4	5	6	7
4	3	4	4	4	5	6	7	8
5	4	4	4	5	6	7	8	8
6	6	6	6	7	8	8	9	9

Se comparó la puntuación final del puesto modificado con la tabla de nivel de riesgo.

*Tabla 81. Nivel de riesgo (puesto modificado). [39]*

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
<b>1</b>	<b>0</b>	Inapreciable	No es necesaria la actuación.
<b>2 o 3</b>	<b>1</b>	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
<b>4 a 7</b>	<b>2</b>	Medio	Es necesaria la actuación.
<b>8 a 10</b>	<b>3</b>	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
<b>11 a 15</b>	<b>4</b>	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

El riesgo es bastante bajo por lo que no fue necesario actuar sobre la postura 6, del mismo modo se realizó la evaluación para cada una de las demás posturas.

*Tabla 82. Puntuación Grupo A. (puesto modificado).*

	Grupo A			
	Tronco	Cuello	Piernas	Puntuación
<b>Postura 1</b>	4	2	4	8
<b>Postura 2</b>	3	1	1	2
<b>Postura 3</b>	1	1	1	1
<b>Postura 4</b>	3	1	1	2
<b>Postura 5</b>	1	2	1	1
<b>Postura 6</b>	1	1	1	1
<b>Postura 7</b>	1	1	1	2
<b>Postura 8</b>	2	1	1	2

Tabla 83. Puntuación Grupo B. (puesto modificado).

Grupo B				
	Brazo	Antebrazo	Muñeca	Puntuación
<b>Postura 1</b>	3	1	3	5
<b>Postura 2</b>	2	1	2	2
<b>Postura 3</b>	1	1	2	2
<b>Postura 4</b>	2	1	2	2
<b>Postura 5</b>	1	1	2	2
<b>Postura 6</b>	1	1	2	2
<b>Postura 7</b>	1	1	2	2
<b>Postura 8</b>	2	2	2	3

Tabla 84. Modificación de puntuación por grupos (puesto modificado).

	Grupo A			Grupo B		
	Puntuación	Modificación	Valor	Puntuación	Modificación	Valor
<b>Postura 1</b>	8	2	10	5	1	6
<b>Postura 2</b>	2	0	2	2	0	2
<b>Postura 3</b>	1	0	1	2	0	2
<b>Postura 4</b>	2	0	2	2	0	2
<b>Postura 5</b>	1	0	1	2	0	2
<b>Postura 6</b>	1	0	1	2	0	2
<b>Postura 7</b>	2	0	2	2	0	2
<b>Postura 8</b>	2	0	2	3	0	3

Tabla 85. Nivel de riesgo del puesto modificado.

Puntuación Final				
	Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
<b>Postura 1</b>	11	4	Muy Alto	Es necesaria la actuación de inmediato.
<b>Postura 2</b>	2	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
<b>Postura 3</b>	1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación.
<b>Postura 4</b>	2	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
<b>Postura 5</b>	1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación.
<b>Postura 6</b>	1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación.
<b>Postura 7</b>	2	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
<b>Postura 8</b>	2	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.

La Postura 1 continuó teniendo un riesgo bastante alto debido a que la grúa geriátrica no tuvo ningún efector sobre ella, sin embargo, el resto de posturas presentaron un comportamiento favorable al tener un riesgo bajo o en ciertos casos inapreciable por lo que la modificación del puesto de trabajo es satisfactoria ya que ese logró reducir el riesgo por cargas posturales en gran medida.

### 3.11. Construcción

Una vez se evaluó el comportamiento de la máquina se realizó la construcción de su estructura, se seleccionó los materiales y proceso de manufactura disponibles en la localidad.

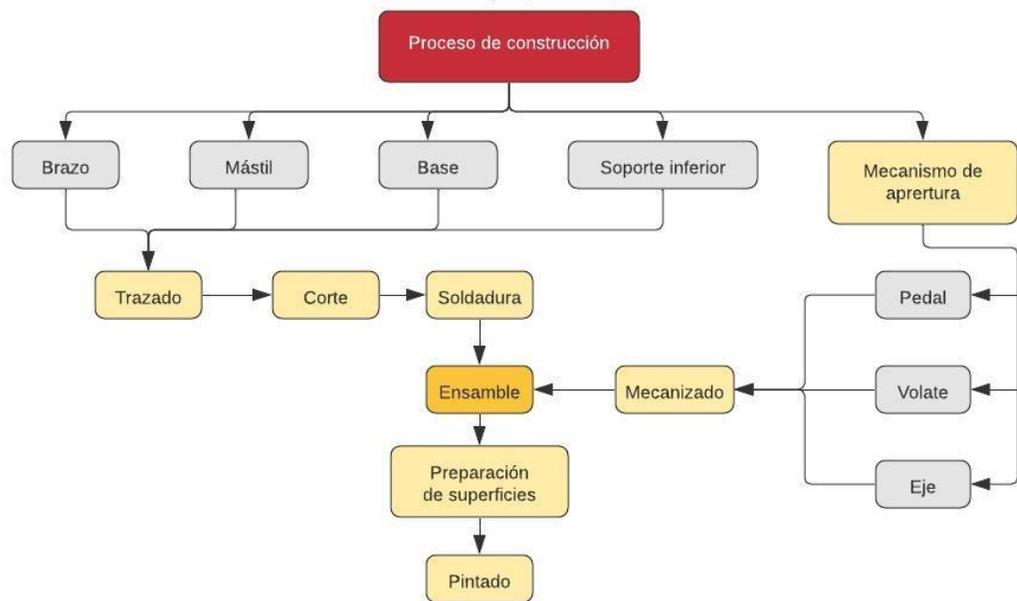


Figura. 81. Diagrama general de proceso de construcción.

### 3.12. Ficha técnica

Tabla 86. Ficha técnica.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
<b>FICHA TÉCNICA</b>			
Equipo:	Grúa geriátrica	N° de Modelo	M-01
Potencia:	155W	Voltaje	110V/220V
Largo	125cm	Ancho mínimo:	60cm
Altura mínima:	130cm	Ancho máximo:	92cm
Altura máxima:	172cm	Alcance de brazo:	90cm
Peso:	40kg	Capacidad máxima:	135kg
Vistas			

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
<b>FICHA TÉCNICA</b>			
			
Posterior	Frontal	Lateral izquierda	
Realizado por :	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López

### 3.12.1. Pruebas de funcionamiento

En este punto se realizaron pruebas para simular las evaluaciones con los requerimientos de la norma UNE-EN ISO 10535 que se presentan en el punto 5 que son requisitos generales, de resistencia estática, estabilidad estática, fuerza de movimiento, etc.

Estas pruebas se las realizó con elementos disponibles en la localidad como los son:

- Una rampa para discapacitados con una inclinación aproximada de 10°.
- Un tablero de madera con alzas para alcanzar una inclinación aproximadamente de 5°.

- Pesas de hierro de 20kg, 10kg, y 2,5kg.
- 2mt de cuerda.
- Dinamómetro.

Se recalca que estas pruebas se las realizó en un banco improvisado debido a la inexistencia de un banco de pruebas específico para grúas geriátricas, sin embargo, se trató de replicar en lo posible estos métodos de ensayo para obtener un diseño confiable y seguro.

Para las pruebas estáticas se cargó el equipo con 1,5 veces su carga máxima de funcionamiento para nuestro caso se diseñó un equipo para una carga de 80kg por lo que la prueba se realizó con 120kg.

Tabla 87. Evaluación de resistencia estática.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
EVALUACIÓN DE RESISTENCIA					
Método:	Resistencia Estática	Carga:	120kg		
Norma:	ISO-10535	Tiempo con inclinación:	5 min		
Equipo:	Grúa Móvil	Tiempo en plano:	20 min		
Hacia adelante		10°	Hacia atrás		10°
					
Lateral		5°	Plano		0°

			
<p>La evaluación se realizó en la posición más adversa de la máquina como resultado la grúa no presentó ninguna deformación que genere interferencia entre componente y pudo continuar su funcionamiento sin ningún problema</p>			
Realizado por:	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López

Tabla 88. Evaluación de fuerza de movimiento arranque.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
EVALUACIÓN DE FUERZA DE MOVIMIENTO					
Norma:	ISO-10535	Carga:	120kg		
Equipo:	Grúa Móvil	Movimiento:	Arranque		
Fuerza Requerida 1	137,34 N	Fuerza Requerida 2	107,91 N	Fuerza Requerida 3	117,72 N
					
Fuerza Requerida 4	137,34 N	Fuerza Requerida 5	147,15 N		

			
<p>Se realizó evaluaciones tanto hacia adelante como hacia atrás en este caso los valores más altos se registraron en el arranque hacia atrás, se evaluó 5 veces y se registró el mayor, la norma nos exige un arranque no mayor a 160 N, se obtuvo un valor máximo en las pruebas de 147,15 N por lo tanto es satisfactorio.</p>			
Realizado por:	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López

Tabla 89. Evaluación de fuerza de movimiento marcha.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
EVALUACIÓN DE FUERZA DE MOVIMIENTO					
Norma:	ISO-10535	Carga:	120kg		
Equipo:	Grúa Móvil	Movimiento:	Marcha		
Fuerza Requerida 1	54 N	Fuerza Requerida 2	44,15 N	Fuerza Requerida 3	39,24 N
					
Fuerza Requerida 4	63,77 N	Fuerza Requerida 5	49,05 N		

			
<p>Se realizó evaluaciones tanto hacia adelante como hacia atrás en este caso nuevamente los valores más altos se registraron en el arranque hacia atrás, se evalúan 5 veces y se registró el mayor, la norma nos exige un arranque no mayor a 85 N, se obtuvo un valor máximo en las pruebas de 63,77 N por lo tanto es satisfactorio.</p>			
Realizado por:	Marlon Cox	Revisado por:	Ing. Jorge López

### 3.12.2. Funcionamiento

En este punto se detalló paso a paso el procedimiento por el cual se realizó el traslado de una persona con la ayuda de la grúa geriátrica.

- 1) Para iniciar se aproximó la máquina hacia el lugar donde se va a realizar el traslado.
- 2) Se colocó el arnés dorso lumbar al paciente el procedimiento depende si el paciente está en la cama o en la silla de ruedas.



*Figura. 82. Colocación de arnés paciente acostado.*



*Figura. 83. Colocación de arnés paciente en silla de ruedas.*

- 3) Una vez colocado el arnés se posicionó la máquina con la percha frente al paciente teniendo cuidado de no tomar contacto con el paciente, en el caso que el paciente este recostado se debe sentar al paciente para acercar las correas a la percha.



*Figura. 84. Aproximación de la grúa hasta el paciente.*

- 4) Se colocaron las correas de seguridad del arnés en la percha, cabe decir que las correas del espaldar se colocan en los ganchos externos y las correas de las piernas se colocan en los internos, además las correas de las piernas se colocan

de forma cruzada es decir el de la pierna derecha en el gancho izquierdo y viceversa.



*Figura. 85. Colocación de correas en la percha.*

- 5) Antes de energizar la máquina se revisó que los interruptores y pulsadores se encuentren en posición off.



*Figura. 86. Botoneras.*

- 6) Se conectó la máquina a la línea de corriente 110V o 220V.



*Figura. 87. Alimentación de la grúa.*

- 7) Una vez energizada la máquina se elevó al paciente colocando el control en la posición I este proceso tardó alrededor de unos 30 segundos.



*Figura. 88. Elevación del paciente.*

- 8) Se acomodó las piernas del paciente para salir de la cama.



*Figura. 89. Colocación de las piernas fuera de la cama.*

9) Se trasladó al paciente hacia su lugar de descanso.



*Figura. 90. Traslado del paciente.*

10) Se aproximó al paciente en su lugar de descanso y se descendió colocando el control en la posición II.



*Figura. 91. Colocación en la silla del paciente.*

11) Cuando que el paciente estuvo en su silla se removieron las correas de la percha y se procede a retirar la grúa.



*Figura. 92. Retirado de la grúa.*

12) Se extrae el arnés dorso lumbar primero de las piernas del paciente, después de la parte posterior halándolo suavemente. Se evitó hacer tirones fuertes y rápidos ya que esto podría generar fricción y lastimar la piel del paciente.



*Figura. 93. Extracción del arnés dorso lumbar.*

## CAPITULO IV

### 4. Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1. Conclusiones

- Se realizó el diseño y la construcción de una grúa geriátrica con el fin de trasladar a personas con dependencia funcional dentro de las instalaciones de CAIAM Patate, esto se pudo efectuar al aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, se puede enunciar también que la máquina desarrollada puede ser competitiva con grúas geriátricas de creación nacional, así como importadas.
- Se identificó cada dispositivo que actúa como componente de la grúa geriátrica para posteriormente realizar el cálculo de los mismo y conocer los esfuerzos y deformaciones a los que están sometidos.
- Se realizó la evaluación de riesgo ergonómico mediante el método REBA, simulando la tarea que realiza el personal de enfermería, la cual es la manipulación manual de pacientes en el traslado desde la cama hacia la silla de ruedas, se consideró 5 posturas que a criterio del evaluador son las que generan mayor carga postural en el momento de realizar el traslado, dentro de estas posturas se obtuvo un riesgo muy alto por lo que se debía actuar de inmediato y realizar modificaciones en la tarea, debido a esto se implementó un elevador tipo grúa geriátrica y se realizó un nuevo estudio para conocer el impacto que tenía el dispositivo auxiliar en dicha tarea . Para este nuevo estudio se consideró 8 posturas en las que se apreció una leve desviación de la posición neutra de la persona evaluada, de este modo se puede considerar que los resultados son satisfactorios al obtener un riesgo bajo en comparación con la primera evaluación del puesto de trabajo.

- La construcción del dispositivo mecánico se la realizó tomando en cuenta los materiales y procesos de manufactura disponibles en la localidad, así como los parámetros de diseño necesarios para su correcto funcionamiento dentro de las instalaciones del CAIAM Patate.
- Se evaluó el comportamiento estático de la grúa mediante SolidWorks aplicando condiciones de frontera que simulen el funcionamiento en su sitio de trabajo, de este modo se logró obtener resultados favorables teniendo un esfuerzo máximo alrededor de 120MPa y una deformación total de la máquina 11mm, este comportamiento se genera dentro del límite elástico del material y no genera ningún tipo de interferencia entre elementos, el factor de seguridad resultante de este análisis fue mayor a 2,6.
- Se construyó un dispositivo que cumple con los parámetros estipulados en la Norma UNE-ISO 10535 Grúas para el traslado de personas con discapacidad Requisitos y Métodos de ensayo, para dar cumplimiento se evaluó resistencia estática, fuerza de movimiento y estabilidad estática dado resultados satisfactorios en todos los aspectos.
- Se diseñó los elementos de la estructura aplicando la teoría de falla de Von Mises también se logró determinar el módulo de sección para cada perfil estructural y aplicando funciones de Macaulay se pudo resolver dichos elementos y encontrar las deformaciones, fue conveniente utilizar el método de Macaulay ya que facilita el estudio de las vigas y componentes que se encuentran sometidos a flexión.
- Se comprobó que la deformación de cada elemento de la estructura considerado como viga no supere una desviación permisible recomendada por Código Internacional de Construcción (IBC 2009), los desplazamientos de los elementos estuvieron por debajo de dicha recomendación dándonos así un resultado satisfactorio para el diseño por desplazamientos.
- El elemento crítico del estudio fue el soporte inferior que está unido a la base del mástil mediante soldadura, en este punto se tuvo un desplazamiento de 5,45mm sin embargo está dentro del permisible por lo que se lo considera aceptable, otro punto de interés fue la zona de unión de la base del mástil, en esta parte se localizó

el mayor esfuerzo por el momento flector que se genera debido a las cargas, también se calculó la resistencia de la soldadura en la base del mástil dando un resultado satisfactorio de resistencia del cordón de 144,6Mpa frente al esfuerzo de 69,754MPa generado por la carga de cortante en el cordón soldado a filete.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Realizar un estudio sobre el arnés dorso lumbar aplicando los criterios de ergonomía y diseño mecánico.
- Revisar que todos los interruptores se encuentren en la posición off antes de conectar la máquina, así como el paro de emergencia no se encuentre pulsado.
- Colocar el arnés dorso lumbar de forma que el paciente se sienta cómodo, de presentar alguna molestia retírelo y vuelva a colocarlo correctamente.
- Evitar dejar al paciente suspendido por tiempos prolongados ya que el dispositivo es para traslado mas no para el reposo de los pacientes.
- Controlar el trayecto del equipo para evitar contactos bruscos o golpes con los pacientes.

#### **Bibliografía**

- [1] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, «Secretaria Técnica Planifica Ecuador,» 2017. [En línea]. Available: [https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_0K.compressed1.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf). [Último acceso: 03 01 2020].
- [2] A. C. D. ECUADOR, «Constitución del Ecuador,» 01 Agosto 2018. [En línea]. Available: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>. [Último acceso: 23 Agosto 2019].

- [3] M. d. S. P. d. Ecuador, «Consejo Nacional Para La Igualdad De Discapacidades,» Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>. [Último acceso: 23 Agosto 2019].
- [4] G. M. H. D. C. U. O. Sofía Liliana Herrera Garcés, «STUDYLIB,» 30 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://studylib.es/doc/6886852/1-dise%C3%B1o-e-implementaci%C3%B3n-de-un-nuevo-sistema-motriz>. [Último acceso: 2019 Noviembre 14 ].
- [5] M. F. M. H. P. R. C. J. F. D. Manuel Fernández, «Trastornos musculoesqueléticos en personal auxiliar de enfermería del Centro Polivalente de Recursos para Personas Mayores "Mixta" de Gijón - C.P.R.P.M. Mixta,» Marzo 2014. [En línea]. Available: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1134-928X2014000100005&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1134-928X2014000100005&script=sci_arttext&tlng=en). [Último acceso: 11 06 2020].
- [6] G. B. Mah, «Transportation, sanitation and therapy system for handicapped people». United States Patente 5,333,333, 08 Agosto 1994.
- [7] F. A. R. Richard J. Reeve, «Invalid lift and transport apparatus». United States Patente 5,459,891, 24 Octubre 1995.
- [8] T. Raney, «Storable dual action hydraulic lifting device». United States Patente 2009/0188038A1 , 30 Julio 2009.
- [9] 노태진, «Movable patient lifting apparatus». United States Patente WO2013165043A1, 07 Noviembre 2013.
- [10] K. L. Tally, «Support and transfer apparatus for transport of an incapacitated individual.». United States Patente US 7,657,951 B2, 09 Febrero 2010.
- [11] R. L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas., Mexico: PEARSON EDUCACIÓN, 2006.
- [12] F. L. Singer, Resistencia de materiales., Mexico: Alfaomega, 2008.
- [13] R. C. HIBBELER, Mecánica de Materiales, Mexico: PEARSON EDUCACIÓN, 2011.

- [14] K. M. Robert Juvinall, *Fundamentals of Machine Component Design*, United States: John Wiley & Sons, 2012.
- [15] V. M. Faires, *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS*, Barcelona: MONTANER Y SIMONS, 1995.
- [16] J. K. N. Richard G. Budynas, *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY*, Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA , 2008.
- [17] OERLIKON, «Manual de Soldadura y Catálogo de productos,» [En línea]. Available:  
[http://www.marioloureiro.net/ensino/manuaisOutros/soldadura/manual\\_catalogo%20soldadura.pdf](http://www.marioloureiro.net/ensino/manuaisOutros/soldadura/manual_catalogo%20soldadura.pdf). [Último acceso: 12 Agosto 2020].
- [18] Oficina de Vivienda Comunidad de Madrid , «Documento Básico SE-A Seguridad Estructural: Acero,» 2007. [En línea]. Available:  
<http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application/pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1310559772567&ssbinary=true>. [Último acceso: 14 Septiembre 2020].
- [19] E. L. P. A. M. d. M. Emilio Larrodé, *Grúas*, Zaragoza: Reverte, 1996.
- [20] E. C. Gallardo, «Universidad de Cádiz,» Julio 2007. [En línea]. Available:  
<https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/6439/b33284982.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. [Último acceso: 11 Agosto 2020].
- [21] Movernos ortopedia , «MOVERNOS Equipment,» [En línea]. Available:  
<http://movernos.com/equipamiento-hogar/gruas>. [Último acceso: 11 Agosto 2020].
- [22] S/T/S medical, «Servicios-Tecno-Sanitarios,» 2010. [En línea]. Available:  
<https://www.stsmedical.com/211-grua-de-techo-hospitalaria-para-pacientes>. [Último acceso: 11 Agosto 2020].
- [23] Ortopedia y Más, «Ortopedia y Más,» [En línea]. Available:  
<https://www.ortopediaymas.com/gruas-para-enfermos/>. [Último acceso: 11 Agosto 2020].
- [24] C. C. Rodríguez, «Sobre el concepto de discapacidad. Una revisión de la propuesta de la OMS,» 20 Octubre 2004. [En línea]. Available:

- <http://www.auditio.com/docs/File/vol2/3/020304.pdf>. [Último acceso: 23 Agosto 2019].
- [25] S. N. Cuixart, «Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo NTP 907,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.insst.es/documents/94886/328579/907w.pdf/f36a3acb-9e8f-4140-9e95-574e3eb6077c>. [Último acceso: 23 Agosto 2019].
- [26] Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el trabajo, «Trastornos musculoesqueléticos,» [En línea]. Available: <https://osha.europa.eu/es/themes/musculoskeletal-disorders>. [Último acceso: 24 Junio 2020].
- [27] PROVE INDUSTRIA, «PROVE INDUSTRIA,» [En línea]. Available: <https://www.proveindustria.com/soldadoras-lincoln/stick-electrodo/>. [Último acceso: 12 Agosto 2020].
- [28] DEWALT, «DEWALT Catálogo de productos,» [En línea]. Available: <http://www.dewaltcenter.com.ec/catalogo/index.html#p=2>. [Último acceso: 12 Agosto 2020].
- [29] ASLAK METAL, «Cátalogo de tornos para metal,» [En línea]. Available: <https://maquinaria10.com/recursos/catalogos/catalogo-tornos-metal.pdf>. [Último acceso: 12 Agosto 2020].
- [30] ARDUINO , «ARDUINO STORE,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Último acceso: 13 Agosto 2020].
- [31] LINAK , «LINAK LATINOAMERICA,» [En línea]. Available: <https://www.linak-latinamerica.com/products/actuadores-lineales/la44/>. [Último acceso: 13 Agosto 2020].
- [32] S. Durán Agüero, E. Fernandez Godoy, P. Candia Johns y P. Silva Ocampo, «Factores asociados al peso corporal en adultos mayores,» *Nutrición Clínica y dietética hospitalaria*, vol. I, n° 38, pp. 53-60, 20 Febrero 2018.
- [33] J. O. C. Juan Osorio Gómez, «EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIo,» Septiembre 2008. [En línea].

- Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920503044>. [Último acceso: 30 Agosto 2020].
- [34] G. M. M. B. R. Marisa A. Sanchez, «Using the Analytic Hierarchy Process for Investment Decision evaluation,» 27 Agosto 2010. [En línea]. Available: [http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-20552010002200003&lng=en&nrm=iso](http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-20552010002200003&lng=en&nrm=iso). [Último acceso: 14 Agosto 2020].
- [35] J. P. Vidosic, Machine desing projects., New York: Ronald Press Co, 1957.
- [36] DIPAC , «DIPAC MANTA,» [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/tubos>. [Último acceso: 20 Agosto 2020].
- [37] OPAC, «DIN 6885 A,» [En línea]. Available: <https://www.opac.net/pdf/DIN%206885%20A.pdf>. [Último acceso: 11 Septiembre 2020].
- [38] AFO, «Ruedas AFO,» 2011. [En línea]. Available: [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/205217/Catalogo\\_Ruedas2011.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/205217/Catalogo_Ruedas2011.pdf). [Último acceso: 21 Agosto 2020].
- [39] INDURA, «Manual de sistemas y materiales de soldadura.,» [En línea]. Available: <http://www.indura.cl/Descargar/Manual%20de%20Soldadura%20INDURA?path=/content/storage/cl/biblioteca/00da6ac5e6754e428ecd94f1c78711cb.pdf>. [Último acceso: 20 Agosto 2020].
- [40] MINISTERIO DEL TRABAJO, «Tabla de salarios minimos sectoriales 2020,» Enero 2020. [En línea]. Available: <http://www.ecuadorlegalonline.com/laboral/tabla-de-salarios-minimos-sectoriales/>. [Último acceso: 20 Agosto 2020].
- [41] ergonautas, «ergonautas,» Universidad Politécnica de Valencia, 2006. [En línea]. Available: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/ruler.php>. [Último acceso: 11 Septiembre 2020].
- [42] Altos Hornos De Mexico, «Manual de Diseño para la Construcción con Acero,» [En línea]. Available: [https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/manual-ahmsa/Capitulo\\_1.pdf](https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/manual-ahmsa/Capitulo_1.pdf). [Último acceso: 09 08 2020].

- [43] K. Redosado, «Pontificia Universidad Católica del Perú,» [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/221811931/Factores-de-Seguridad-Recomendados>. [Último acceso: 10 08 2020].
- [44] ELECTRO DE LA HOZ, «Electro De La Hoz S.A.S,» 6 Agosto 2019. [En línea]. Available: <http://www.electrodelahozsas.com/>. [Último acceso: 20 Agosto 2020].

## Anexos

### Anexo 1.

Tabla 90. Propiedades del acero estructural A 500 - A36.

Nomenclatura		F <sub>y</sub> (3)		F <sub>u</sub> (4)	
NMX (1)	ASTM (2)	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>
B-254	A36	250	2 530	400 a 550	4 080 a 5 620
B-99	A529	290	2 950	414 a 585	4 220 a 5 975
B-282	A242	290	2 950	435	4 430
		320	3 235	460	4 710
		345	3 515	485	4 920
B-284	A572	290	2 950	414	4 220
		345	3 515	450	4 570
		414	4 220	515	5 270
		450	4 570	550	5 620
	A992	345	3 515	450 a 620	4 570 a 6 330
B-177	A53	240	2 460	414	4 220
B-199	A500 (5)	320	3 235	430	4 360
B-200	A501	250	2 530	400	4 080
	A588	345 (6)	3 515 (6)	483 (6)	4 920 (6)
	A913	345 a 483 (7)	3 515 a 4 920 (7)	448 a 620 (7)	4 570 a 6 330 (7)

Fuente: [40].

## Anexo 2.

Tabla 91. Recomendaciones para selección del factor de seguridad.

Caso	Factor de Seguridad FS	Observaciones
1	1,25 ... 1,5	Para materiales excepcionalmente confiables usados bajo condiciones controladas y sujetos a carga y esfuerzos que pueden determinarse con exactitud. Una consideración muy importante es que casi siempre se usan para pesos pequeños.
2	1,5 ... 2	Para materiales bien conocidos, para condiciones de medio ambiente razonablemente constantes y sujetos a carga y esfuerzos que puedan calcularse con facilidad.
3	2 ... 2,5	Para materiales promedio que trabajen en condiciones de medio ambiente ordinarias y sujetos a cargas y esfuerzos que puedan calcularse.
4	2,5 ... 3	Para materiales poco experimentados o para materiales frágiles en condiciones promedio de medio ambiente, carga y esfuerzo.
5	3 ... 4	Para materiales no experimentados usados para condiciones promedio de medio ambiente, carga y esfuerzo.
6	3 ... 4	Deberá también usarse con materiales mejor conocidos que vayan a usarse en condiciones ambientales inciertas o sujetos a cargas y esfuerzo inciertos.
7		Cargas repetidas: son aceptables los factores indicados en los puntos 1 al 6 pero debe aplicarse el límite de rotura por carga cíclica o esfuerzo de fatiga en lugar del esfuerzo de fluencia del material
8		Fuerza de impacto: son aceptables los factores dados en los puntos 3 al 6, pero deberá incluirse un factor de impacto.
9		Materiales frágiles: si se considera a la resistencia máxima ( $\sigma_R$ ) como la máxima teórica, los factores indicados en los puntos 1 al 6 deberán multiplicarse por 2.
10		Para el caso deseable de tener factores elevados, deberá efectuarse un análisis muy completo del problema antes de decidir sobre su uso.

Fuente: [41].

### Anexo 3.



ESPECIFICACIONES DEL KIT NEUTICA	
Marca:	Neutica
Procedencia:	China
Jack eléctrico	
Voltaje de entrada:	DC 12V
Potencia nominal:	150W
Corriente máxima:	13 A
Fusible:	15 A
Longitud del cable de alimentación:	3.5 m.
Peso máximo del carro de carga:	3. 0T / 5.0T.
Rango de altura de elevación:	135-360mm. 155-450mm.
Temperatura de trabajo:	- 15-50 °C

*Figura. 94 Ficha técnica del actuador lineal.*

Anexo 4.

Tabla 92. Tallas y pesos de los residentes del CAIAM Patate.

MINISTERIO DE INCLUSIÓN  
ECONÓMICA Y SOCIAL

CENTRO INTEGRAL DE ATENCIÓN AL ADULTO MAYOR - PATATE  
PESO Y TALLA ADULTOS MAYORES RESIDENTES

	NOMBRES	PESO Kg	PESO lb	TALLA
1	APONTE AGUIRRE SEGUNDO JUAN //	46	101,2	1,4
2	ARCOS MONTOYA MARIA HERCILIA //	51	112,2	1,2
3	CHAZO MARIA MANUELA // - 1	28,75	63,25	1,26
4	CHICAIZA JOSE //	49	107,8	1,32
5	CHICAIZA MANUELA FERNANDA // - 2	47	103,4	1,35
6	CHICAIZA MARIA CRISTINA // - 3	44	96,8	1,1
7	CORDOVA VIERA LIZARDO //	63	138,6	1,55
8	FREIRE ZUÑIGA GLORIA AMERICA //	63	138,6	1,42
9	FREIRE MESIAS MANUEL //	52	114,4	1,63
10	INFANTE ALVAN DELIA MARIA //	45	99	1,34
11	JACOME AMORES CARLOS HUMBERTO //	64	140,8	1,58
12	LESCANO ALBAN LUIS ALFREDO //	47	103,4	1,56
13	LLIQUIN LLIQUIN MARIA MERCEDES //	61,8	136	1,4
14	MALIZA GUAYCO MARIA NATIVIDAD //	50	110	1,36
15	MEDINA ORTIZ MENTOR VICTORIANO //	51	112,2	1,48
16	MOYA PROAÑO ZOILA HORTENCIA //	43	94,6	1,21
17	NUÑEZ AMANCHA MARIA TARGELIA //	48	105,6	1,55
18	PAREDES SILVA CARLOS ALBERTO // - 4	49,6	109,12	1,38
19	PAREDES JOSE ELIAS //	69	151,8	1,58
20	PEREZ JOSE FERNANDO //	44	96,8	1,5
21	PIATAXI MONTACHANA MARIA AGUSTINA //	44	96,8	1,25
22	PUNGUIL TITE MARIA CLEMENCIA //	43	94,6	1,25
23	RAMOS VILLAFUERTE ROMELIA ALEJANDRA //	60	132	1,52
24	RUIZ PAREDES JORGE BIENVENIDO //	57	125,4	1,43
25	SÁENZ JINEZ MANUEL FERNANDO // - 5	61	134,2	1,59
26	SALLEMA GUACHAMBOZA SEGUNDO MARIANO //	61	134,2	1,47
27	TINILLO GUERRERO JORGE ANTONIO //	70	154	1,77
28	TIPAN NUÑEZ FELISA //	59	129,8	1,42
29	TIRADO CASA MANUEL SALVADOR //	41	90,2	1,42
30	TUALOMBO ABELARDO //	50	110	1,4
31	VIVANCO MARIA LIZARDA //	46	101,2	1,36

Anexo 5.

## TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6 mts.
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 20mm a 100mm
<b>Espesor</b>	Desde 2,0mm a 3,0mm



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

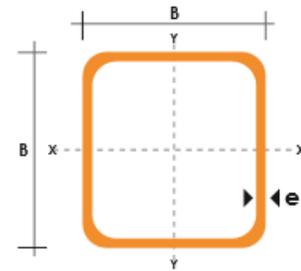


Figura. 95 Catálogo de tubos cuadrados DIPAC.

Anexo 6.

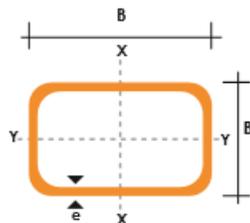
## TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6 mts.
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 12mm x 25mm a 40mm x 80mm
<b>Espesor</b>	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES				AREA	EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm4	W cm3	i cm	I cm4	W cm3	i cm
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15



Anexo7.

## PERFILES IMPORTADOS ANGULOS

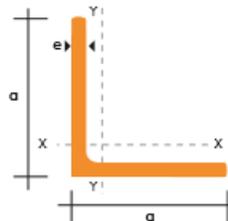
### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A 36 SAE 1008
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6,00 m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	56.95	11.60
AL 100X6	100	6	9.14	56.95	11.64
AL 100X8	100	8	12.06	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.26	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable



Anexo 8.

## PERFILES LAMINADOS PLATINAS

### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A 36 SAE 1008
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6,00 m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta

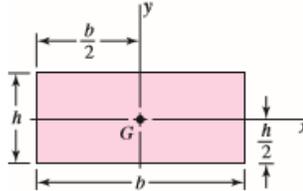


DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.75
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00



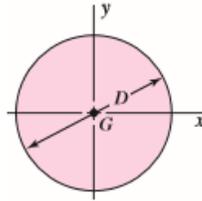
Anexo 9.

Rectángulo



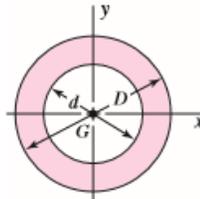
$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

Círculo



$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi D^4}{32}$$

Círculo hueco



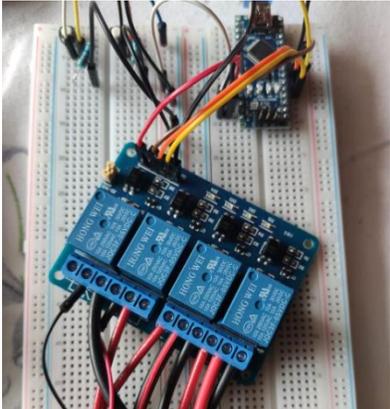
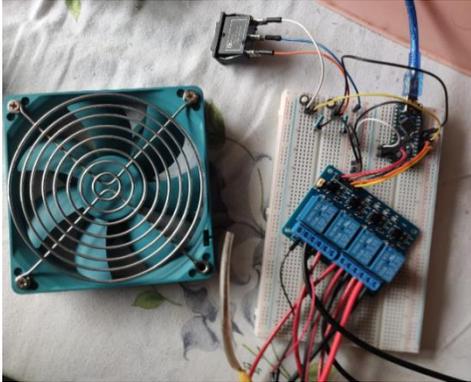
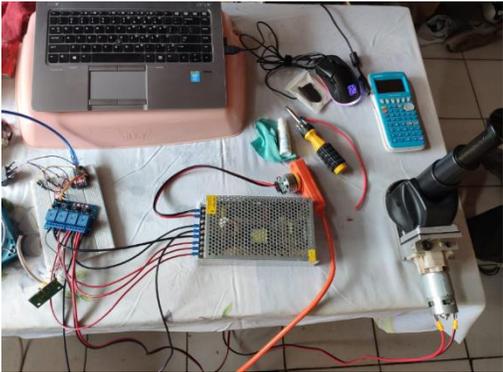
$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad I_x = I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$$

Figura. 96 Propiedades geométricas de algunas figuras.

Anexo 10.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
TOMA DE MEDIDAS EN EL CAIAM PATATE		
		
		

Anexo 11. Construcción

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
CONSTRUCCIÓN ( SISTEMA ELECTRÓNICO)		
		
		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



CONSTRUCCIÓN ( ESTRUCTURA)





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



CONSTRUCCIÓN ( ESTRUCTURA)





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



CONSTRUCCIÓN ( ESTRUCTURA)





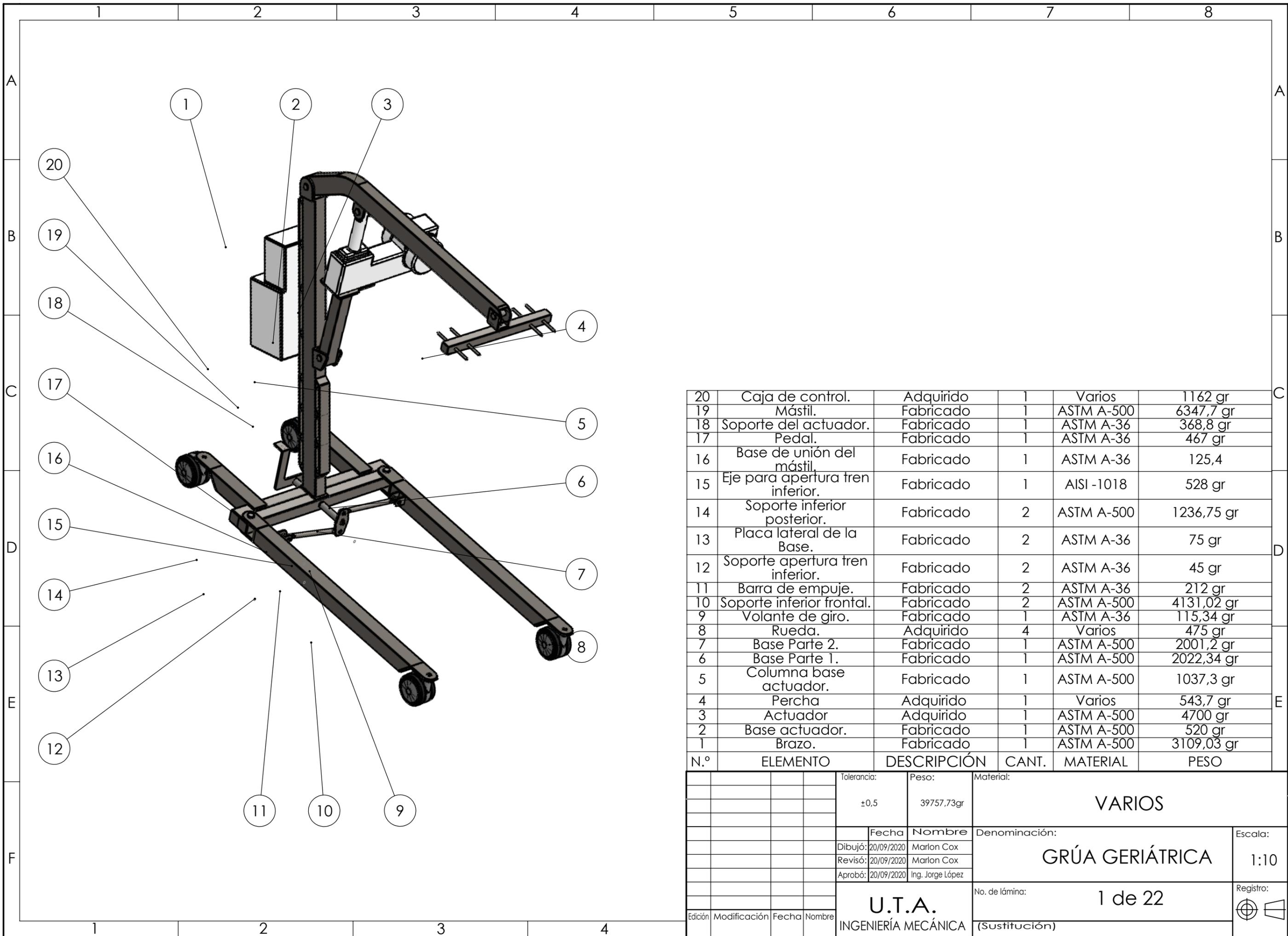
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



CONSTRUCCIÓN ( ESTRUCTURA)

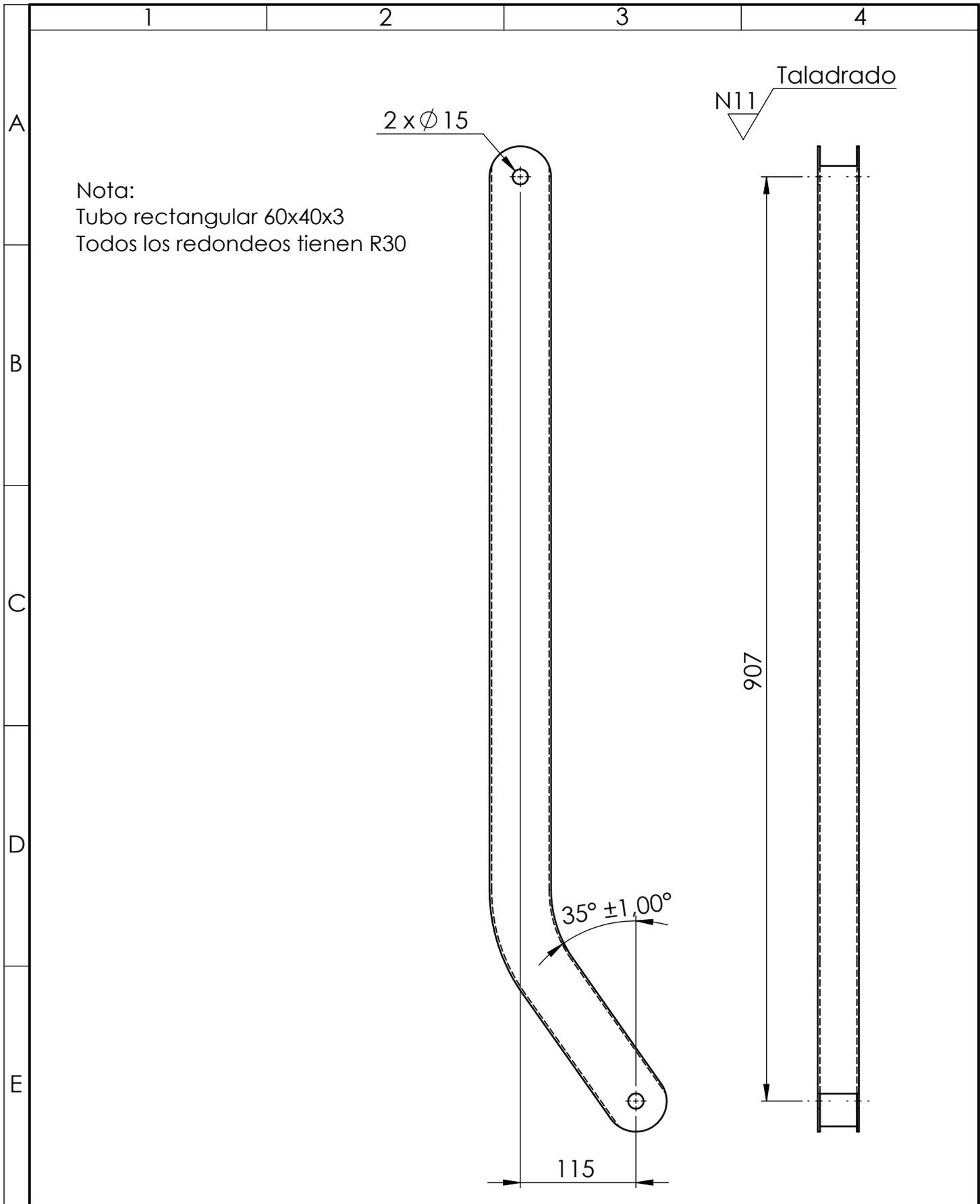


Planos

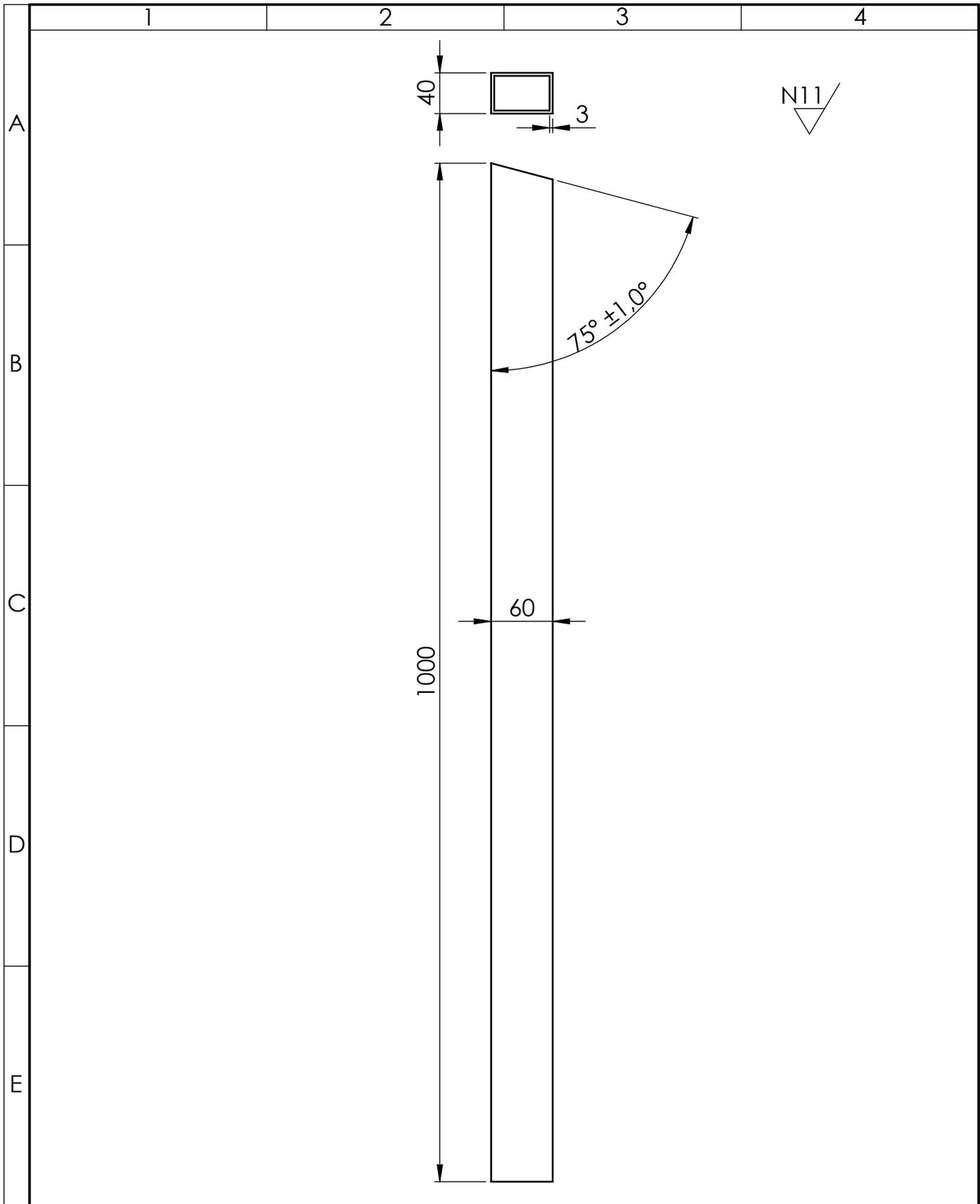


20	Caja de control.	Adquirido	1	Varios	1162 gr
19	Mástil.	Fabricado	1	ASTM A-500	6347,7 gr
18	Soporte del actuador.	Fabricado	1	ASTM A-36	368,8 gr
17	Pedal.	Fabricado	1	ASTM A-36	467 gr
16	Base de unión del mástil.	Fabricado	1	ASTM A-36	125,4
15	Eje para apertura tren inferior.	Fabricado	1	AISI -1018	528 gr
14	Soporte inferior posterior.	Fabricado	2	ASTM A-500	1236,75 gr
13	Placa lateral de la Base.	Fabricado	2	ASTM A-36	75 gr
12	Soporte apertura tren inferior.	Fabricado	2	ASTM A-36	45 gr
11	Barra de empuje.	Fabricado	2	ASTM A-36	212 gr
10	Soporte inferior frontal.	Fabricado	2	ASTM A-500	4131,02 gr
9	Volante de giro.	Fabricado	1	ASTM A-36	115,34 gr
8	Rueda.	Adquirido	4	Varios	475 gr
7	Base Parte 2.	Fabricado	1	ASTM A-500	2001,2 gr
6	Base Parte 1.	Fabricado	1	ASTM A-500	2022,34 gr
5	Columna base actuador.	Fabricado	1	ASTM A-500	1037,3 gr
4	Percha	Adquirido	1	Varios	543,7 gr
3	Actuador	Adquirido	1	ASTM A-500	4700 gr
2	Base actuador.	Fabricado	1	ASTM A-500	520 gr
1	Brazo.	Fabricado	1	ASTM A-500	3109,03 gr
N.º	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	PESO

Tolerancia:		Peso:		Material:	
±0,5		39757,73gr		VARIOS	
Fecha		Nombre		Denominación:	
Dibujó: 20/09/2020		Marlon Cox		GRÚA GERIÁTRICA	
Revisó: 20/09/2020		Marlon Cox			
Aprobó: 20/09/2020		Ing. Jorge López			
Edición		Modificación		Fecha	
U.T.A.				No. de lámina:	
INGENIERÍA MECÁNICA				1 de 22	
				Registro:	



				Tolerancia: ±2	Peso: 2927.56 gr	Material: <b>ASTM A- 500 ACERO</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>Brazo.</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox		
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 2 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

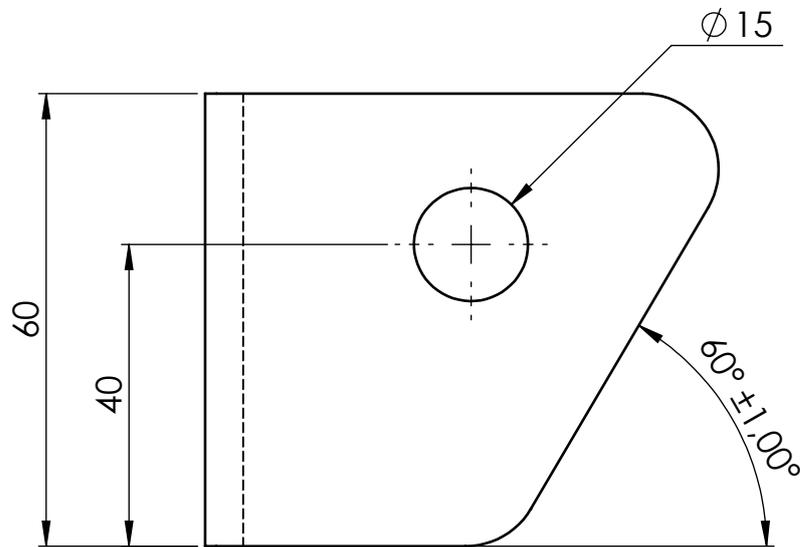
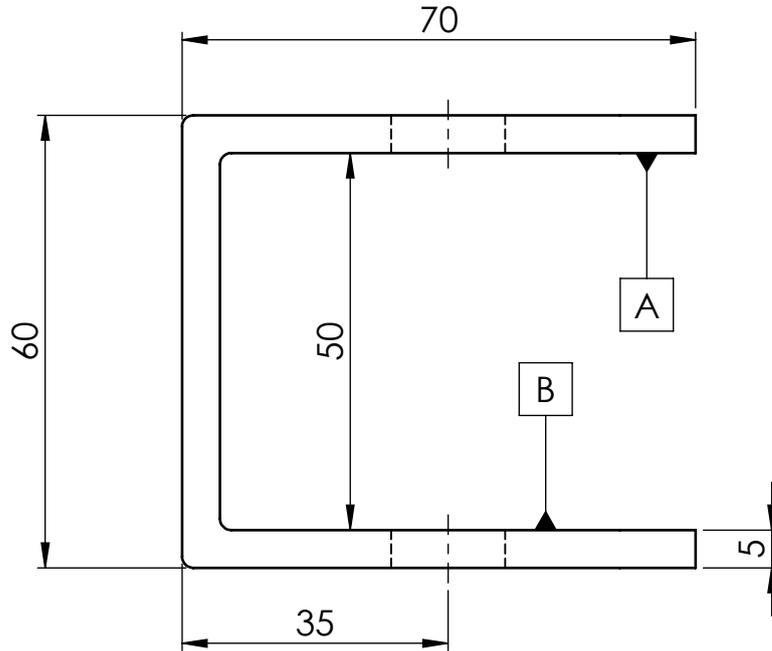


				Tolerancia: ± 2	Peso: 4391.81 gr	Material: <b>ASTM A-500 ACERO</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox	<b>Mástil.</b>	1:5
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 3 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

Nota:  
Todos los redondeos R10

N11 Taladrado

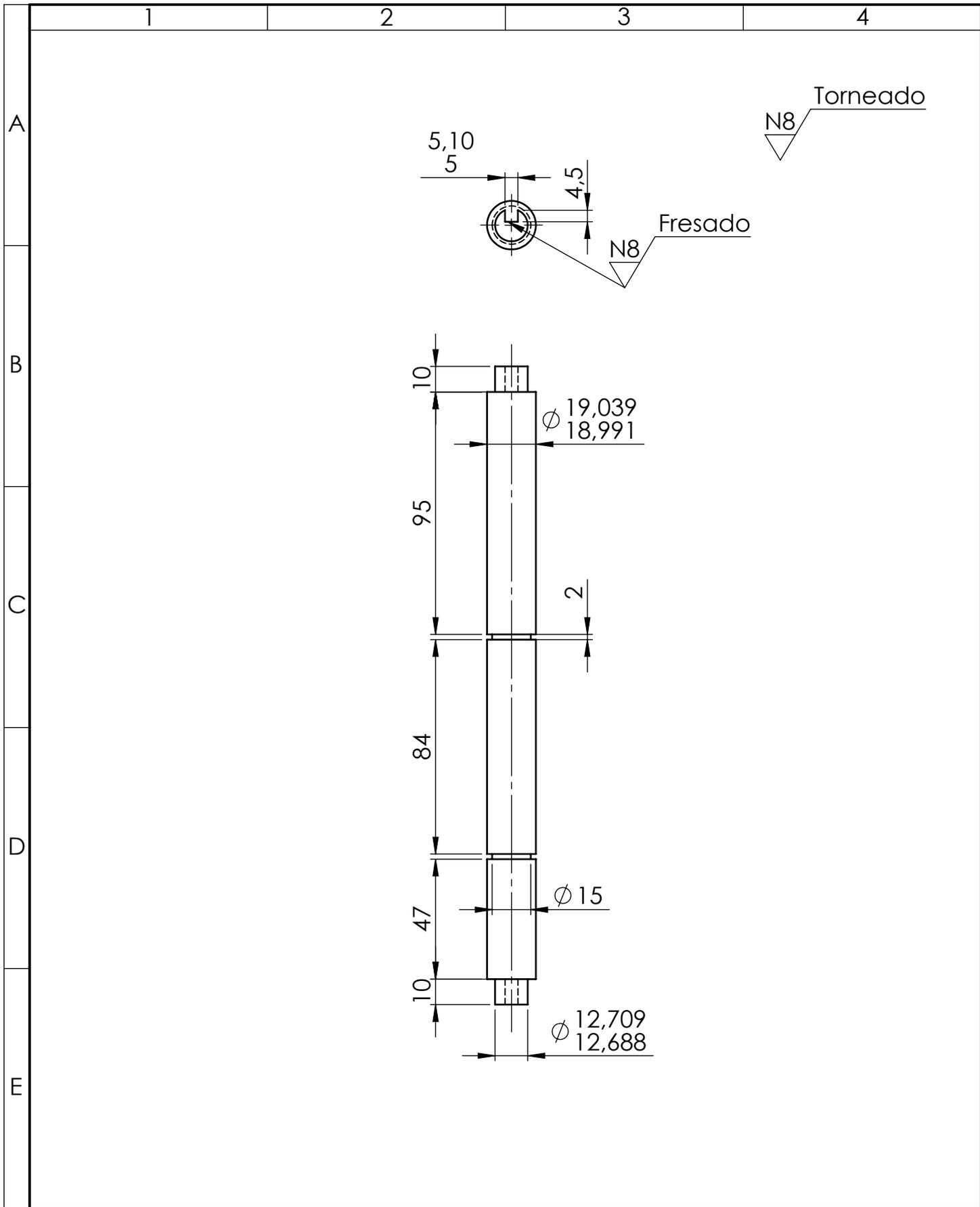
/// 0,4 A - B



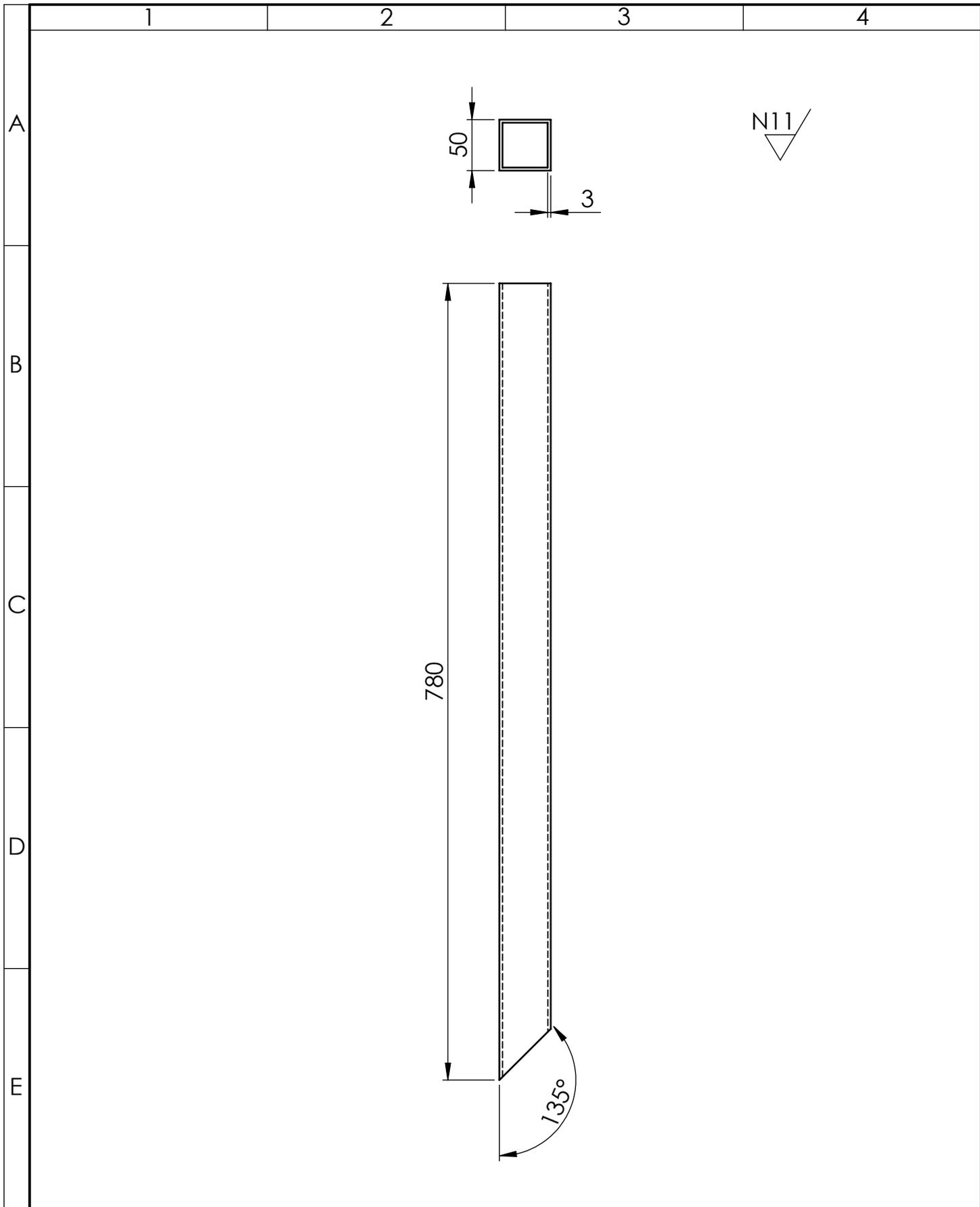
				Tolerancia: ±2	Peso: 368.86 gr	Material: <b>ASTM A36 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>Soporte del actuador.</b>	Escala: 1:1
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox		
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 4 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



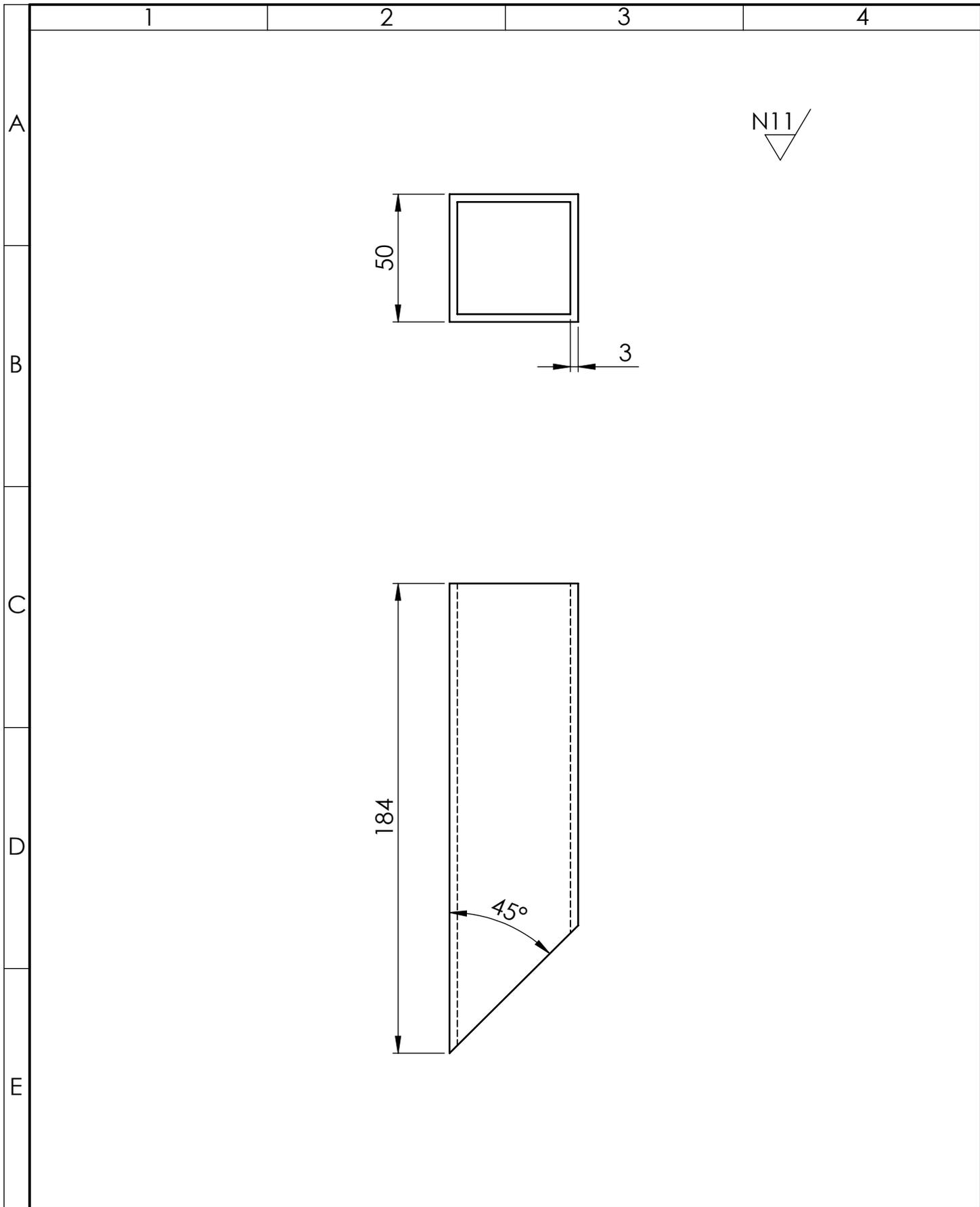




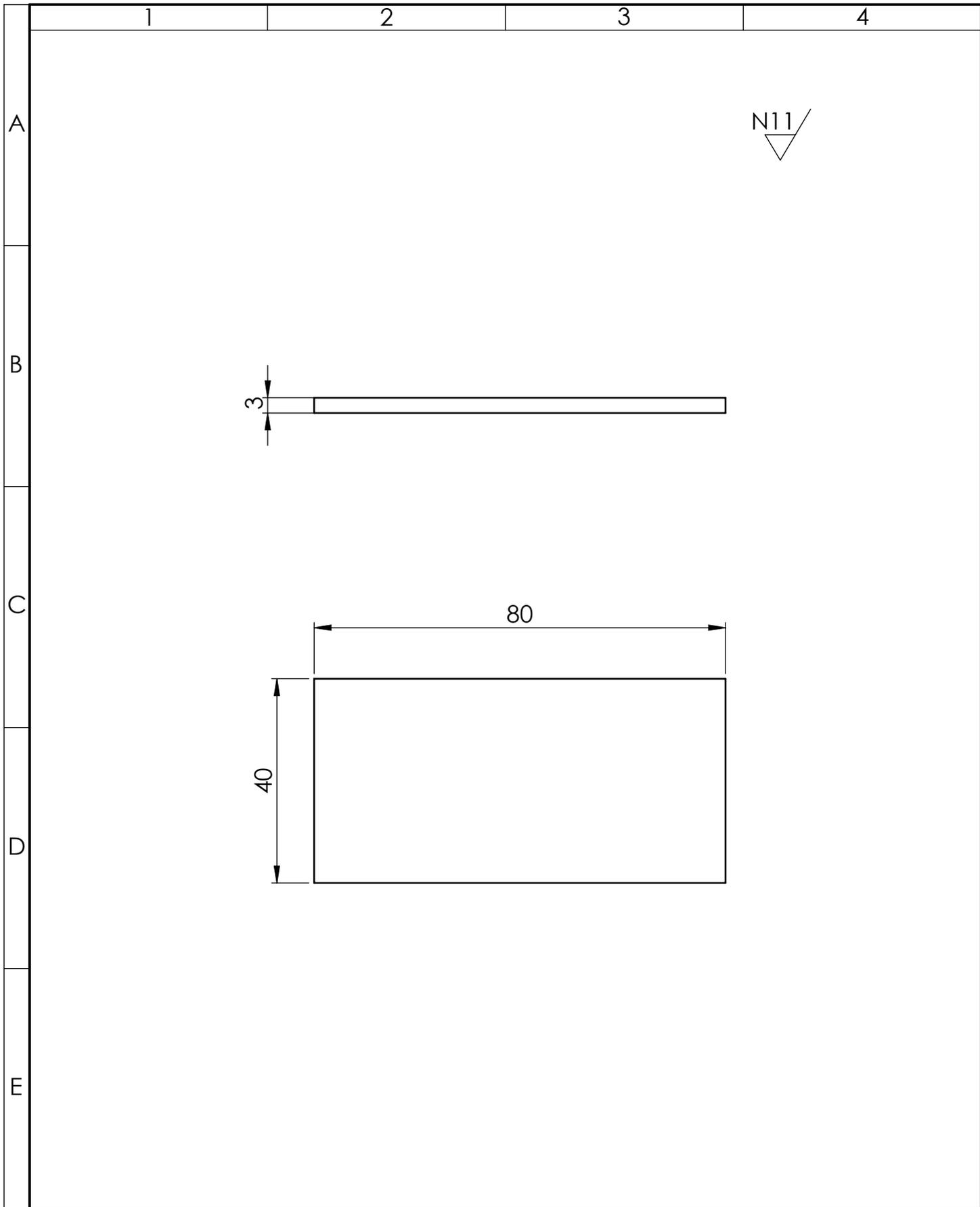
				Tolerancia: ±0,5	Peso: 527,99 gr	Material: <b>AISI 1018 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox	<b>Eje apertura tren inferior.</b>	1:2
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 7 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

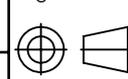


				Tolerancia: ±2	Peso: 3342.69 gr	Material: <b>ASTM A-500 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox	<b>Soporte inferior frontal.</b>	1:5
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 8 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia: ±2	Peso: 703.96 gr	Material: <b>ASTM A-500 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox	<b>Soporte inferior posterior.</b>	1:2
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 9 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia: $\pm 1,5$	Peso: 75.36 gr	Material: <b>ASTM A36 Acero</b>			
						Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
						Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox	<b>Placa lateral de la Base.</b>	1:1
						Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
						Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b>			No. de lámina:	10 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA			(Sustitución)		

1

2

3

4

N11 Taladrado



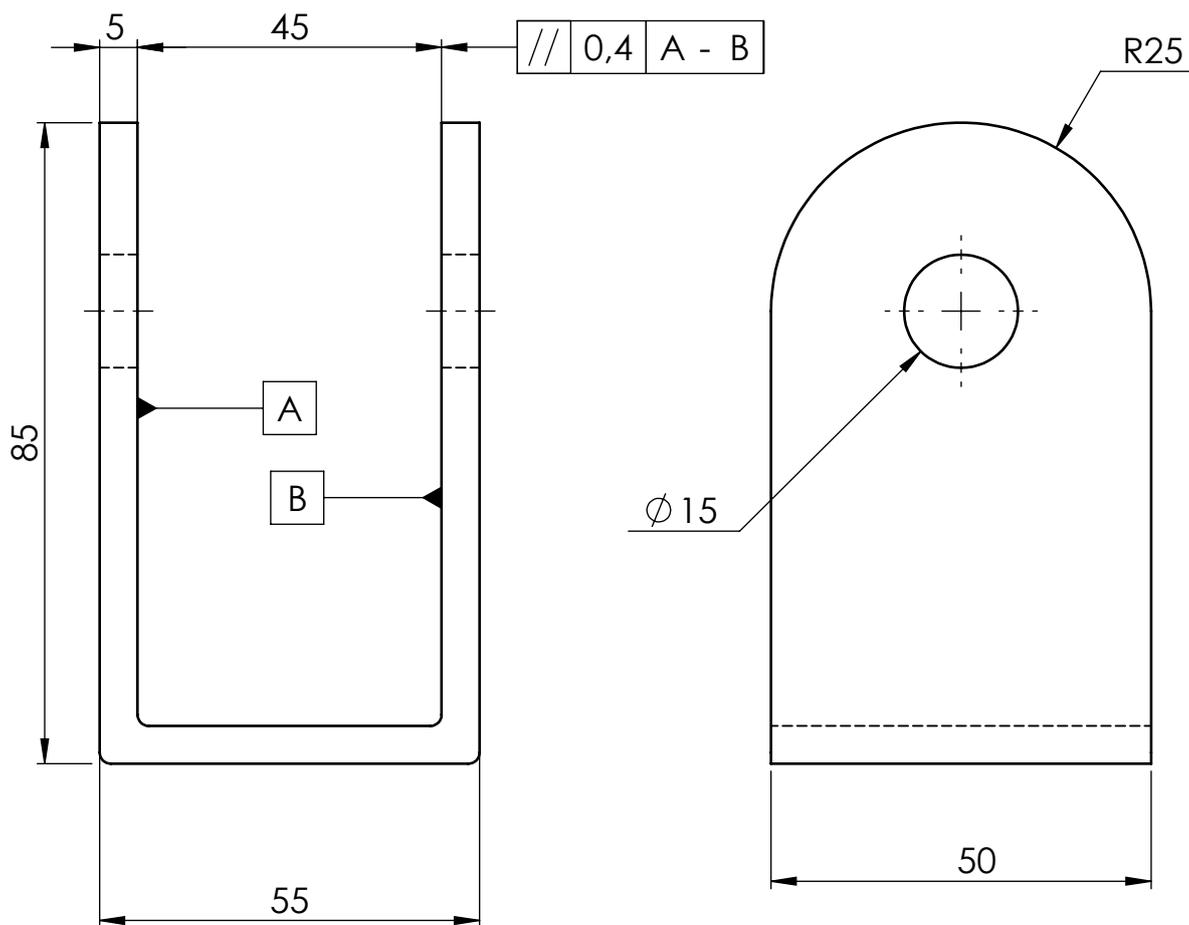
A

B

C

D

E



Tolerancia:

Peso:

Material:

±1,5

377,20 gr

ASTM A36 Acero

Fecha Nombre

Denominación:

Escala:

Dibujó: 20/09/2020 Marlon Cox

Pivote soporte inferior.

1:1

Revisó: 20/09/2020 Ing. Jorge López

Aprobó: 20/09/2020 Ing. Jorge López

U.T.A.

No. de lámina:

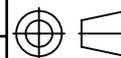
11 de 22

Registro:

Edición Modificación Fecha Nombre

INGENIERÍA MECÁNICA

(Sustitución)





1

2

3

4

A

Nota:  
Tubo cuadrado 40x3

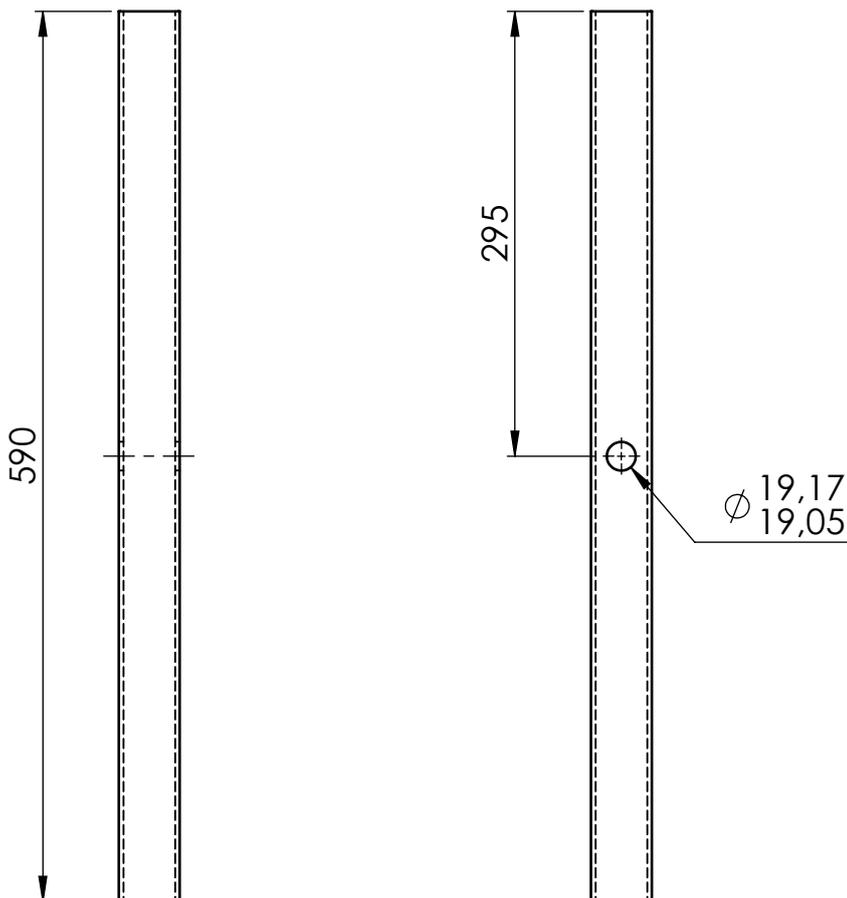
N11 Taladrado

B

C

D

E



				Tolerancia: ±2	Peso: 2038.99 gr	Material: <b>ASTM A-500 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox	<b>Base Parte 1.</b>	1:5
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 13 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

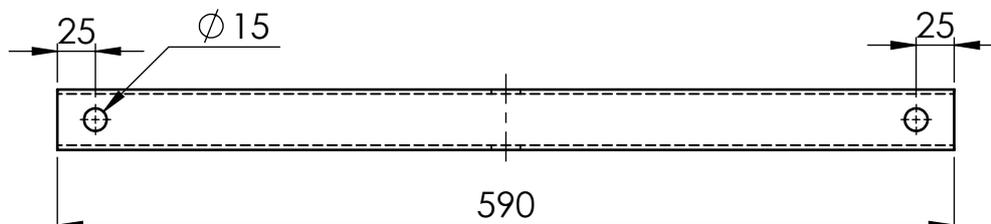
A

Nota:  
Tubo cuadrado 40x3

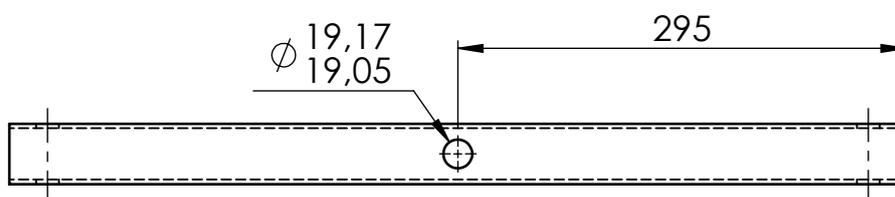
N11 Taladrado



B

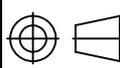


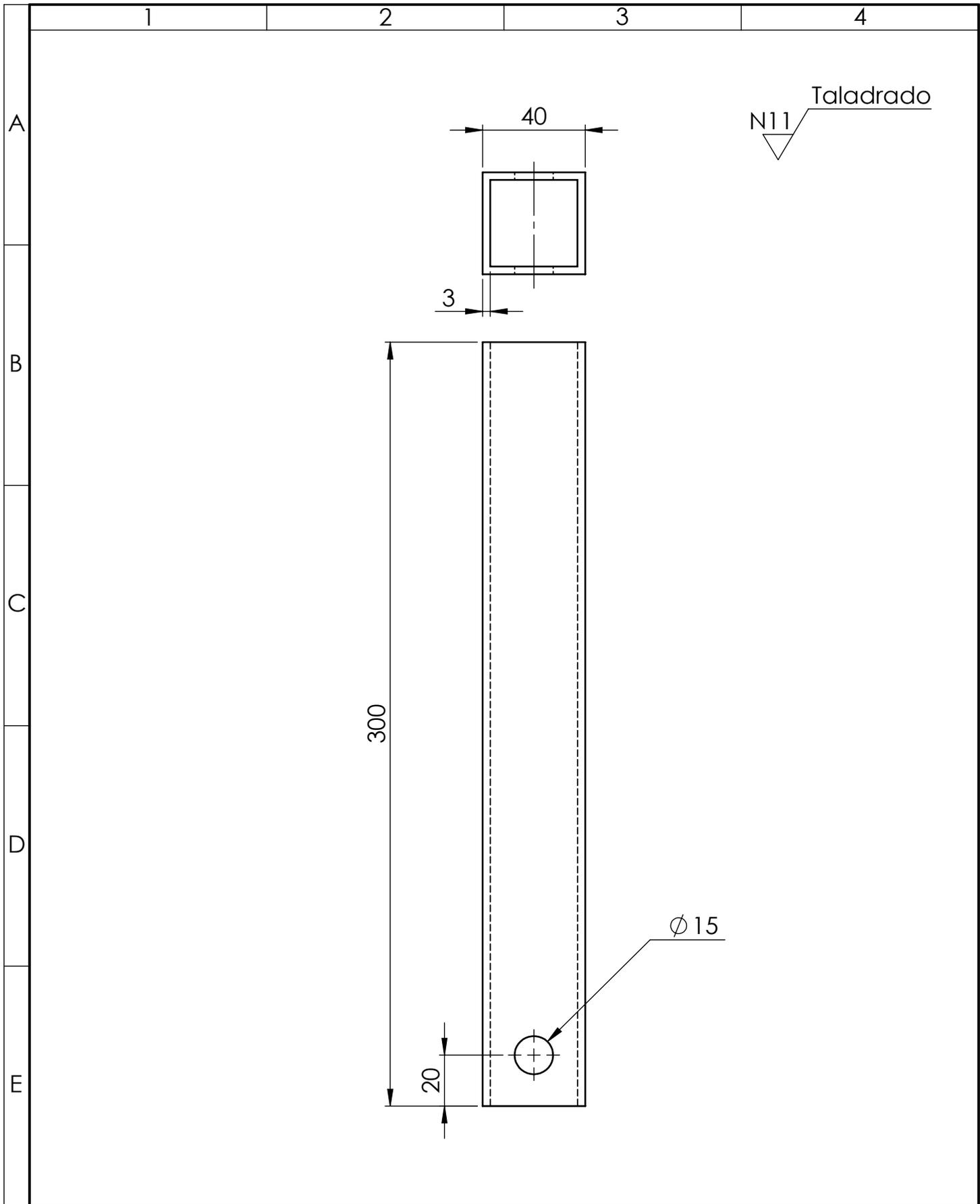
C



D

E

				Tolerancia: ±2	Peso: 2022.34 gr	Material: <b>ASTM A-500 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox	<b>Base Parte 2.</b>	1:5
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 14 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia: ±2	Peso: 1037.30 gr	Material: <b>ASTM A-500 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox	<b>Columna base actuador.</b>	1:2
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 15 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

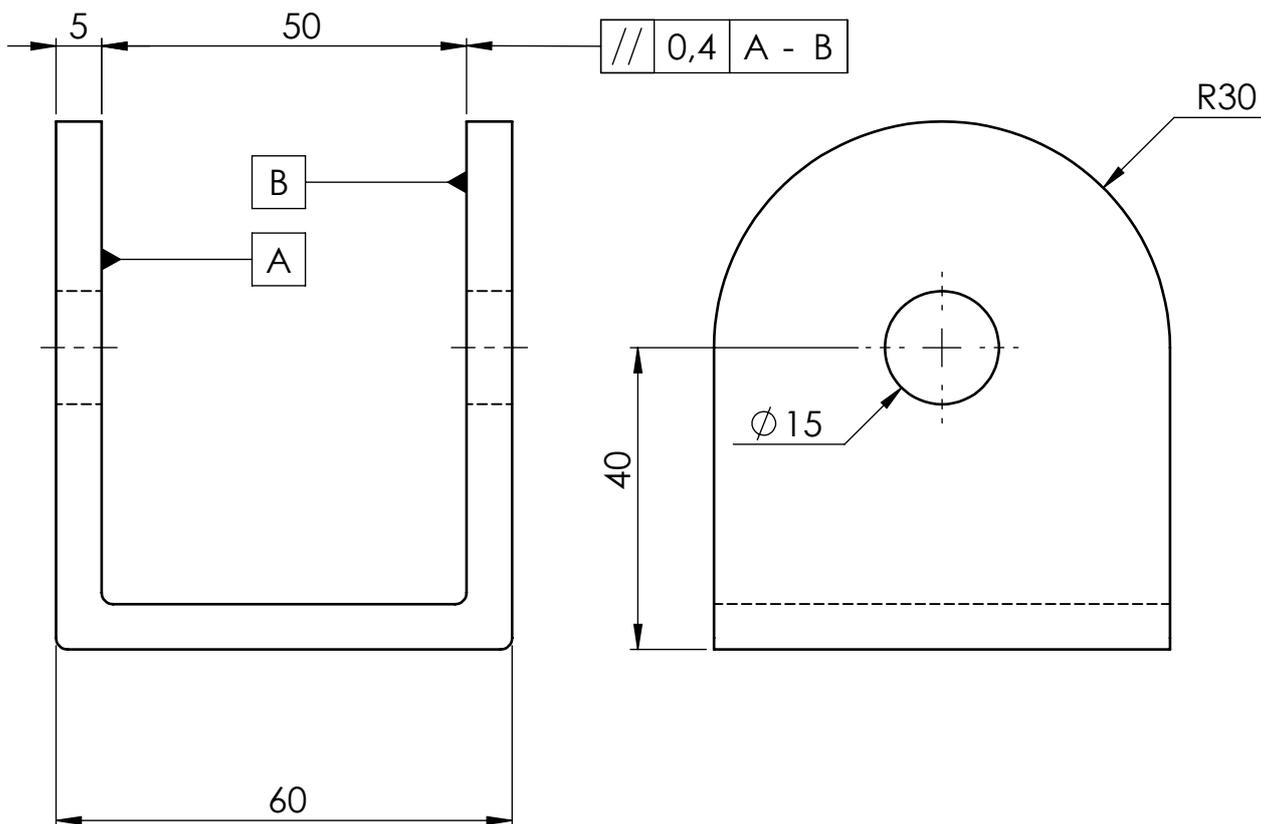
4

A

N11 Taladrado



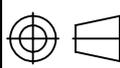
B



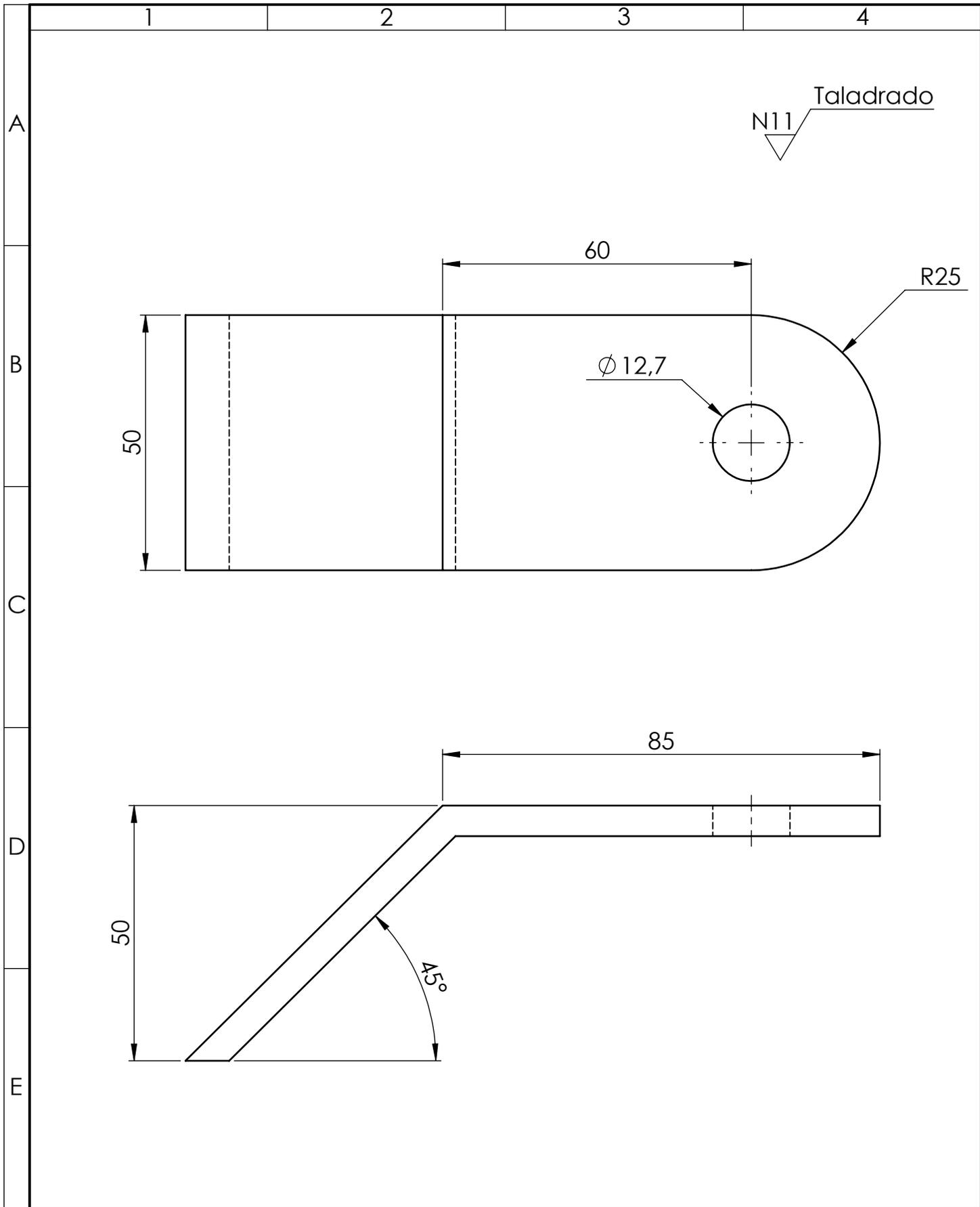
C

D

E

				Tolerancia: ±2	Peso: 478.25 gr	Material: <b>ASTM A36 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox	<b>Soporte del mastil.</b>	1:1
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 16 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	





				Tolerancia: ±1,2	Peso: 332.82 gr	Material: <b>ASTM A36 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>Soporte de rueda.</b>	Escala: 1:1
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox		
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 18 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1 2 3 4

A

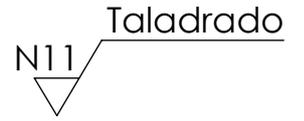
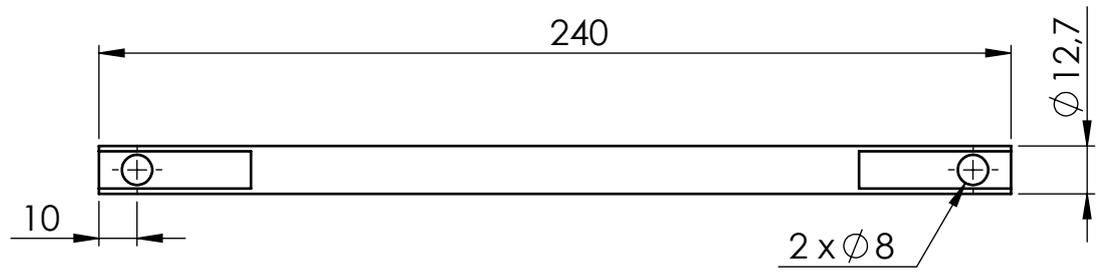
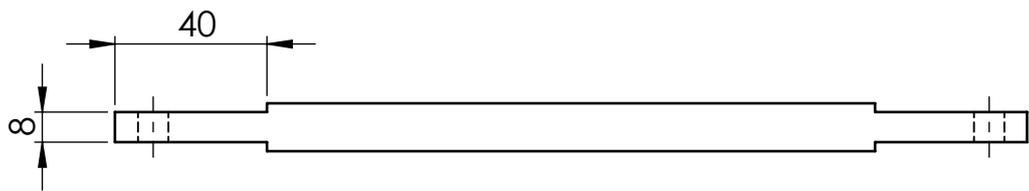
B

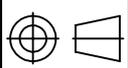
C

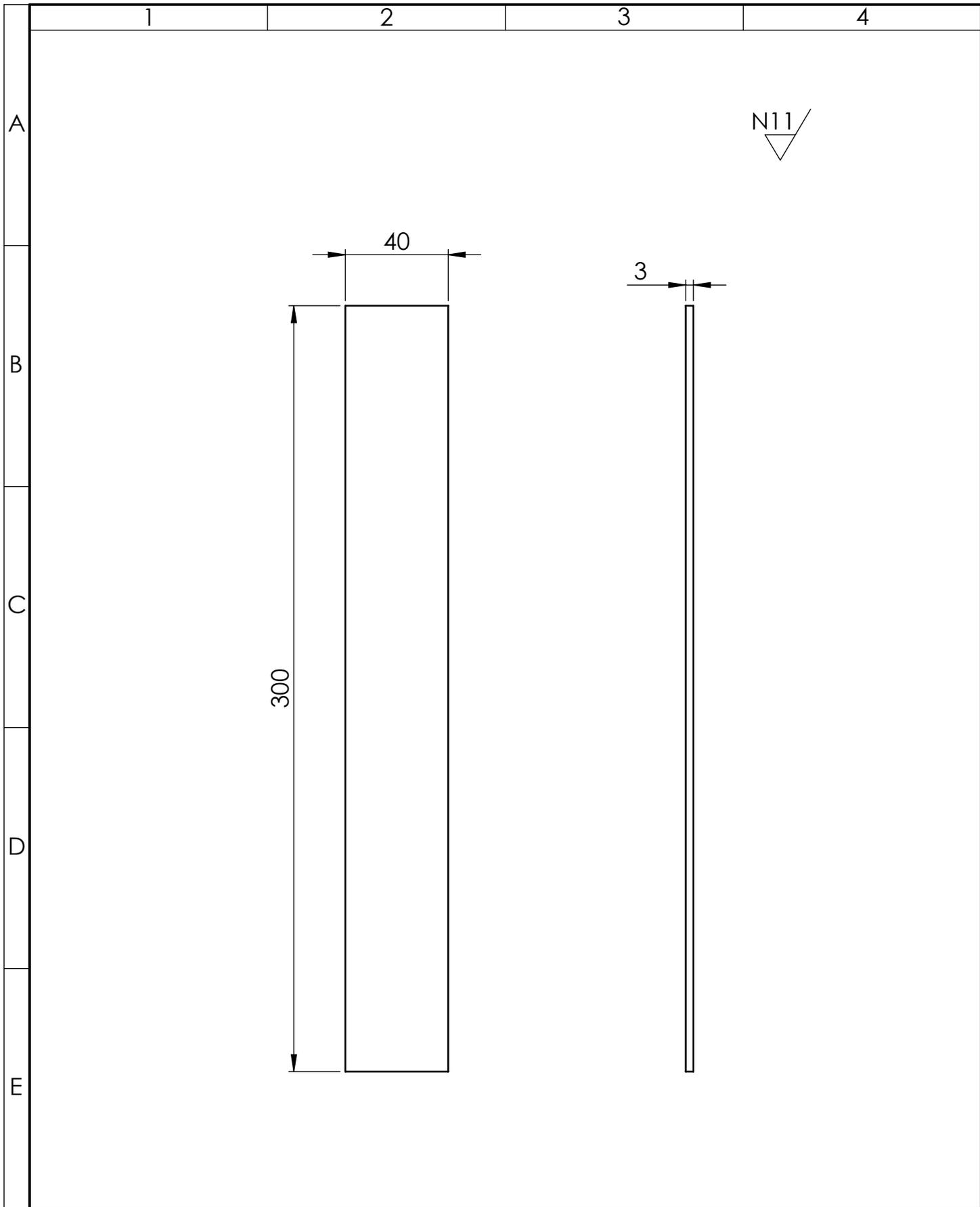
D

E

N11 Taladrado

				Tolerancia: ±2	Peso: 212.08 gr	Material: <b>ASTM A36 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox	<b>Barra de empuje</b>	1:2
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 19 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia: ±2	Peso: 282.60 gr	Material: <b>ASTM A36 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>Tensor 1</b>	Escala: 1:2
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox		
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 20 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

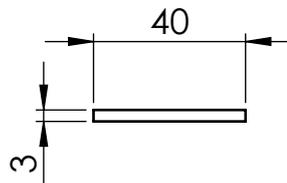
2

3

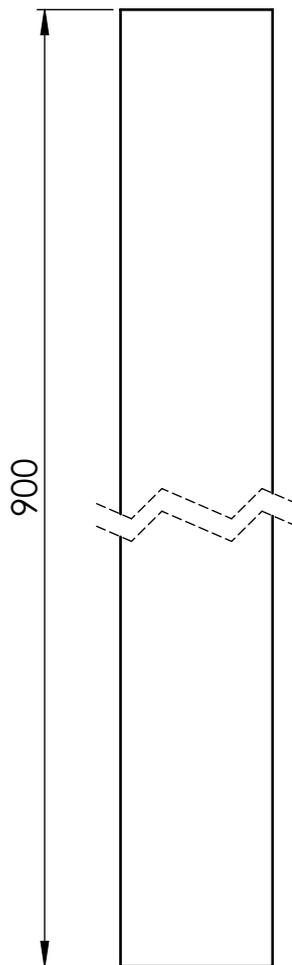
4

A

N11  
▽



B

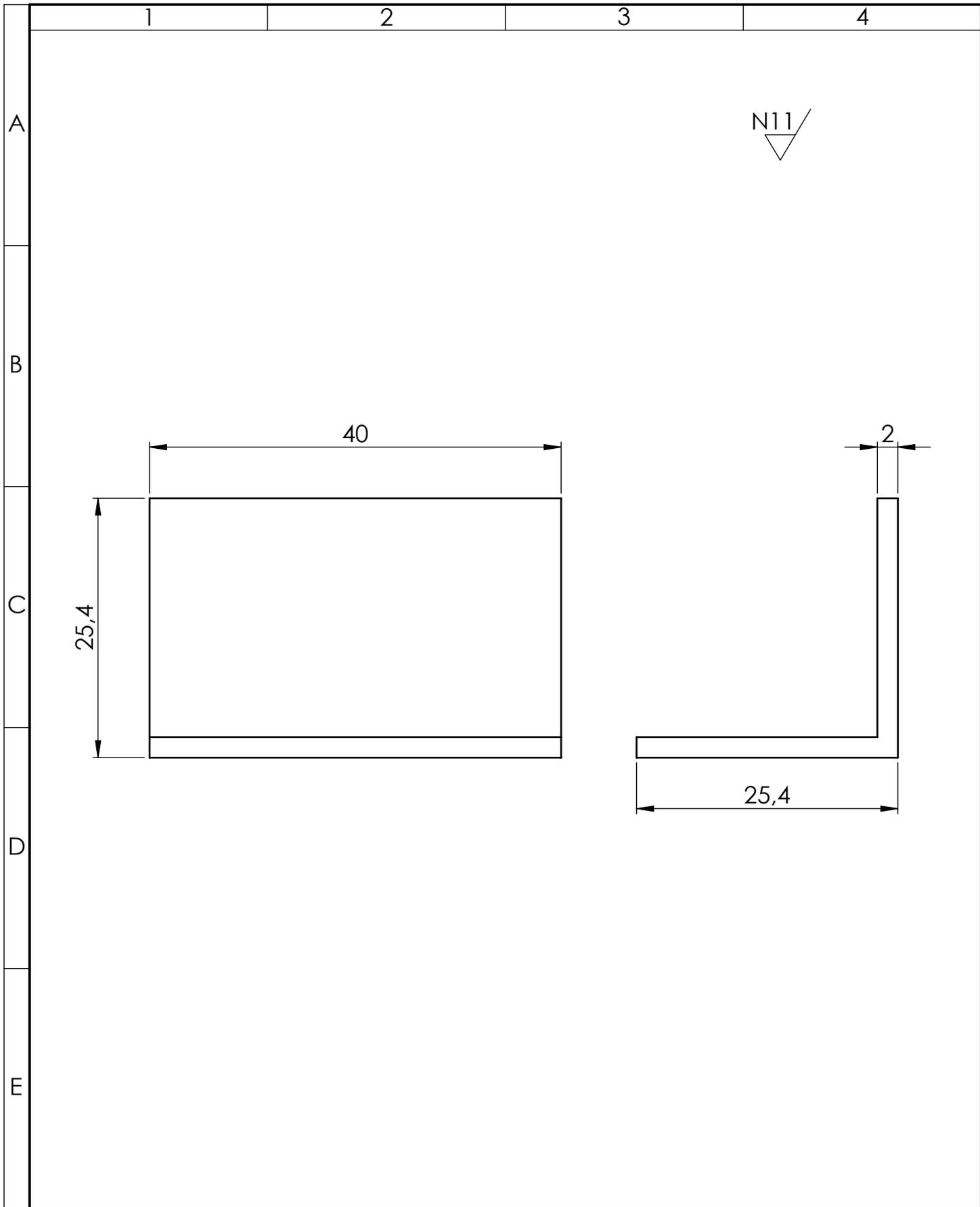


C

D

E

				Tolerancia: ±2	Peso: 847,8 gr	Material: <b>ASTM A36 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>Tensor 2.</b>	Escala: 1:2
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox		
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López	No. de lámina: 21 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



				Tolerancia: ±2	Peso: 30,65 gr	Material: <b>ASTM A36 Acero</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>Conector del tensor.</b>	Escala: 2:1
				Dibujó: 20/09/2020	Marlon Cox		
				Revisó: 20/09/2020	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 20/09/2020	Ing. Jorge López	No. de lámina: 22 de 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	