

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO CONCURRENTENTE DE UNA CAMILLA DE ATENCIÓN MÉDICA PRE HOSPITALARIA

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por los Brs.:
González W., Yoana C.
Ordaz J. Maikel J.
Para optar por el Título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2013

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO CONCURRENTENTE DE UNA CAMILLA DE
ATENCIÓN MÉDICA PRE HOSPITALARIA**

Tutor Académico: Prof. Ing. Víctor Othman Falcón

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por los Brs.:
González W., Yoana C.
Ordaz J. Maikel J.
Para optar por el Título de
Ingeniero Mecánico



Facultad de Ingeniería
INGENIERIA MECÁNICA
Universidad Central de Venezuela
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

Caracas, 13 noviembre de 20.

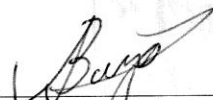
ACTA

Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el (los) bachiller (es):

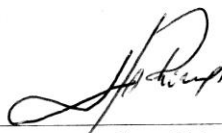
González, Yoana y Ordaz, Maikel

Titulado: “*Diseño concurrente de una camilla de atención médica pre-hospitalaria*”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente a Título de Ingeniero Mecánico.



Prof. *Antonio Barragán*
Jurado



Prof. *José La Riva*
Jurado



Prof. *Néstor O. Falcón*
Tutor

“50 años de la creación de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, de la Escuela de Ingeniería Mecánica del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales”

DEDICATORIA

A mis padres, Maique y Lourdes, por ser mi fuente de inspiración y apoyarme en mi carrera y a lo largo de mi vida, gracias por educarme con los principios morales que me guiaron por el buen camino de la vida, después de tanto tiempo este logro también es de ustedes.

A mi hermanita Andreína que es parte importante de mi vida, siempre preguntándome ¿qué pasó con la camilla?

A Alba, gracias por encaminarme con tu paciencia, tu entrega y tu amor, llenándome de tanta felicidad, dándome fuerzas para seguir luchando, y regañándome si era necesario, quizás hizo falta un poco más de regaños, y así poder concluir este gran reto, siempre en mi corazón. A toda tu familia, por siempre estar pendiente de mí.

A los Bomberos de la UCV, por haberme formado y cambiar mi forma de ver las personas y la sociedad, nuestro lema, DISCIPLINA ESTUDIO ABNEGACIÓN, siempre estará grabado en mi forma de ser.

Maikel Ordaz

A mis Padres Carolina y Roberto, este logro es por y para ustedes.

A los Bomberos de la Universidad Central de Venezuela por servir de inspiración.

A mi familia y amigos por el apoyo y el ánimo que me brindaron en este proceso, no hubiese sido posible sin ustedes.

A la familia Colmenares y la familia Rada por ser parte de mi vida y de mis éxitos.

Yoana González

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela

Al profesor Ing. Othman Falcón

Al Ingeniero Ángel Vizcaya

A los técnicos de la Escuela de Ingeniería Mecánica

Elis “Oreja” Araque

Rubén “Quepecho” Sandoval

Joel Vidal

José “Chispa” García

Al técnico de Corporea Producciones C.A.

José Peraza

A nuestros compañeros

Allan Coursey

Mariana Fraute

Leonardo Meléndez

Carlos Báez

DISEÑO CONCURRENTE DE UNA CAMILLA DE ATENCIÓN MÉDICA PRE HOSPITALARIA

González W. Yoana C. y Ordaz J. Maikel J.

Tutor Académico: Prof. Ing. Víctor Othman Falcón. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de
Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2013. Páginas 201

Palabras Clave: Ingeniería Concurrente, Diseño, Construcción, Camilla, Transporte de lesionados, Ergonomía, Actuador, Producción.

RESUMEN

En este trabajo especial de grado se desarrolló la construcción de una camilla de atención médica pre hospitalaria, utilizando métodos de diseño y realizándose todos los planos y cálculos que verifican el buen desempeño del prototipo. El trabajo se realizó apegado a la normativa nacional e internacional, que regulan las especificaciones para camillas y otros equipos usados en ambulancias, para ello se realizaron investigaciones previas plasmadas en el marco teórico, luego se realizó el proceso de selección de materiales y de esta manera se escogió el diseño más adecuado para este proyecto. Finalmente se hizo el estudio correspondiente para la fabricación de este tipo de camillas en el país, se indicó el proceso de ensamblaje y el manual de mantenimiento y uso de la misma.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ACTA DE APROBACIÓN.....	iii
RESUMEN.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Motivación.....	2
1.3. Antecedentes.....	5
1.4. Planteamiento del problema	7
1.5. Objetivos.....	9
1.5.1. Objetivo general:.....	9
1.5.2. Objetivos específicos:	9
1.6. Alcances y limitaciones.....	9
CAPÍTULO II	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. DISEÑO CONCURRENTE.....	11
2.1.1. Ingeniería Concurrente.....	12
2.2. ANTROPOMETRÍA.....	14
2.3. ERGONOMÍA.....	15
2.3.1. Posturas Forzadas.....	17
Levantamiento de Carga	18
Efectos sobre la salud.....	21
Normativas de la Salud Ocupacional en Venezuela.....	23
CAPÍTULO III.....	25
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.1. CONSIDERACIONES GENERALES	25

3.1.1.	Metodología de la toma de decisiones	27
	Matriz de Decisión.....	28
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	29
3.2.1.	Investigación bibliográfica.....	30
3.2.2.	Investigación de Usuario.....	30
3.3.	Instrumentos de Recolección de Información	31
3.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LOS DATOS	32
3.5.	COMPARACIÓN ENTRE MODELOS EXISTENTES EN EL MERCADO	39
3.6.	RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS:	42
3.7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS:	46
CAPÍTULO IV	48
EL DISEÑO	48
4.1.	Introducción.....	48
4.1.1.	Normativa Técnica de Camillas de Atención Pre- hospitalaria ...	48
4.1.2.	Restricciones del dispositivo.....	51
4.2.	Identificación de las necesidades.....	52
4.3.	Inicio de la fase divergente.....	53
4.3.1.	Alternativas para la selección del material de la estructura de la Camilla: 55	
	Criterios de selección del Material a utilizar en la estructura de la camilla:	56
	Matriz de selección para el material de la estructura:	57
4.3.2.	Alternativas para la selección del sistema de accionamiento:	57
	Criterios de selección del sistema de accionamiento de la camilla:	59
	Matriz de selección para el sistema de accionamiento:	60
4.3.3.	Alternativas para selección de la mesa soporte del paciente:	60
	Criterios de selección de la mesa soporte del paciente:	63
	Matriz de selección para la cama soporte del paciente:	64
4.3.4.	Alternativas para selección de los perfiles a usar en la estructura:	
	64	

Criterios de selección para el perfil de la estructura de la camilla:	65
Matriz de selección del perfil de la estructura:	66
4.3.5. Alternativas para la selección del plegado de las patas.....	66
Criterios de selección del plegado de las patas de la camilla:	71
Matriz de selección para el sistema de plegado de las patas:	72
4.4. Inicio de la Fase Convergente:	73
4.4.1. Materiales de la estructura:	73
4.4.2. Sistema de Accionamiento:.....	74
4.4.3. Material de la mesa soporte del paciente:	76
4.4.4. Tipos de perfiles a utilizar:.....	77
4.4.5. Sistema de plegado:.....	77
4.5. Análisis del sistema seleccionado	78
4.5.1. Ventajas de la Propuesta elegida:.....	79
4.6. La estética en el diseño.....	80
4.7. Diseño final	81
CAPÍTULO V	82
CÁLCULOS.....	82
5.1. INTRODUCCIÓN.....	82
5.2. DISEÑO DE VIGAS	82
5.2.1. Vigas Principales Superiores:	82
Diagrama de cuerpo libre de la camilla en posición plegada:.....	86
Determinación de las reacciones en los apoyos B y D:.....	86
Determinación de los Momentos Cortantes y Flectores:	87
Determinación de la Deflexión Máxima:	90
Determinación del Factor de Seguridad para la Viga Soporte Principal:	92
Teoría de la Flecha L/500	93
5.2.2. Diagramas de las Vigas Inferiores	96
5.3. ANÁLISIS ESTÁTICO.....	98
5.4. ESTUDIO DE PANDEO EN LAS PATAS DE LA CAMILLA	100
5.5. ESTUDIO EN LA MELAMINA	102

5.6.	ESTUDIO EN LOS ELEMENTOS TRANSVERSALES:	105
5.6.1.	Transversal 1:	105
5.6.2.	Transversal 2:	107
5.6.3.	Transversal 3:	109
5.6.4.	Transversal 4:	111
5.6.5.	Transversal 5:	112
5.6.6.	Transversal 6:	114
CAPÍTULO VI.....		117
AUTOMATIZACIÓN		117
6.1.	FASES DE ESTUDIO EN LA ELABORACIÓN DE UN AUTOMATISMO	117
6.2.	COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE LA CAMILLA DE ATENCIÓN MÉDICA PRE HOSPITALARIA:.....	117
6.2.1.	Definición de actuador:	117
	Ventajas de un actuador lineal eléctrico:	118
	Tipos de Tornillo del Actuador Linear Eléctrico:	119
	Consideraciones de Funcionamiento:	121
	Criterios de selección:	122
	Cálculos a considerar para el actuador lineal eléctrico:	123
6.2.2.	Fusible de protección:	125
6.2.3.	Fuente de Alimentación:	126
6.2.4.	Pulsadores:	126
CAPÍTULO VII		128
PROCESOS DE FABRICACIÓN		128
7.1.	Proceso de fabricación.....	128
7.1.1.	Componentes de la camilla	128
7.2.	Actividades y operaciones.....	132
7.2.1.	Actividades y estimación de su duración	133
7.2.2.	Diagrama de operaciones y actividades	139
7.3.	Carta de Gantt.....	147

CAPÍTULO VIII.....	150
ANÁLISIS ECONÓMICO	150
8.1. ESTUDIO DEL MERCADO	150
8.1.1. Producto principal	150
8.1.2. Especificaciones del producto.....	150
8.1.3. ANÁLISIS DE LA DEMANDA	151
8.1.4. ANÁLISIS DE LA OFERTA	151
8.1.5. COMERCIALIZACIÓN.....	152
8.2. PLANTA	155
8.2.1. Tamaño.....	155
8.2.2. Localización	157
8.2.3. Plan de desarrollo.....	163
8.3. INGENIERÍA DE PROYECTO.....	165
8.3.1. Especificaciones del producto.....	165
8.3.2. Proceso de producción	165
8.3.3. Plan de inversiones.....	166
Parámetros evaluados en la inversión.....	168
8.3.4. Punto de equilibrio	171
8.3.5. Amortización.....	173
CONCLUSIONES	176
RECOMENDACIONES	178
BIBLIOGRAFÍA.....	179
ANEXOS.....	185

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Medidas antropométricas para Latinoamérica referidos por AVILA (2001)	15
Tabla 3.1 Intención de las preguntas contenidas en la encuesta	37
Tabla 3.2 Modelos de camillas.....	39
Tabla 4.1.- Matriz de selección para el material de la estructura.....	57
Tabla 4.2.- Matriz de selección para el sistema de accionamiento	60
Tabla 4.3.- Matriz de selección para la cama soporte del paciente:.....	64
Tabla 4.4.- Matriz de selección del perfil de la estructura	66
Tabla 4.5.- Matriz de selección para el sistema de plegado de las patas	72
Tabla 4.6 Características del actuador	75
Tabla 5.1.- Deflexión por tramos en la viga principal	92
Tabla 5. 2.- Valores de las Flechas Límites de acuerdo con la aplicación.....	94
Tabla 5.3.- Deflexión por casos en la camilla abierta y cerrada	95
Tabla 5.4.- Características de la Viga Soporte Inferior.....	96
Tabla 5.5.- Resultados de las vigas inferiores.....	97
Tabla 5.6.- Fuerzas obtenidas en distintas alturas de la camilla	100
Tabla.5.7.- Datos del Material del Transversal 1	105
Tabla.5.8.- Datos del Material del Transversal 2	107
Tabla.5.9.- Datos del Material del Transversal 3	109
Tabla 5.10.- Datos del Material del Transversal 4	111
Tabla.5.11.- Datos del Material del Transversal 5	112
Tabla.5.12.- Datos del Material del Transversal 3	114
Tabla 7.1. Piezas de la camilla	130
Tabla 7.2. Procesos de fabricación.....	133
Tabla 8.1 Modelos de camillas.....	152
Tabla 8.2. Capacidad instalada.....	155
Tabla 8.3. Capacidad utilizada	156
Tabla 8.4. Capacidad ociosa.....	157
Tabla 8.5. Plan de desarrollo.....	164

Tabla 8.6. Costos fijos.....	166
Tabla 8.7 Costos variables	167
Tabla 8.8 Maquinaria	168
Tabla 8.9 Mobiliario.....	169
Tabla 8.10 Mano de obra	170
Tabla 8.11 Características del crédito	173
Tabla 8.12 Amortización.....	173
Tabla 8.13 Flujo de caja	175

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.- Partes de la Columna Vertebral.....	19
Figura 2.2.- Movilidad de la columna vertebral.....	19
Figura 3.1. El proceso de la inteligencia según Rodríguez (1999)	27
Figura 3.2 Pregunta 1 de la encuesta realizada a los paramédicos.....	42
Figura 3.3 Pregunta 2 de la encuesta realizada a los paramédicos.....	42
Figura 3.4 Pregunta 3 de la encuesta realizada a los paramédicos.....	43
Figura 3.5 Pregunta 4 de la encuesta realizada a los paramédicos.....	43
Figura 3.6 Pregunta 5 de la encuesta realizada a los paramédicos.....	44
Figura 3.7 Pregunta 6 de la encuesta realizada a los paramédicos.....	44
Figura 3.8 Pregunta 7 de la encuesta realizada a los paramédicos.....	45
Figura 4.1.- Dimensiones de la ambulancia de los Bomberos U.C.V.....	51
Figura 4.2.- Propuesta N° 1 de la mesa soporte del paciente	61
Figura 4.3.- Propuesta N° 2 de la mesa soporte del paciente	61
Figura 4.4.- Propuesta N° 3 de la mesa soporte del paciente	62
Figura 4.5.- Propuesta N° 4 de la mesa soporte del paciente	63
Figura 4.6.- Propuesta N° 1 del sistema de plegado.....	67
Figura 4.7.- Propuesta N° 2 del sistema de plegado.....	68
Figura 4.8.- Propuesta N° 3 del sistema de plegado.....	69
Figura 4.9.- Propuesta N° 4 del sistema de plegado.....	70
Figura 4.10.- Propuesta N° 5 del sistema de plegado.....	71
Figura 4.11. Actuador eléctrico Phoenix Mecano.....	76
Fig. 4.12. Ubicación del actuador	78
Fig. 4.13 Diseño final.....	81
Figura 5.1.- Dimensiones de las Vigas del Soporte Principal.....	83
Figura 5.2.- Carga distribuida del peso de una persona sobre la viga.....	84
Figura 5.3.- Carga puntual en el centroide de la región triangular	85
Figura 5.4.- Caso Crítico a Estudiar.....	85

Figura 5.5.-Diagrama del cuerpo libre de la viga en estudio	86
Figura 5.6.- Tramos de la viga principal y casos de deflexión	87
Figura 5.7.- Corte a la izquierda de la carga F.	87
Figura 5.8.- Corte a la derecha de la carga F	88
Figura 5.9.- Diagrama de la fuerza cortante en la viga principal	89
Figura 5.10.- Diagrama del momento flector en la viga principal.	90
Figura 5.11.- Deflexión en la viga principal	92
Figura 5.12.- Viga Soporte Principal, Ubicación de apoyos en Posición Plegada	94
Figura 5.13.- Casos críticos de carga en la viga.....	95
Figura 5.14.- Diagrama de la fuerza cortante en la viga inferior	96
Figura 5.15.- Diagrama del momento flector en la viga inferior	97
Figura 5.16.- Diagrama de la deflexión en la viga inferior	97
Figura 5.17.- Armazón de la camilla para el análisis estático, posición extendida.	98
Figura 5.18.- Laminas de Melamina a usar.....	102
Figura 5.19.- Carga distribuida a lo largo de la sección transversal	104
Figura 5.20.- Carga distribuida a lo largo de la sección transversal	105
Figura 5.21.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 1.....	106
Figura 5.22.- Diagrama de momento flector en el transversal 1	106
Figura 5.23.- Diagrama de la deflexión en el transversal 1	107
Figura 5.24.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 2.....	108
Figura 5.25.- Diagrama de momento flector en el transversal 2.....	108
Figura 5.26.- Diagrama de la deflexión en el transversal 2	109
Figura 5.27.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 3.....	110
Figura 5.28.- Diagrama del momento flector en el transversal 3.....	110
Figura 5.29.- Diagrama de la deflexión en el transversal 3	110
Figura 5.30.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 4.....	111
Figura 5.31.- Diagrama de momento flector en el transversal 4.....	111
Figura 5.32.- Diagrama de la deflexión en el transversal 4	112

Figura 5.33.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 5.....	113
Figura 5.34.- Diagrama de momento flector en el transversal 5.....	113
Figura 5.35.- Diagrama de la deflexión en el transversal 5.....	114
Figura 5.36.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 6.....	115
Figura 5.37.- Diagrama de momento flector en el transversal 6.....	115
Figura 5.38.- Diagrama de la deflexión en el transversal 6.....	116
Figura 6.1.- Partes de un Actuador Linear Eléctrico.....	118
Figura 6.2.- Tornillo de Bolas.....	120
Figura 6.3.- Tornillo Acme.....	121
Figura 6.4.- Fusible de vidrio.....	126
Figura 6.5.- Switch de ventana de 5 puntas.....	126
Figura 6.6.- Conexión general del circuito eléctrico de la camilla.....	127
Figura 7.1. Sub-ensamble tronco.....	139
Figura 7.2. Sub-ensamble pies y femur.....	139
Figura 7.3. Ensamble superior.....	140
Figura 7.4. Sub-ensamble viga superior.....	141
Figura 7.5. Sub-ensamble baranda.....	142
Figura 7.6. Sub-ensamble manubrio.....	142
Figura 7.7. Sub-ensamble viga inferior.....	143
Figura 7.8. Sub-ensamble patas.....	143
Figura 7.9. Sub-ensamble riel superior.....	144
Figura 7.10. Sub-ensamble riel inferior.....	144
Figura 7.11. Ensamble inferior.....	145
Figura 7.12. Ensamble final.....	146
Figura 7.13. Carta de Gantt.....	149
Figura 8.1 esquema de distribución.....	153
Figura 8.2. Organización de la planta.....	158
Figura 8.3. Distribución de planta.....	166
Planos.....	186
Imágenes reales del prototipo.....	199

Vista lateral derecha de la camilla	199
Detalle del tubo telescópico	199
Detalle del sistema para elevar los pies.....	200
Detalles del rotulado	201

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.INTRODUCCIÓN

Dentro de los múltiples campos del conocimiento que son competencia del ingeniero mecánico, se encuentra el relacionado con el diseño, actividad que en la actualidad es considerada por muchos esencialmente interdisciplinaria; ésta en su concepción más general abarca desde el simple planteamiento de una idea hasta lograr materializarla, ya que las nuevas corrientes del pensamiento en ingeniería de diseño sugieren la incorporación de etapas sucesivas interconectadas, que permiten incluso la definición desde el inicio, de los métodos y modos de producción del bien. Desde luego que dentro de este complejo proceso, es fundamental el gozar de sólidas bases en el manejo y conocimiento de los sistemas materiales, esto garantizaría una selección apropiada de acuerdo a las exigencias o solicitudes externas.

Actualmente existen muchas metodologías para el diseño de un determinado producto pero se destaca la que se hace bajo el concepto de la Ingeniería Concurrente en la cual las empresas intentan reducir el tiempo que se requiere para solventar una necesidad, integrando Ingeniería del Diseño, Ingeniería de Manufactura y otras funciones.

No está demás definir Ingeniería Concurrente como una filosofía de trabajo basada en sistemas de información y fundamentada en la idea de convergencia, simultaneidad o concurrencia de información contenida en todo el ciclo de un producto sobre el diseño del mismo. Nace de la retroalimentación de información desde áreas de fabricación hacia el diseño, con el objeto de diseñar al mismo tiempo el producto y el sistema de fabricación del producto donde se emplea herramientas informáticas, en base a la información contenida, capaces de hacer una previsión de funcionamiento de un prototipo virtual y,

con ello, ayudar al diseñador a adecuar sus especificaciones a la funcionalidad del conjunto.

Estas son herramientas de gran ayuda utilizadas en el diseño de dispositivos para la movilización de pacientes politraumatizados, esta vez se utilizará en beneficio no solo de la víctima sino del personal paramédico auxiliador que también sufre problemas de salud ocupacional, la cual es una disciplina de la medicina que se encarga del estudio de todos los riesgos, peligros y estados patógenos que el trabajador adquiere o está expuesto en su medio ambiente de trabajo.

La higiene industrial era aplicada a las industrias para prevenir los accidentes y enfermedades que como consecuencia del trabajo presentaban los trabajadores. Luego se le llamó Higiene del Trabajo para referirse no solo al ámbito industrial sino a todos los sitios de trabajo pero, no bastan medidas higiénicas sino que se requiere la acción de diversos campos de la medicina; aún se tenía un concepto incompleto, se requería la participación de un equipo donde existieran toxicólogos, trabajadores sociales, sociólogos, psicólogos, químicos, ingenieros de diversas especialidades, entre otros; por lo cual en la actualidad se le conoce como Salud Ocupacional la cual se define como la disciplina que persigue la salud del trabajador.

1.2. MOTIVACIÓN

En Venezuela contamos con pocos organismos de primera respuesta (Bomberos y Protección Civil), contando en Caracas con el apoyo del Cuerpo de Bomberos del Distrito Capital (fundado en 1937), el Cuerpo de Bomberos Voluntarios Universitarios UCV (fundado en 1960) y el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de la USB (fundado en 1993); como primeros respondedores a la comunidad.

Si bien es cierto que el paciente necesita una atención profesional, óptima y eficiente, no podemos olvidar al personal auxiliador, quien siempre esta propenso a sufrir lesiones ocupacionales por realizar un levantamiento inadecuado de cargas.

Tomando en consideración lo anterior, el estudio de la salud ocupacional es importante en este planteamiento ya que se considera los siguientes aspectos:

- Promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las profesiones.
- Prevenir todo daño causado a su salud por las condiciones del trabajo.
- Protegerlos en su empleo contra los riesgos resultantes de la presencia de agentes perjudiciales a su salud.
- Colocar y mantener al trabajador en un empleo conveniente a sus aptitudes fisiológicas y psicológicas.
- Adaptar el trabajo al hombre y no el hombre a su trabajo.

En el campo de respuesta y control de emergencia se carece de programas capaces de cumplir con estas propuestas. Si bien es cierto que la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones Y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT) sí lo regula, muy pocas instituciones públicas o privadas de atención médica pre hospitalaria lo cumple, creyendo que estos principios no son aplicables a ellos, como por ejemplo los Cuerpos de Bomberos del país.

Una de las grandes necesidades en materia de salud ocupacional en los servicios de respuesta y control de emergencias, es que no se tiene un registro epidemiológico ni se cuantifica la morbilidad de las patologías presentadas por el personal respondedor y mucho menos se investigan sus causas. Pero, algunas de las patologías más comunes en los servicios de atención médica pre hospitalaria son los trastornos músculo esqueléticos, donde predominan las

discopatías, las lumbalgias, las contracturas y mialgias dorsales, artralgias de diversas etiologías a nivel rotular, estas últimas atribuibles a los procesos de levantamiento manual de cargas y micro impactos repetitivos a la rotula en el proceso de colocación de la rodilla en el suelo.

Se identifica una de las causas como el hecho del levantamiento manual de cargas por parte de los paramédicos, incide en las lesiones de columna y rodilla. La carencia de una adecuada plataforma de capacitación, enseñanza y educación de los programas de higiene postural, que le permitan identificar al personal de ambulancia y rescate la carga máxima de peso que por su antropometría y desarrollo físico pueden levantar.

El reglamento de Seguridad, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo Venezolano en su artículo 223 establece que el peso máximo de levantamiento de cargas manuales, hasta la altura de los codos, para el hombre es de 50 Kg y para la mujer es de 30 Kg, De acuerdo a la norma OSHA (Occupational Safety and Health Act), Ley de Seguridad y Salud Ocupacional, en referencia a esto, establece un máximo de 30 Kg para el hombre y de 15 Kg para la mujer. Por lo que un paciente de 120 Kg mas 25 Kg promedio del peso de la camilla, haría que el levantamiento del conjunto del paciente exponga la integridad y salud de la espalda y las rodillas del personal; aún cuando se esté adoptando la adecuada postura.

Nace la idea de minimizar este impacto negativo que sufre el personal auxiliador; a través de la creación de una camilla especial, una camilla que soportaría la carga del paciente cuando es levantado hacia la ambulancia, haciendo uso de principios mecánicos para diseñar un sistema capaz de movilizar verticalmente a la víctima, logrando la mayor estabilidad y comodidad para la misma y disminuyendo significativamente la carga del personal auxiliador.

El diseño del prototipo será bajo el enfoque de la Ingeniería Concurrente, el cual trata de facilitar el proceso de fabricación simplificando el diseño del nuevo producto a través de la reducción de los componentes que lo conforman, de esta manera se facilita el proceso de elaboración del producto, se disminuye el número de horas hombres y los costos, entre otros.

Es importante explicar que estas camillas de atención pre hospitalaria ya existen en el mercado, aunque no disponibles aún en Venezuela, pero por no realizarse una construcción local sus costos son muy elevados; a través de este proyecto se plantea el diseño concurrente de la misma, tomando en cuenta todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde el diseño conceptual, hasta su disponibilidad incluyendo calidad, las necesidades de mercado que va a cubrir, los medios y métodos de fabricación y recursos para que sean más accesibles a las instituciones responsables de actuar en atención y servicio de la comunidad.

1.3. ANTECEDENTES

1.- En el Año 2004, Grecia López, desarrolló su trabajo especial de grado en la escuela de Ingeniería Mecánica, con el título de “*Diseño concurrente de un dispositivo de inmovilización completa para pacientes politraumatizados*”, en dicha investigación se llegó a los siguientes resultados:

- Se desarrolló un prototipo que asegurara la rigidez necesaria para la inmovilización del paciente, fabricada con materiales producidos en el país y con procesos de fabricación simples, además para complementar esta inmovilización se diseñaron dispositivos como correas sujetadoras e inmovilizadores de cabeza que se ajustan a las dimensiones del prototipo.

2.- En el año 2011, en el XVIII Congreso Argentino de Bioingeniería SABI 2011 - VII Jornadas de Ingeniería Clínica, en Mar del Plata, se presentó el trabajo realizado por R. E. Neira, M. D. Barbero, E. A. Di Giulio, J. F. Folco y G. F. Jiménez, el cual lleva por título “*Construcción de una camilla automatizada para Bipedestación*”. En este proyecto se planteó lo siguiente:

- Después de un estudio de los elementos existentes aplicados a mejorar las condiciones del paciente en el proceso de bipedestación, se observó que los mismos son escasos, insuficientes y de un costo elevado, generalmente por su procedencia del exterior. Con el diseño y desarrollo de esta camilla automatizada se logra mejorar la movilidad del paciente, así como disminuir notablemente los problemas del personal asistencial, reduciendo sus patologías laborales y mejorando la calidad de vida del paciente y del personal médico y auxiliar.

3.- En el año 1992 se publicó la patente a un invento el cual lleva por nombre: Plataforma elevadora automática de camillas para ambulancias, realizado por Plaza Soto, Juan Santos y con titularidad de Suministros Assa, S.C.C.L. en Barcelona, España.

- La Patente de Invención tiene por objeto garantizar el derecho a la fabricación y explotación exclusiva de una plataforma elevadora automática de camillas para ambulancia, especialmente usada en las ambulancias que constituyen una UVI móvil. La plataforma elevadora automática de camillas, está constituida por una bancada inferior, el brazo basculante, la bancada de elevación, el conjunto de cilindros eléctricos y los pedales con sus mandos y conexiones eléctricas. La actuación de los dos cilindros que actúan cruzados respecto al plano inclinado del brazo basculante, permite que la plataforma ascienda horizontalmente, mientras que el uso de uno u otro cilindro permite inclinar la plataforma, y por tanto la camilla.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entre los servicios de atención médica pre hospitalaria el trabajo que realizan los paramédicos a bordo de una ambulancia es motivo de análisis. Generalmente cuando se lee algún texto de formación profesional de paramédicos o se asiste a algún evento educativo se habla de todo lo referente para la atención y salvaguarda de la vida y la salud del paciente o la víctima, pero muy pocos de estos escenarios se dedican a la protección de la salud del personal paramédico.

Quienes administran servicios de atención y respuesta a emergencias, muchas veces creen que esta preocupación se satisface solamente dotando al personal de adecuados equipos de protección personal y demás utensilios que el presupuesto de la organización para la cual el respondedor trabaja le permita adquirir.

Uno de los esfuerzos que en los últimos tiempos el Instituto de Prevención, Salud y Seguridad Laboral ha venido realizando es precisamente el que los equipos de trabajo estén adecuados a nuestras realidades venezolanas. Cuando se realizan proyectos de adquisición de una unidad ambulancia se busca un vehículo importado que cumple con una norma internacional de diseño que es la DOT KKK1822F y que establece todo lo relativo al diseño de ambulancias, entre otras cosas la altura que debe existir entre el suelo y el piso de la ambulancia, es así como en nuestro país se compran vehículos diseñados para paramédicos de 1,90 m de estatura, y se le da a nuestros paramédicos de 1,70 m de altura, la responsabilidad de tener que levantar a un paciente con una camilla manual, en algunos casos hasta la altura del tórax, para poder introducirla en el interior de la ambulancia.

La técnica que emplean los Bomberos Universitarios para cargar la camilla con un paciente a bordo es la misma que emplean los pesistas, se coloca un paramédico por cada lado de la camilla, luego de haber colocado los pies

ligeramente separados, se flexionan las piernas y el tronco hasta que las manos hagan contacto con la barra de sujeción. La magnitud de esta flexión depende de las características individuales de cada bombero. Las rodillas deben estar dirigidas hacia fuera y el tronco hiperextendido, garantizando la mayor transmisión de la fuerza de las piernas y el tronco a la barra. La cabeza debe estar ligeramente flexionada hacia atrás, lo que por acción refleja, eleva el tono muscular de los extensores del tronco y reduce el tono de los flexores de los brazos. Se observa que aunque el paramédico está adiestrado para prevenir el impacto lumbar en la manera de alzar dicha camilla con la carga del paciente, no es suficiente para evitar que sufra dolencias y otras perturbaciones en su salud debido a la situación poco ergonómica a la que se expone cada vez que socorre a un herido.

Entonces la pregunta sería ¿Debemos buscar paramédicos más altos y más corpulentos o comprar ambulancias que estén de acuerdo a nuestras realidades antropométricas? O quizás ¿Diseñar equipos adecuados al paramédico promedio de nuestro país? Es aquí donde está enfocado este estudio.

Actualmente el país no cuenta con empresas que fabriquen camillas con dispositivos automatizados que permiten reducir el impacto de los trastornos músculo esqueléticos en un personal paramédico auxiliador. El paramédico debe proporcionar la ayuda a un paciente politraumatizado y asegurar la estabilidad del mismo mientras levanta manualmente la camilla con la que cuenta; desde una altura mínima posible hasta la altura de la ambulancia ya que solo tiene estas únicas alternativas de posiciones de la camilla.

Y en este último aspecto, se resalta la necesidad de diseñar el prototipo de camilla para la seguridad y disminución de riesgos por lesiones ocupacionales, a los paramédicos que levantan cargas inadecuadas durante el proceso de atención pre hospitalario ya que, la integración de un mecanismo

hidráulico, neumático o eléctrico, para el soporte del peso del mismo beneficiaría al personal auxiliador, al paciente mismo y se incorporaría en el país un producto adecuado para satisfacer las necesidades de atención de este tipo, bajo estándares de calidad y costos de la ingeniería concurrente.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general:

Diseñar concurrentemente una camilla de atención médica pre-hospitalaria

1.5.2. Objetivos específicos:

- Realizar la investigación bibliográfica.
- Estudiar los dispositivos de este tipo existentes.
- Verificar las normas que especifican las características que debe tener una camilla de atención pre-hospitalaria.
- Estudiar la ergonomía del dispositivo.
- Definir el mecanismo de acción mecánica más conveniente para la camilla.
- Verificar la capacidad de soporte del dispositivo en cuanto a las cargas sometidas.
- Seleccionar materiales para la fabricación del dispositivo.
- Verificar costos de materiales.
- Construcción del prototipo.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES

Los alcances y limitaciones están definidos de acuerdo a la evaluación de los materiales, tiempo y requerimientos académicos, analizando de esta

manera la disponibilidad de los mismos para la ejecución del presente proyecto.

Los alcances que se proponen son los siguientes:

- Diseño de la camilla de atención médica pre-hospitalaria tomando en cuenta la posibilidad de construcción de la misma, costos y disponibilidad en el mercado de los materiales requeridos.
- Partir del análisis de esfuerzos estáticos y dinámicos de la estructura para que soporte un paciente de 200 Kg.
- Adaptación del equipo mecánico seleccionado, bien sea hidráulico, neumático o eléctrico que permitirá la movilización vertical de la camilla.
- Se elaborarán los planos de conjunto y partes utilizando un paquete computacional de diseño asistido por computadora.
- Incorporar al sistema la opción de accionamiento manual para operar la camilla como respaldo en caso de que falle el automatismo o el suministro de energía.
- Fabricación de un prototipo.
- Ensayo del dispositivo para verificar la resistencia de carga.

Las limitaciones para el desarrollo de esta propuesta de trabajo especial de grado que se tienen son:

- La falta de estudios previos en el área de diseño de camillas de atención pre-hospitalaria.
- Carencia de información en cuanto a la manufactura de este tipo de camillas.
- Los dispositivos deberán ser de operación sencilla, de fácil mantenimiento y limpieza.
- Recursos económicos para la fabricación del prototipo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.DISEÑO CONCURRENTES

El diseño de un producto es un proceso integral y un esfuerzo combinado de especialistas de diferentes campos, que debe concluir con la obtención de nuevos productos. Este proceso se desarrolla, fundamentalmente, entre dos momentos: una idea que emana para satisfacer una necesidad detectada, que se debe especificar en términos de requerimientos funcionales y se debe expresar en términos ingenieriles, y la materialización física de la idea, un producto, máquina, etc.

Tradicionalmente, los aspectos que han predominado en el proceso de diseño de un producto han sido la función y el costo: se trataba de diseñar productos que funcionasen y que pudieran venderse a un precio adecuado al mercado. Aunque en la actualidad estos aspectos siguen siendo de vital importancia, ahora el diseño del producto se entiende como un proceso más integral que, además de considerar la función y el coste, incorpora mas consideraciones que hacen referencia a todo el ciclo de vida del producto, tales como: la fabricación y el montaje, el mantenimiento y la reparación, la ergonomía, la fiabilidad, la calidad, el tiempo de introducción en el mercado, entre otros.

Se puede definir el diseño concurrente como una metodología en la cual todas las fases de desarrollo de un producto están estrechamente relacionadas. En un modelo de diseño concurrente, las unidades de desarrollo trabajan en forma paralela, con el objetivo de reducir el tiempo ocupado en un modelo convencional, secuencial o escalonado.

La ingeniería y el diseño concurrente proporcionan, precisamente, un enfoque de trabajo adecuado para abordar el diseño de productos bajo esta perspectiva global. Para ello dispone de múltiples herramientas que permiten considerar simultáneamente, y desde las primeras etapas del proceso de diseño, todos los aspectos y restricciones del producto, lo cual facilita el análisis, la evaluación y la síntesis en una orientación.

2.1.1. Ingeniería Concurrente

La ingeniería concurrente surgió como respuesta a la necesidad de mejorar la comunicación entre los responsables del diseño de un producto, en particular, entre los encargados de especificar las características de un producto, y el resto de los participantes en el proceso de desarrollo y fabricación del mismo. Pretende que los desarrolladores, desde un principio, tengan en cuenta desde el diseño conceptual hasta su disponibilidad incluyendo calidad, costo y necesidades de los clientes. Persigue un estudio metódico, simultáneo, en el momento de creación del producto, de las necesidades de mercado que va a cubrir, de los requisitos de calidad y costos, de los medios y métodos de fabricación, venta y servicio necesarios para garantizar la satisfacción del cliente.

Según Hartley (1992), Los orígenes de la Ingeniería Concurrente se remontan a la década de 1950, cuando Genichi Taguchi trabajó en el desarrollo de los principios del Diseño Robusto mientras trabajaba en Nippon Telegraph and Telephone. Una década después, dos profesores japoneses desarrollaron otra de las técnicas fundamentales de este concepto: el Despliegue de la Función de Calidad (QFD por sus siglas en inglés). Su primer uso se reporta en los astilleros de la Mitsubishi Heavy Industries, a principios de la década de 1970.

La técnica incluía un proceso sistemático que ayudaba a los diseñadores a desplegar las necesidades del cliente, en segundo lugar, planteaba que el diseño debería ser realizado no por una sola persona sino por un equipo compuesto por personal de las diferentes áreas de la empresa proveedora del producto o servicio: diseñadores de producto, ingenieros de manufactura, personal de mercadotecnia, ventas y servicio, etc. Se podía resolver entonces dos limitaciones inherentes del diseño aislado: la falta de conexión con el usuario final, quien había perdido cierta importancia en función de la necesidad por hacer al producto compatible con el proceso de producción en masa, y la imposibilidad que tiene una sola persona para entender y dominar todos los aspectos con que debe cumplir un producto para que sea exitoso.

Esta nueva perspectiva se apoya en nuevos métodos tales como: Diseño para la fabricación y montaje (DFMA), para la calidad (DFQ), para el entorno (DFE), Así como nuevas herramientas basadas en tecnologías de la información y de la comunicación: Herramientas asistidas por el ordenador: diseño CAD, ingeniería CAE, fabricación CAM, herramientas integradoras PDM, redes locales, Internet y nuevas formas organizativas tales como equipos pluridisciplinarios, organización matricial o por líneas de proyecto. No se debe olvidar que la concepción de productos y servicios continúa siendo esencialmente una tarea humana y punto de encuentro entre la técnica, la ciencia y las humanidades.

En relación con el diseño se debe considerar la participación del Departamento de Marketing y los clientes para asegurar que el producto responda a las necesidades de los mismos, el Departamento de Producción, proveedores incluidos, para asegurar la posibilidad de fabricación del producto y el Departamento de Calidad para asegurar que el producto y proceso están dentro de los valores de calidad necesarios.

Desde el punto de vista del entorno, esta ingeniería busca mejorar el valor, la aceptación del producto, teniendo en cuenta: ergonomía para facilitar

la relación hombre-máquina, diseño industrial, seguridad para evitar riesgos y daños personales y medio ambiente para economizar consumo de material.

2.2. ANTROPOMETRÍA

Es el estudio de las medidas del cuerpo humano en todas sus posiciones y actividades, se encarga de registrar todos los caracteres métricos cuantitativos y cualitativos del cuerpo humano y por eso es una de las áreas que fundamentan la ergonomía. Trabaja con las medidas del cuerpo humano que se refieren al tamaño del cuerpo, formas, fuerza y capacidad de trabajo y los datos antropométricos son utilizados para diseñar los espacios de trabajo, herramientas, equipo de seguridad y protección personal.

Para hacer más analítica la antropometría se debe recopilar información que la hará más significativa, información de índole social, cultural, económica, tecnológica, demográfica, psicológica, etc.

En la actualidad se distinguen dos tipos de dimensiones antropométricas que es necesario considerar en el diseño de todo proyecto: las estructurales y las funcionales.

Las dimensiones antropométricas estructurales o antropometría estática están relacionadas con las dimensiones de segmentos específicos del cuerpo humano, alturas, perímetros, anchuras, larguras y masa corporal. Se aplican a diseños de objetos que requieren pocos movimientos o a espacios de actuación que no tienen en cuenta el movimiento tridimensional

Las dimensiones antropométricas funcionales o antropometría dinámica están relacionadas con las dimensiones resultantes del movimiento del cuerpo humano o de sus partes, tales como: cambios posturales, ángulos, alcances, velocidades, aceleraciones, fuerzas y espacios descritos en las trayectorias de los movimientos. Se aplican a diseños de puestos o estaciones de trabajo donde

hay que considerar la dimensión para determinar la función específica que se va a desempeñar.

Según Fundacredesa la altura promedio del venezolano para el año 1.993 es de 1667mm en los hombres y 1530mm en las mujeres.

A continuación se presenta una tabla con algunas medidas antropométricas promedio en Latinoamérica para el año 2.001

Tabla 2.1. Medidas antropométricas para Latinoamérica referidos por AVILA (2001)

	Hombres	Mujeres
Altura del codo [mm]	1065,9	969
Altura de nudillos [mm]	778,8	708

Estas medidas serán consideradas en el diseño, para estimar la altura de las diferentes posiciones de trabajo en la camilla.

2.3. ERGONOMÍA

El término fue acuñado en Inglaterra en 1950 por un grupo de físicos, biólogos, psicólogos, médicos e ingenieros, para describir las actividades interdisciplinarias destinadas a resolver los problemas creados por la tecnología de guerra, se deriva de las raíces griegas *ergom* (trabajo o fuerza) y *nomos* (ley, regla o conocimiento). En todas las aplicaciones su objetivo común es tratar de adecuar los productos, las tareas, las herramientas, los espacios y el entorno en general a la capacidad y necesidades de las personas de manera que mejore la eficiencia, la seguridad y el bienestar de los consumidores, usuarios o trabajador.

Las máquinas se conciben y construyen para ayudar al ser humano y no para lo contrario, lo que significa que la relación hombre-máquina constituye

uno de los aspectos más importantes de los sistemas técnicos y que más condicionan su diseño ya que engloba fundamentalmente dos puntos de vista: el de la ergonomía, que centra la atención en la máquina como herramienta de trabajo; y el de la usabilidad, que se refiere a la facilidad de uso de los productos como apoyo a las actividades humanas.

La Ergonomía considera los principios de capacidades físicas y psicológicas de las personas, a fin de evitar o disminuir los riesgos de daños y enfermedades, así como mejorar la calidad de vida en el trabajo, siendo el primer escalón para la obtención de una producción con calidad o bien para conseguir respuestas más eficaces de parte de un personal auxiliador por ejemplo.

Es importante considerar que la ergonomía busca prevenir, entre otros daños y lesiones, desordenes músculo-esqueléticos, que son los daños al cuerpo humano por trabajos repetitivos y esfuerzos mecánicos, que se van desarrollando gradualmente en semanas, meses o años, que generan condiciones anormales o enfermedades físicas, y que a menudo se producen mientras se tiene una postura incomoda e inadecuada.

Los factores del diseño industrial que intervienen para elevar el rendimiento del ser humano son:

Factores inherentes al objeto: Dimensiones del producto, distribución de los elementos de indicación y de mando, etc.

Factores inherentes al operario: Estatura, habilidad, capacidad de aprendizaje, capacidad de reacción, memoria, edad, etc.

Factores inherentes al proceso de trabajo: Grado de dificultad, volumen del trabajo, monotonía, causas de estrés, etc.

Factores inherentes al ambiente: Ruidos, vibraciones, polvo presente en el aire, porcentaje de humedad en el aire, temperatura, iluminación, ventilación, presión, etc.

Los aspectos ergonómicos que más inciden en el diseño de los productos, son:

Diversidad y antropometría: Si bien ciertos productos se dirigen a una persona concreta (aparatos ortopédicos, vestidos a medida), la mayor parte de ellos se prevén para amplios colectivos de población en mercados cada vez más globalizados. La antropometría es la ciencia que estudia y aporta las medidas de las personas.

Interacción persona-máquina: Se tiene la interacción manual con el objeto o herramienta, donde el usuario aporta la energía para realizar su control, por ejemplo un martillo. La interacción mecánica permite que el usuario aporte una energía limitada y la máquina la amplifica por medio de una fuente exterior como es en el caso de un automóvil. La interacción automática, por otra parte, vincula los sistemas que son autorregulados donde la intervención humana se limita a programar y al mantenimiento, lo cual se puede apreciar en un torno de control numérico.

Comunicación y mando: Relaciona el diseño de los dispositivos de comunicación y mando. Se debe asegurar una correcta percepción de los mensajes, evitar confusiones o malas interpretaciones, conseguir una buena accesibilidad de los mandos, para procurar que no produzcan confusiones o estrés en las personas.

2.3.1. Posturas Forzadas

Se considera una postura forzada la posición de trabajo que presuma que una o varias regiones anatómicas dejen de estar en una posición natural de confort para pasar a una posición exigida que genera hiperextensiones,

hiperflexiones y/o hiperrotaciones osteoarticulares con la consecuente producción de lesiones por sobrecarga.

Estas posturas comprenden las posiciones del cuerpo fijas o restringidas, las situaciones que sobrecargan los músculos y los tendones, las posiciones que cargan las articulaciones de una manera asimétrica y que producen carga estática en la musculatura.

Existen numerosas actividades en las que el trabajador debe asumir una variedad de posturas inadecuadas que pueden provocarle un estrés biomecánico significativo en diferentes articulaciones y en sus tejidos blandos adyacentes, es común en trabajos con posiciones en bipedestación, sedestación prolongada, y situaciones continuas de levantamiento de cargas, pudiendo dar lugar a lesiones músculo-esqueléticas, sus efectos van desde las molestias ligeras hasta la existencia de una verdadera incapacidad.

Levantamiento de Carga

La columna vertebral está compuesta por:

- Cervical: Integrada por 7 vértebras
- Dorsal: Compuesta de 12 vértebras sobre las que se articulan las costillas.
- Lumbar: Es la región inferior y se compone de 5 vértebras con sus discos, raíces nerviosas, músculos y ligamentos. Las vértebras de esta región son las más grandes y soportan un mayor peso.
- Sacra: Compuesta por 5 vértebras, en una persona adulta estas se encuentran soldadas, forman un hueso triangular (el sacro), que se mete en cuña entre los huesos de la cadera y forma la pared posterior de la pelvis.
- Coccígea: Está compuesta por 3, 4, 5 ó 6 vértebras des atrofiadas, las vértebras del coxis están soldadas y muchas veces están unidas al sacro.



Figura 2.1.- Partes de la Columna Vertebral

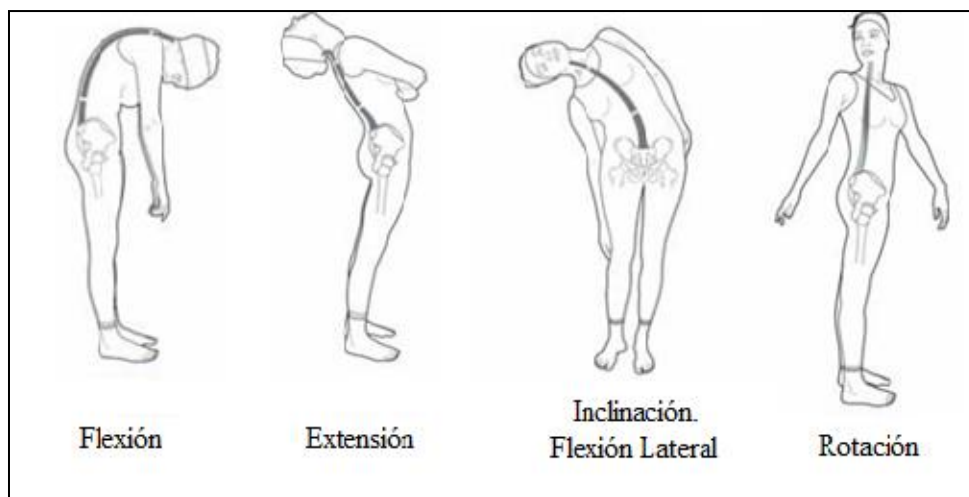


Figura 2.2.- Movilidad de la columna vertebral

De acuerdo con McGill (1997), durante el levantamiento de carga, el “momento extensor” sobre las articulaciones de la zona lumbar es generado por la musculatura paravertebral, con el propósito de superar el “momento flexor” creado por el peso de la carga y del tren superior del cuerpo. Las lesiones sobre

las estructuras músculo-ligamentosas podrían ocurrir como una consecuencia de las fuerzas compresivas y de cizallamiento involucradas.

Estas fuerzas actúan sobre cada unidad funcional vertebral (par de vértebras y disco). Sin embargo, es poco probable que su magnitud genere daño en el disco cuando se ejecuta un levantamiento simple. Es más probable que una lesión sea provocada por cargas acumulativas, pues las cargas compresivas repetitivas reducen la tolerancia del tejido a la falla.

Una actividad en la que se observa las fuerzas de compresión que actúan sobre la unidad funcional vertebral, es la que realiza el personal paramédico, ya que continuamente ejecuta la tarea de levantar la camilla de atención pre-hospitalaria con el paciente a bordo, tanto en las situaciones donde la contextura del paramédico es inferior en talla y peso que la del paciente que debe auxiliar como en las que no, el simple hecho de alzar manualmente la camilla de la que dispone más el paciente hasta la altura de la ambulancia, se puede ver comprometida la salud del mismo por las cargas acumulativas que absorbe cuando está de servicio.

Realizar levantamiento de carga con posturas que involucren flexión extrema (agachada), constituye riesgo potencial de lesión, demasiadas inclinaciones, giros y levantamiento en posiciones incómodas pueden desgastar la cubierta de los discos y producir dolor. McGill y Kippers (1994).

Las fuerzas de cizalla también son considerables cuando la carga es levantada desde una postura con flexión lumbar extrema. Sin embargo, la orientación de las fibras de los erectores espinales es tal que, cuando se tensan, generan una fuerza de cizalla posterior sobre la vértebra superior, que contrarresta la generada por el peso del tren superior y la carga.

Por otra parte, la exposición prolongada a posturas estáticas que involucren flexión lumbar extrema podría generar el fenómeno de “creep” en los tejidos (los ligamentos no retornan inmediatamente a su estado de longitud de reposo al descender la carga). La consecuencia puede ser una pérdida de la estabilidad temporal, posterior al período durante el cual se mantuvo tal flexión

lumbar. Esto podría aumentar la probabilidad de una lesión durante el manejo manual de carga que se realice inmediatamente después, en cualquier postura.

Efectos sobre la salud

Los trastornos musculo esqueléticos son de aparición lenta y de carácter inofensivo en apariencia, por lo que se suele ignorar el síntoma hasta que se hace crónico y aparece el daño permanente; se localizan fundamentalmente en el tejido conectivo, sobretodo en tendones, y pueden también dañar o irritar los nervios, o impedir el flujo sanguíneo a través de venas y arterias. Son frecuentes en la zona de hombros y cuello.

Se caracteriza por molestias, incomodidad, impedimento o dolor persistente en articulaciones, músculos, tendones y otros tejidos blandos, con o sin manifestación física, causado o agravado por movimientos repetidos, posturas forzadas y movimientos que desarrollan fuerzas altas.

El protocolo del manejo manual de cargas es una de las tareas que realizan los paramédicos y personal auxiliador a la hora de alzar y sostener la camilla de atención pre-hospitalaria, sin embargo no es suficiente para prevenir algunos traumatismos.

Los traumatismos en hombro y cuello son:

- **Tendinitis del manguito de los rotadores:** El manguito de los rotadores lo forman cuatro tendones que se unen en la articulación del hombro. Los trastornos aparecen en trabajos donde los codos deben estar en posición elevada, o en actividades donde se tensan los tendones o la bolsa subacromial. Se asocia con acciones repetidas de levantar y alcanzar con y sin carga, y con un uso continuado del brazo en abducción o flexión.

- **Síndrome de estrecho torácico o costoclavicular:** Aparece por la compresión de los nervios y los vasos sanguíneos que hay entre el cuello y el hombro. Puede originarse por movimientos de alcance repetidos por encima del hombro.
- **Síndrome cervical por tensión:** Se origina por tensiones repetidas del elevador de la escápula y del grupo de fibras musculares del trapecio en la zona del cuello. Aparece al realizar trabajos por encima del nivel de la cabeza repetida o sostenidamente, o cuando el cuello se mantiene en flexión.

Los traumatismos en mano y muñeca:

- **Tendinitis:** Es una inflamación de un tendón debida, entre otras causas, a que está repetidamente en tensión, doblado, en contacto con una superficie dura o sometido a vibraciones. Como consecuencia de estas acciones el tendón se ensancha y se hace irregular.
- **Tenosinovitis:** Producción excesiva de líquido sinovial por parte de la vaina tendinosa, que se acumula, hinchándose la vaina y produciendo dolor. Se originan por flexiones y/o extensiones extremas de la muñeca.
- **Síndrome del canal de Guyon:** se produce al comprimirse el nervio cubital cuando pasa a través del túnel Guyon en la muñeca. Puede originarse por flexión y extensión prolongada de la muñeca, y por presión repetida en la base de la palma de la mano.

Traumatismos en brazo y codo:

- **Epicondilitis y epitrocleítis:** Con el desgaste o uso excesivo, los tendones se irritan produciendo dolor a lo largo del brazo, incluyendo los puntos donde se originan. Las actividades que pueden desencadenar este síndrome son movimientos de extensión forzados de la muñeca.

- **Síndrome del túnel cubital:** originado por la flexión extrema del codo.

Traumatismos de la espalda:

- **El lumbago:** Afecta la región lumbar o parte inferior de la espalda, está causado, la mayoría de las veces, por un movimiento giratorio repentino e incontrolado del tronco, o por forzar la espalda al levantar un objeto pesado. El dolor, la rigidez y la contractura en la zona lumbar son los primeros síntomas.

Normativas de la Salud Ocupacional en Venezuela

Norma Técnica para el Control en la Manipulación, Levantamiento y Traslado de Cargas de acuerdo al Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales (INPSASEL)

Capítulo I - Artículo 1. Establecer los criterios, pautas y procedimientos, fundamentales, para la regulación de la manipulación, levantamiento y traslado de cargas, con relación a: Procesos peligrosos y condiciones disergonómicas generadas por los procesos de trabajo que impliquen alteraciones músculo-esqueléticas, en particular lumbosacras, sin menoscabo a patologías que puedan presentarse en otras regiones del cuerpo humano; que generen daño a la salud o perjudiquen las condiciones físicas de los trabajadores y las trabajadoras.

Capítulo III - Artículo 10. El empleador o la empleadora, asociaciones cooperativas u otras formas asociativas, deberá garantizar la implementación de sistemas mecánicos que minimicen el esfuerzo físico ejercido por los trabajadores y trabajadoras, previa evaluación y justificación del Servicio de Seguridad y Salud en el Trabajo con la consulta y aprobación del Comité de

Seguridad y Salud Laboral, sobre la imposibilidad de automatizar los procesos que impliquen Manipulación, Levantamiento y Traslado de Cargas, así como también la implementación de un programa de prevención de trastornos músculo esqueléticos.

Capítulo IV - Artículo 56. Los empleadores y empleadoras cuya actividad económica involucre la manipulación levantamiento y traslado tanto de personas como de animales, deberán garantizar a los trabajadores y trabajadoras los medios técnicos de asistencia necesarios, en cantidad y calidad suficientes, para minimizar el esfuerzo humano durante la ejecución de la maniobra.

La Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT)

Art. 56 - Num. 1: Automatizar el proceso de manejo de cargas manuales en la medida de lo posible con los avances tecnológicos, así, se disminuye la exposición del trabajador a las lesiones músculo - esqueléticas y muchas veces con un mínimo de inversión.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

En el presente marco metodológico se introducirán de manera preliminar los diversos procedimientos para recopilar, presentar y analizar los datos, con el fin de cumplir con el propósito general de la investigación planteada que es desarrollar una camilla automatizada de atención pre hospitalaria y a su vez integrar el diseño concurrente de este tipo de prototipo para su fabricación nacional. En esta etapa se revisará toda la información que se obtuvo del marco teórico, se analizará y se convertirá toda la literatura conseguida en datos útiles para el diseño.

Desde el planteamiento ergonómico es conocido quiénes son los usuarios, qué actividad realizarán y en qué entorno se dará la relación ergonómica. En relación a los productos existentes, se debe analizar los dispositivos semejantes que hay en el mercado, de esta manera se ubica la competencia que tendrá en el mismo, respondiendo a las preguntas: ¿quiénes comprarán este producto?, ¿qué es lo que realmente necesitan y qué les gustaría tener?; a la vez que se estudian sus ventajas y desventajas distinguiendo lo que es útil aplicar en el nuevo diseño y lo que definitivamente se debe evitar.

Aspectos de la Metodología:

La investigación: Comprende las etapas 1, 2 y 3. Basado en organizar la manera de trabajar y la información que se va a requerir para el desarrollo del proyecto.

1.- Introducción y estructuración.- Se inicia con el descubrimiento de una necesidad y en base a ella se plantea todo el proyecto; se tiene que concretar la terminología que se va a emplear.

2.- Investigación y marco teórico. - Se establecen los temas y conceptos que se requiere investigar y se desarrolla el marco teórico en donde se incluyen temas como materiales, mecanismos, competencia, estilos de diseño, ergonomía, etc.

3.- Metodología.- Una vez obtenida la información se marca la metodología que se seguirá para realizar el análisis de la misma. Y esta etapa concluye con la definición de los requerimientos o premisas de diseño.

El desarrollo creativo: Equivale a la etapa 4 y es en donde se desarrolla la idea del producto.

4.- La proyección y el desarrollo del diseño. - Que se maneja como segundo aspecto, se inicia precisamente con las premisas de diseño, se concretan las ideas con bocetos, alternativas, planos, modelos, cálculo de resistencia de materiales y estructuras, costos, etc.

Soluciones y conclusiones: Son las etapas 5 y 6, es en donde se lleva a cabo el proyecto.

5.- Etapa de resultados.- Se hacen pruebas de producción hasta llegar a un prototipo, para poder hacer el juego de planos finales.

6.- Etapa de conclusiones.- En esta etapa, ya con prototipos y planos, se obtienen conclusiones de los costos y de la resistencia así como del proceso de fabricación.

El proceso ergonómico: Se desarrolla a través de toda la metodología, de principio a fin, desde la etapa 1 en donde se define el tipo de producto que se va a solucionar y se delimita el análisis ergonómico hasta el prototipo final en donde se hacen pruebas ergonómicas.

3.1.1. Metodología de la toma de decisiones

Se inicia con una planeación en la que se definen los objetivos, se jerarquizan las necesidades, se auditan los recursos disponibles, se establece el presupuesto, y la calendarización de actividades. Posteriormente se continúa con la selección de las fuentes de información clasificadas como: primarias como son las investigaciones de campo o secundarias como documentos impresos, bases de datos especializadas, Internet, etc. Habiéndose concluido el proceso de acopio de la información más relevante, se comienza el proceso de discriminación de la misma para posteriormente procesarla, ordenarla, analizarla e interpretarla. Por último, se hace la difusión de los resultados hacia el usuario final y se procede a la toma de decisiones.

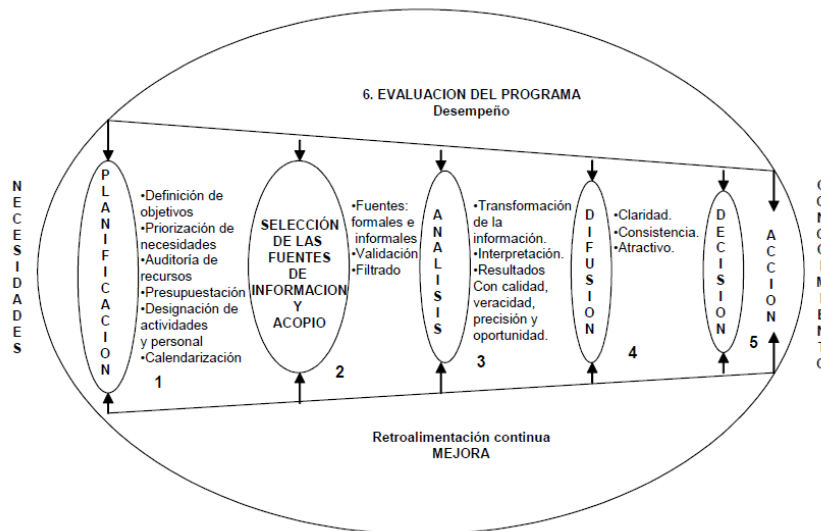
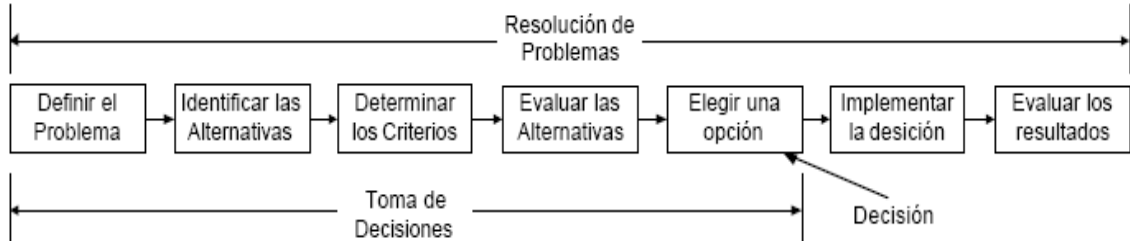


Figura 3.1. El proceso de la inteligencia según Rodríguez (1999)

Matriz de Decisión

La matriz de decisión es una técnica aplicable a distintos campos, dentro y fuera de la ingeniería, para la toma de decisiones racionales, entre distintas alternativas aparentemente posibles. Mejora la objetividad del proceso de selección por ser estructurado, de metodología sistemática, repetible y con resultados en idioma universal (números).

Consiste en un la ponderación numérica del grado de cumplimiento que cada idea de diseño alcanza respecto de cada uno de los criterios a cumplir por la máquina que se procura proyectar, para luego integrar estas ponderaciones en una única calificación global (puntuación) de la idea de diseño. La comparación de las calificaciones globales es un criterio racional para la selección, evidentemente se elige la (o las) ideas de mayor puntaje.



Se usará la ponderación relativa:

En este paso se pondera el grado de cumplimiento que cada idea tiene respecto de cada criterio. La idea de referencia puede ser: un producto existente en el mercado y considerada la mejor, un estándar industrial o puede ser una de las ideas en curso que sobresale en las evaluaciones previas y luego se pondera el cumplimiento que cada idea considerada tiene de cada criterio, en escala de 1 al 5 o bien más detallada, de 1 a 10, en cuanto al grado de cumplimiento respecto del de la Referencia.

Contenido de la Matriz de decisión:

1.- Alternativas: Representan las filas de la matriz. Entre las características necesarias para que una alternativa sea considerada como válida se puede mencionar que debe ser posible, debe estar orientada a cumplir por lo menos uno de los objetivos y deben ser mutuamente excluyentes.

2.- Estados naturales: Son los distintos mundos futuros posibles, que consisten en la combinación de los distintos niveles, grados o valores y se ubican en la columna de la matriz. Cada columna estará afectada por el grado de propensión a suceder por medio de la probabilidad.

3.- Resultados: En la intersección de cada fila con cada columna va el resultado de haber seleccionado el respectivo curso de acción y haber sucedido el respectivo estado natural. Estos resultados son estimados y futuros y no necesariamente numéricos.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En función de los objetivos propuestos, se considera que una investigación del tipo exploratoria es ideal para diagnosticar, evaluar y solucionar la necesidad encontrada en este proyecto.

La investigación estará dividida en dos fases: La primera consiste en reconocer los principales elementos que debe poseer una camilla de atención médica pre-hospitalaria y mediante la aplicación de encuestas a los usuarios, en la segunda fase y atendiendo a los resultados obtenidos de la encuesta, se desarrollará el diseño que se ajuste a los requerimientos planteados con el fin de satisfacer las necesidades de los interesados de una manera sencilla y económica.

3.2.1. Investigación bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica con libros, revistas e Internet, así como también se hizo consultas a especialistas tales como bomberos, médicos, dueños de empresas importadoras de este tipo de camillas; a través de entrevistas, con el fin de conocer la disponibilidad de este tipo de dispositivos en el mercado, el comportamiento de los mismos, la demanda y demás información útil para tener una mejor panorámica de la problemática.

3.2.2. Investigación de Usuario

Con esta investigación se busca establecer quiénes son los usuarios de las camillas de atención médica pre-hospitalaria, cuáles son sus impresiones acerca del comportamiento del dispositivo y sus expectativas; con el fin de determinar los requisitos de uso del mismo.

La entrevista y la encuesta figuran dentro del conjunto de técnicas que se introducirán a fin de cumplir con los objetivos del proceso de esta investigación, vinculada al diagnóstico de la situación actual, permitirán captar las causas que originan el problema y de esta manera poder plantear los correctivos necesarios para solventar la situación.

Las camillas de atención médica pre – hospitalaria tiene dos tipos de usuario, el paramédico y el paciente, de los cuales el que puede aportar información apropiada es el primero, ya que es el que está en contacto directo y constante con la camilla que maneja, conoce su practicidad, peso, impacto sobre su salud, entre otros aspectos.

Este importante instrumento de recolección de información se aplicó con el propósito de permitirle al individuo entrevistado (bomberos

universitarios) expresar su percepción sobre las camillas de atención médica pre-hospitalarias que usan actualmente y cómo se ve afectada la salud del paramédico por el frecuente uso de estos dispositivos cuando levantan a un paciente.

3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Existe un conjunto de técnicas e instrumentos de recolección de información, en función del proceso de investigación propuesto:

1.- Los que centran su atención en la observación y el análisis de la diversidad de fuentes documentales existentes, donde los hechos han dejado huellas y demandan la incorporación de una serie de técnicas y protocolos instrumentales muy específicos. Clasificados también, como fuentes secundarias, ya que estos datos han sido reunidos por otros individuos.

2.- Los que incorporan la observación, bien sea humana (observación directa, indirecta, participante, no participante, sistemática, estructurada, etc.) o mecánica (con el uso de instrumentos tales como cámaras fotográficas, de vídeo, grabadores, etc.) para el análisis de la conducta o cualquier hecho social.

3.- Aquellos que se dedican a la observación de la realidad y exigen respuestas directas de los sujetos estudiados, donde se interroga a las personas en entrevistas orales o por escrito, mediante el uso de encuestas, entrevistas, cuestionarios o medidas de actitudes. Estos dos últimos grupos de métodos se ubican dentro de la clasificación de fuentes primarias, debido a que los datos son reunidos y utilizados por el investigador a partir de la observación directa de la realidad objeto de estudio.

3.4.DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

Técnicas de Relaciones individuales y grupales

Partiendo inicialmente de la técnica de observación científica, y desde la perspectiva teórica que orienta este estudio, se intentarán captar las necesidades de las personas que maniobran las camillas de atención pre – hospitalaria, mediante una serie de observaciones directas, que permitan asegurar y confirmar los planteamientos e inquietudes que presenta la muestra de estudio.

Se quiere obtener la mayor cantidad de información posible, relacionada con cada uno de los parámetros que involucra el levantamiento de la camilla con un paciente, la incorporación a la ambulancia, la ergonomía de la misma para el usuario, así como las ventajas y desventajas de algunos de los modelos existentes en el mercado, con el fin de extraer un número significativo de cualidades positivas para el momento de desarrollar el diseño. Se elaborará un cuadro de preguntas abiertas y cerradas en un orden lógico, focalizando la atención en aquellos factores de interés, que han sido determinados mediante la revisión bibliográfica y las observaciones sistemáticas realizadas.

Se define la variable de estudio:

Se quiere evaluar el impacto negativo en la salud del bombero cuando levanta a un paciente en una camilla de atención pre - hospitalaria manual así como su percepción acerca de una nueva camilla que sea automatizada, con alturas variables, que reducirá el esfuerzo al realizar esta maniobra habitual.

A este nivel del proceso de recolección de datos, y definido el objetivo de la encuesta, delimitadas las variables de estudio, la problemática general y

específica que deberá contener y la naturaleza de los datos que se desean recoger en relación con los propósitos de la información, se procederá a diseñar este instrumento. Teniendo en cuenta la información que se desea obtener, se incorporó en las encuestas una serie de preguntas de hecho, de opinión y preguntas test, las cuales son abiertas y cerradas, directas o indirectas, preformadas y en abanicos de respuestas. En cuanto a la organización de las encuestas, se tuvo especial cuidado que tanto el contenido de los aspectos indagados como la naturaleza de las preguntas que se formularon, sugirieran un orden lógico, sin rupturas y fácil de seguir para la persona encuestada. Como estrategia de diseño de este instrumento, al inicio del mismo aparecen los datos de identificación de la persona, manteniendo el anonimato y el carácter confidencial de sus respuestas. Se redactaron preguntas de manera impersonal, limitadas a una sola idea, con la finalidad de permitirle al individuo encuestado expresar sus pensamientos respecto a la problemática presentada.

A continuación se presenta el formulario de la encuesta aplicada a 100 Bomberos Voluntarios de la Universidad Central de Venezuela:



Encuesta para el trabajo especial de grado



**“Diseño Concurrente de una Camilla
Automatizada de Atención Médica Pre - Hospitalaria”**

Institución a la que pertenece:

Tiempo de servicio: _____ **Cargo que desempeña:**

Objetivo: - Evaluar el impacto en la salud del paramédico, producto del levantamiento de pacientes en camillas manuales. - Evaluar la utilidad de una camilla automatizada

Condiciones:

La encuesta es anónima, la información que nos proporcione es confidencial y solo será utilizada para conocer los objetivos descritos anteriormente.

Producto:

Será una Camilla de altura variable con un sistema de accionamiento que permita elevar al paciente, de fabricación nacional, ergonómica y segura, con la finalidad contribuir con las mejoras de las condiciones de trabajo del personal paramédico.

Instrucciones:

Lea cuidadosamente antes de responder, marque con una equis (X) la respuesta que considere correcta.

La encuesta no le llevará más de 5 minutos, muchas gracias por su colaboración.

ITEM

1. ¿Considera usted que la camilla antes descrita es?

___ Muy útil ___ Útil ___ Poco útil ___ Nada útil

2. ¿En la actualidad la empresa o institución en la que usted labora cuenta con un equipo igual? ___ SI ___ NO

3. ¿Ha presentado alguna molestia al momento de manipular una camilla manual? Señale donde:

1: Cuello y/o hombro

2: Codo

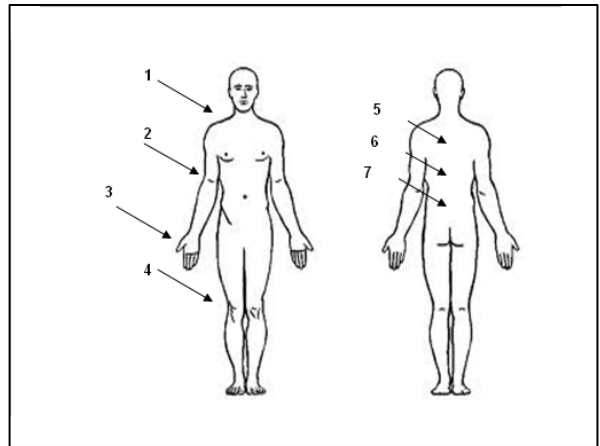
3: Muñeca y/o mano

4: Rodillas

5: Espalda alta

6: Espalda media

7: Espalda baja



4. ¿Con qué frecuencia siente esta molestia?

___ Poca ___ Constantemente ___ Cada vez que levanto una Camilla

5. Indique por cuánto tiempo dura la molestia:

- a. Inmediatamente después de levantar la camilla.
- b. Horas después.
- c. Más de un día.

6. ¿Cree UD. que este producto ayudaría a prevenir esta molestia?

____ SI ____ NO

7. ¿Con qué frecuencia recibe chequeos médicos de rutina?

- a. Nunca
- b. Trimestral
- c. Semestral
- d. Anual.

8. ¿Tiene algún comentario o sugerencia para la Camilla que se quiere diseñar?

Gracias Por Su Colaboración.

Encuesta de Paramédicos:

Tabla 3.1 Intención de las preguntas contenidas en la encuesta

Pregunta N° 1	Se quiere evaluar la utilidad de la camilla descrita en el objetivo de la encuesta desde la apreciación del paramédico.
Pregunta N° 2	Se busca conocer si la institución donde trabaja el paramédico encuestado cuenta con este tipo de camillas, la respuesta permitirá considerar el futuro mercado de estos dispositivos.
Pregunta N° 3	La salud ocupacional es evaluada en esta pregunta donde se precisa saber si el paramédico auxiliador alguna vez ha tenido molestias físicas por levantar camillas manualmente. En qué parte específica del cuerpo ha sentido la molestia es muy importante para identificar las lesiones y futuras patologías características de este proceso de levantamiento manual de cargas.
Pregunta N° 4	La frecuencia de un síntoma es un indicador potencial para determinar si se trata de un problema de salud ocupacional debido a los aspectos poco ergonómicos que tiene una camilla manual, o bien se trataría de un problema de seguridad en el trabajo donde se ejerce una labor de manera inadecuada o sin los implementos de seguridad necesarios.
Pregunta N° 5	En esta interrogante se quiere conocer la duración estimada de la presencia de una molestia producto de una labor que realiza el usuario, es importante este intervalo de


	<p>permanencia de la molestia para identificar el problema de salud ocupacional en el personal paramédico auxiliador.</p>
<p>Pregunta N° 6</p>	<p>Desde la perspectiva del usuario (paramédico) se quiere evaluar la vinculación que existe entre la disminución considerable de las patologías presentes con la visión de un nuevo prototipo que ayudará a evitar este tipo de molestias físicas ya que se presenta la nueva camilla descrita como solucionador de estos problemas de levantamiento manual de cargas.</p>
<p>Pregunta N° 7</p>	<p>Se investiga cada cuanto tiempo recibe chequeos médicos el personal auxiliador (bombero, paramédico) con el propósito de conocer, o bien establecer, el adecuado control que debe tener un trabajador de este tipo y que presenta sintomatologías de carácter crítico en su salud por las tareas que realiza cotidianamente.</p>
<p>Pregunta N° 8</p>	<p>Con el objeto de incorporar los comentarios de los usuarios de este tipo de camillas, se consideró importante la opinión del mismo. Se busca su beneficio y es de suma importancia explorar a través de esta pregunta la percepción de esta nueva camilla propuesta así como añadir algún elemento que se escape de la visión de diseño.</p>

3.5.COMPARACIÓN ENTRE MODELOS EXISTENTES EN EL MERCADO

Tabla 3.2 Modelos de camillas

Modelos	Ventajas	Desventajas
 <p>Camilla retráctil</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Camilla de un solo operador. - Estructura liviana. - Respaldo ajustable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Únicamente dos alturas operativas.
 <p>Camilla tipo X de altura ajustable</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Altura variable. - Respaldo ajustable. - Estructura liviana. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se necesitan dos operadores.
 <p>Camilla telescópica de patas plegables</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Camilla de un solo operador. - Estructura liviana. - Respaldo reclinable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo dos alturas operativas

 <p>MRC-30 camilla retráctil</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Camilla de un solo operador. - Estructura liviana. - Respaldo ajustable. - La estructura bajo el respaldo es abatible para facilitar su uso en ascensores. - Accesorio para colocar bombona portátil de oxígeno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo dos alturas operativas.
 <p>M-1 Roll in system</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Camilla de un solo operador. - Estructura liviana. - Respaldo ajustable. - Parte trasera abatible para facilitar su uso en ascensores... - Accesorio para colocar bombona portátil de oxígeno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Muy costosas. - No hay proveedores en el país. - Solo dos alturas operativas.

 <p>Power PRO-XT Camilla hidráulica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Camilla de un solo operador. - Estructura liviana. - Respaldo ajustable. - Parte trasera abatible para facilitar su uso en ascensores... - Accesorio para colocar bombona portátil de oxígeno. - Por su acción hidráulica se reduce el esfuerzo del operador 	<ul style="list-style-type: none"> - Muy costosas. -No hay proveedores en el país
--	---	---

3.6.RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS:

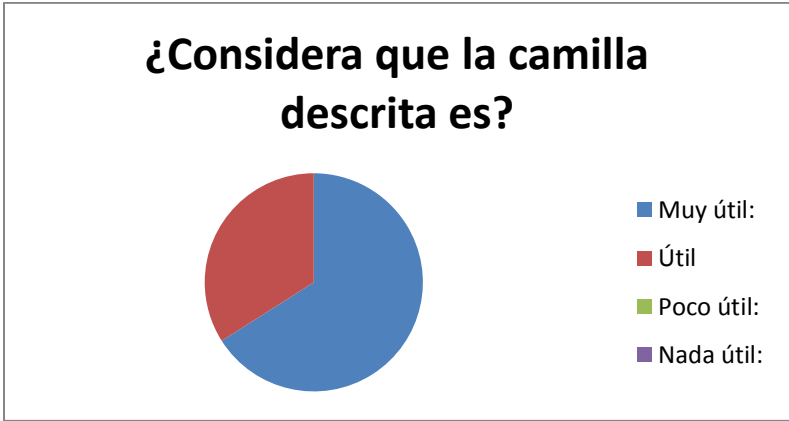


Figura 3.2 Pregunta 1 de la encuesta realizada a los paramédicos

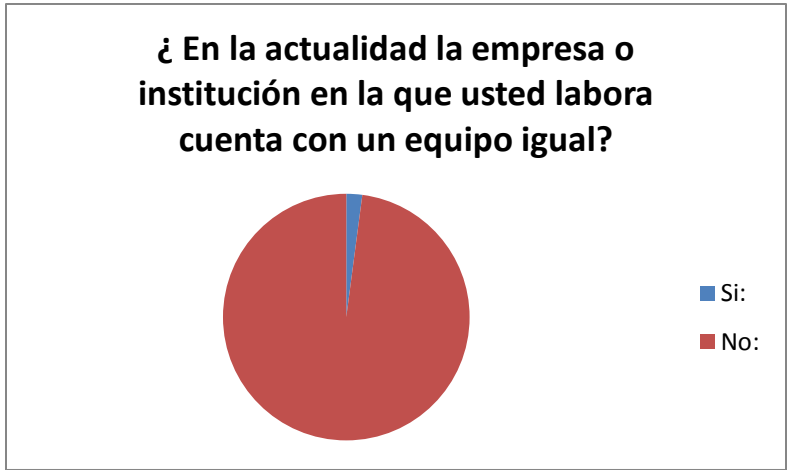


Figura 3.3 Pregunta 2 de la encuesta realizada a los paramédicos

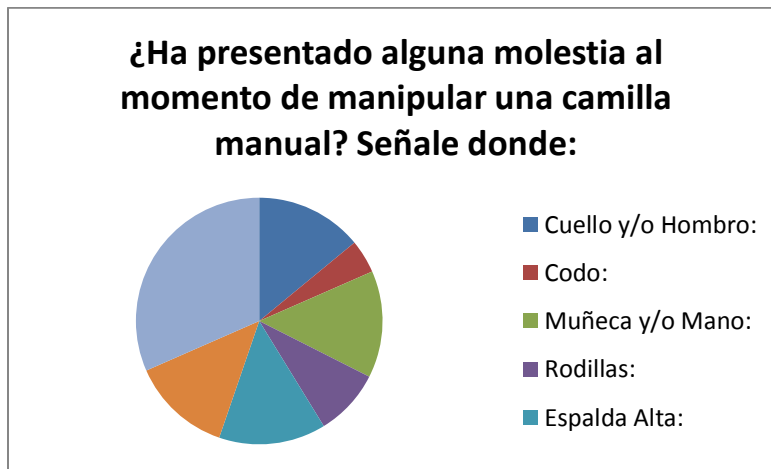


Figura 3.4 Pregunta 3 de la encuesta realizada a los paramédicos

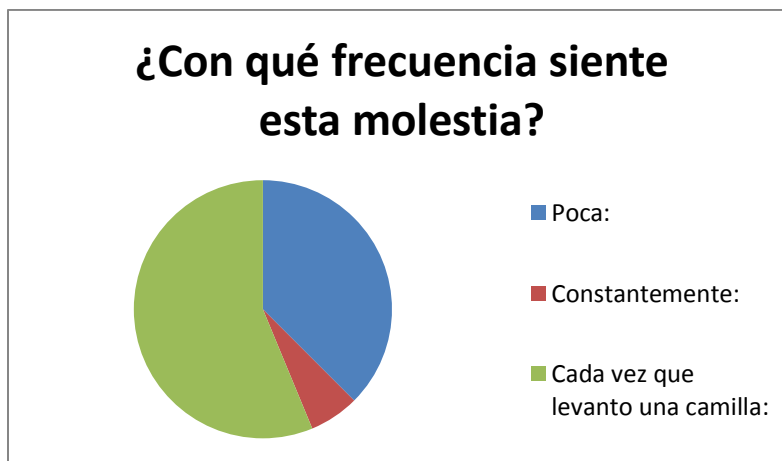


Figura 3.5 Pregunta 4 de la encuesta realizada a los paramédicos

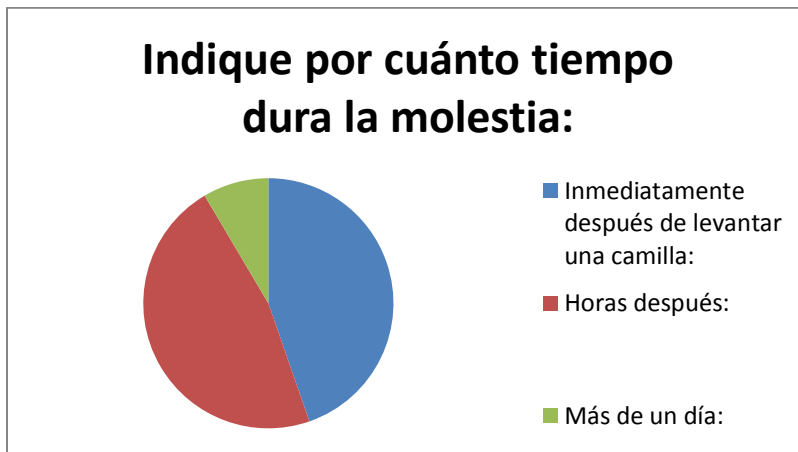


Figura 3.6 Pregunta 5 de la encuesta realizada a los paramédicos



Figura 3.7 Pregunta 6 de la encuesta realizada a los paramédicos

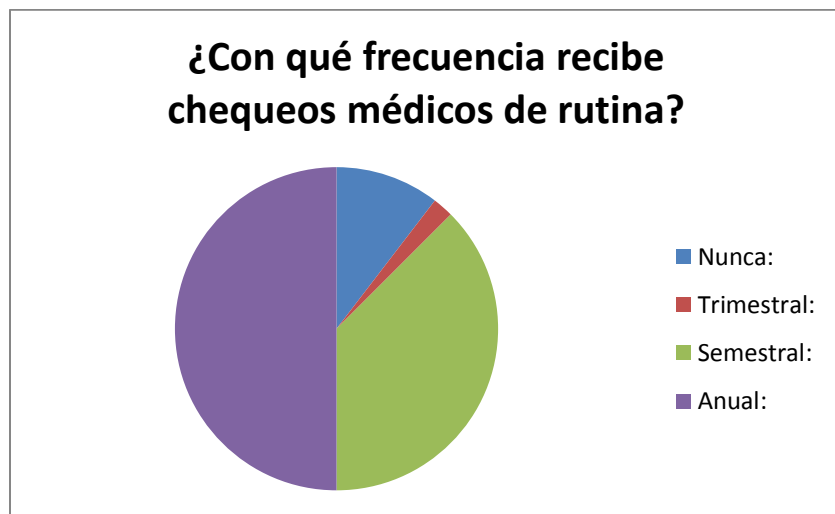


Figura 3.8 Pregunta 7 de la encuesta realizada a los paramédicos

Pregunta 8: ¿Tiene algún comentario o sugerencia para la Camilla de altura variable?

- Si es liviana, cómoda, resistente y segura, sería el equipo ideal
- Sería un excelente equipamiento que facilitaría nuestra labor
- Que se implemente en todas las unidades de ambulancias
- Con este sistema se permite mejorar las condiciones de trabajo laboral
- Requerirá mantenimiento adicional
- Que tenga porta cilindro de oxígeno o porta medidor multi parámetro
- Sería bueno estandarizarlas ya que hay mucha variedad de ambulancias, pacientes y auxiliares
- Que el sistema eléctrico sea sencillo, la menor cantidad de botones posibles con diferenciación de colores
- Que sea de manejo sencillo
- Que posea paral adicional para colocar soluciones y que posea bloqueo manual de todo el sistema

- Que incluya control de inclinación, panel de control en ambos extremos y amortiguación/suspensión
- Evaluar las diferentes opciones para la base del colchón: Malla, lámina perforada, etc.
- Piezas y repuestos que se puedan conseguir en el país para garantizar la durabilidad y mantenimiento

3.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS:

El 100 % de los bomberos encuestados considera que la camilla propuesta resultaría entre útil y muy útil, y el 94 % de los mismos refleja que no cuenta con dispositivos automáticos de este tipo en sus sitios de trabajo.

Al sondear el tipo de dolencias que presentan los paramédicos por la cotidianidad de levantar manualmente las camillas con el paciente hacia la ambulancia; se obtuvo que el 72 % tiene afecciones en la espalda baja, y un 32 % en espalda alta, cuello y hombros así como también en muñeca y mano. En cuanto a la frecuencia de estos síntomas; el 54 % de la población de esta muestra expresó que sufre de estas dolencias cada vez que realizan la operación de levantar una camilla con un paciente, manifiestan el dolor horas después de haber realizado esta maniobra (44 %). Es importante señalar que un considerable 92 % respondió sin embargo que una camilla con un mecanismo automatizado ayudaría significativamente a reducir esta molestia.

Bien se explicó en el capítulo anterior los tipos de traumas más comunes por el levantamiento de cargas, los problemas de salud ocupacional pueden desencadenarse al realizar estas labores de socorro por la continua exposición a las sobrecargas acumuladas en músculos y huesos. Luego, en la pregunta N°6 se obtiene otro dato importante pues el 48 % de la población recibe chequeos médicos de rutina solo anualmente.

Resultó particularmente interesante las respuestas obtenidas en la pregunta N°8 de la encuesta planteada porque hay muchas consideraciones

adicionales que ayudarían a mejorar el prototipo diseñado, esta pregunta sirve además como una pequeña tormenta de ideas que le agregan a todo este estudio lo que el usuario, en este caso el paramédico, espera de una camilla automatizada de atención médica pre hospitalaria.

CAPÍTULO IV

EL DISEÑO

4.1.INTRODUCCIÓN

En ingeniería es de suma importancia la etapa de diseño ya que es el procedimiento de aplicar las técnicas y principios teóricos y prácticos con objetivo de definir un dispositivo, un proceso, o un sistema para permitir su realización.

En este capítulo se presentará detalladamente las necesidades y restricciones del diseño del dispositivo, las variables que se consideran para establecer un método capaz de evaluar los criterios de escogencia del mismo, las ventajas obtenidas en el diseño básico final y la sustentación de factibilidad técnica y económica del prototipo ganador.

Antes de conocer las limitaciones y condiciones del proceso de diseño de una camilla automatizada de atención Pre-hospitalaria, se presenta la normativa técnica en el ámbito nacional e internacional que regulan el desarrollo de este tipo de módulos.

4.1.1. Normativa Técnica de Camillas de Atención Pre-hospitalaria

Se tienen las siguientes normativas nacionales e internacionales que rigen el uso y construcción de camillas de uso pre-hospitalario y que se consideraran como criterios en el diseño para asegurar su cumplimiento:

(a).- En el ámbito Internacional:

Estándares Británicos, BS EN 1865:2000 ESPECIFICACIONES PARA CAMILLAS Y OTROS EQUIPOS DE MANIPULACION DE PACIENTES UTILIZADOS EN AMBULANCIAS (British Standard, BS EN 1865:2000 SPECIFICATIONS FOR STRETCHERS AND OTHER PATIENT HANDLING EQUIPMENT USED IN ROAD AMBULANCES)

En esta norma se establecen los siguientes puntos sobre las camillas que deben usarse en ambulancias:

- Debe garantizar seguridad y una suave manipulación.
- Debe estar asegurado a la ambulancia para evitar cualquier movimiento durante el transporte.
- Debe estar libre de bordes filosos que puedan causar daños a personas u otros equipos.
- Debe tener mínimo dos sistemas de retención (correaes). Siendo todos de fácil liberación.
- Los correaes deben inmovilizar al paciente y a la vez permitir el tratamiento médico.
- La zona donde se acuesta y sienta el paciente debe ser: resistente a bacterias, hongos y manchas, de fácil limpieza, lavable y resistente al agua y aceites.
- Las dimensiones varían entre los rangos: Largo [mm] (1900, 1970), Alto [mm] (480, 520) y Ancho [mm] (750 Máx.)
- Debe tener un peso máximo 23Kg.
- Debe soportar una capacidad de carga mínima de 150Kg.
- Las barandas laterales deben ser de un largo mínimo de 500mm y una altura entre 150mm y 200mm.

- Debe tener mínimo cuatro ruedas de por lo menos 100mm de diámetro, con posibilidad de girar en cualquier dirección.
- Mínimo dos ruedas deben poseer un freno.
- Mínimo dos alturas (posición en el carro y totalmente desplegada).
- Los controles de altura deben ser correctamente identificados.
- La zona donde reposa el paciente debe ser plana, y la parte correspondiente al tórax debe ser resistente para permitir la reanimación cardiopulmonar.
- El respaldo del paciente debe tener una longitud mínima de 600mm, y debe ser ajustable hasta 75 grados con por lo menos cinco posiciones.
- La zona de los pies debe ser de por lo menos 600mm y ajustarse un mínimo de 15 grados.

(b).- En el ámbito Nacional:

**Sociedad Venezolana de Medicina de Emergencia y Desastres:
PROPUESTA NACIONAL NORMATIVA DE AMBULANCIAS.**

En esta norma se destacan los siguientes puntos sobre las camillas que deben usarse en ambulancias:

- Las unidades móviles tipo ambulancia terrestres de soporte básico de vida, deberán contener una camilla clínica y una camilla plegable; esta última se almacenará plegada en un espacio del gabinete. Las medidas de la camilla rodante son las siguientes: Largo [mm] (1950 Máx.); Alto [mm] (310, 520) y Ancho [mm] (550 mín.).
- Debe dejarse $460 \begin{matrix} +150 \\ -150 \end{matrix}$ mm entre la camilla o camillas y asientos de los paramédicos o gabinetes.

4.1.2. Restricciones del dispositivo

- Debe cumplir las normativas que rigen el uso y construcción de camillas de uso pre-hospitalario.
- Los materiales seleccionados para el dispositivo deben tener las propiedades para su fabricación.
- Los materiales deben tener disponibilidad en el mercado nacional.
- El diseño debe estar compuesto por partes geométricas sencillas y adaptadas a los requerimientos de uso.
- Su estructura debe ser capaz de soportar las solicitaciones de esfuerzos a las cuales estarán sometidos durante su uso.
- El dispositivo inicialmente se diseñará para personas adultas.
- Restricciones de espacio:
Espacio disponible en la ambulancia:

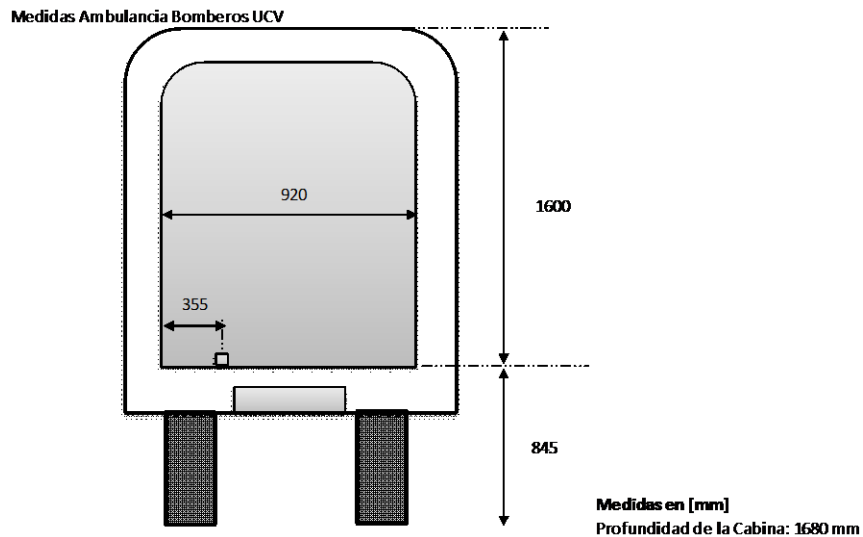


Figura 4.1.- Dimensiones de la ambulancia de los Bomberos U.C.V

4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES

La necesidad nace al presenciar el esfuerzo físico que específicamente se observó en los Bomberos Voluntarios de la Universidad Central de Venezuela cuando realizan labores de socorro y que se exponen a levantar la carga de la camilla de atención médica pre-hospitalaria con el paciente a bordo de forma manual, soportando en gran medida la distribución del peso durante el proceso de ingreso a la ambulancia.

Los Bomberos Universitarios de la UCV disponen de dos tipos de camillas de atención médica, una de ellas cuenta con solo dos alturas de trabajo, totalmente plegada y totalmente extendida, lo cual dificulta la ejecución de ciertas maniobras como el RCP, pero tiene la ventaja de poder ser maniobrada por un solo operador en el momento de extraerla o introducirla en la ambulancia. La segunda posee distintas alturas de trabajo pero es de dos operadores al momento de utilizar esta cualidad, lo que dificulta el acceso a la ambulancia ya que deben introducir la camilla en su forma plegada, es decir, fuera de la ambulancia deben colocarla en la posición de altura mínima (cerrada) y luego cargar la misma hasta la altura del carro. Este procedimiento genera grandes esfuerzos físicos sobre el paramédico sobre todo en el área lumbar.

La camilla que se utiliza actualmente es la primera y al contar con solo dos alturas de trabajo posibles se limita su uso:

- Cuando se realizan labores de Reanimación Cardio Pulmonar (RCP) la cama debe estar en una posición y altura específica que permita al auxiliador realizar una correcta maniobra.
- En el caso en el que el paciente está poli traumatizado y requiere una radiografía debe ser traspasado hacia la cama de rayos X que generalmente se encuentra a una altura distinta a la camilla de atención pre-hospitalaria.

- Cuando un paciente se encuentra en estado hipotenso los primeros auxilios indican que debe colocarse en posición horizontal y elevar las piernas unos grados por encima de la cabeza (Maniobra de Trendelenburg). La camilla en uso actualmente no posee esa capacidad de elevar la zona inferior del cuerpo, siendo otro requerimiento que por normativa además debe cumplir.

Se comparan las medidas poco ergonómicas de las camillas que usan nuestros respondedores de emergencias con los diferentes tipos de camillas que hay en el mercado nacional e internacional, en este último existen camillas automatizadas bien sea con mecanismos hidráulicos, neumáticos y eléctricos que reducen el trabajo sobre el paramédico. Desde el punto de vista industrial se requiere importar este tipo de dispositivos de países como Estados Unidos, México, Alemania, entre otros. En el caso de la fabricación nacional las instituciones públicas y privadas de la salud podrían adquirir este tipo de camilla a un precio mucho menor al precio de importación.

Una de las intenciones principales de la camilla automatizada de atención pre-hospitalaria es que ésta se adapte al usuario, es por esto que el propósito del diseño se basa en el uso diario tanto del paciente como del operador y que se puede ajustar a las diferentes necesidades del consumidor, resaltando la comodidad, ergonomía, funcionalidad y movilidad.

4.3.INICIO DE LA FASE DIVERGENTE

Tormenta de Ideas

Este método consiste en generar una serie de ideas propias del problema planteado para manejar las diferentes variables que se manejan: el material que tiene que emplearse en la estructura, los perfiles normalizados que se deben usar, la incorporación de un actuador de tipo hidráulico, neumático o eléctrico, el material que

puede aportar la propiedad de ser transparente a los rayos x para la superficie de la cama, el desarrollo de un sistema de plegado de la camilla simple y eficaz para el bombero, todo esto sin dejar de considerar el escenario nacional para la adquisición de todos estos elementos.

Se hará uso de planos, bocetos y prototipos para configurar la estructura funcional y la forma externa de la camilla. Requiere una gran capacidad creativa, canalizada mediante la creación de varios modelos teóricos que respondan a los principios conceptuales de un determinado producto, para después elegir el mejor diseño de entre los posibles.

Es importante destacar que para la ejecución de este punto se tendrá presente la consigna de “ninguna propuesta es mala” para no tener limitaciones de ningún tipo y poder evaluar una mayor cantidad de sugerencias, con el fin escoger la que mejor se adapte al propósito. Cada idea tendrá una breve descripción del funcionamiento y de los componentes en términos generales, para así ofrecer una mejor perspectiva.

Escala de valoración:

En todas las matrices se utilizará la siguiente escala de valoración para los criterios planteados en cada caso.

4	Excelente	3	Bueno	2	Aceptable	1	Deficiente
---	-----------	---	-------	---	-----------	---	------------

En esta tormenta de ideas se tiene la siguiente estructura de presentación para los criterios y la matriz de selección en cada caso:

- 1.- Alternativas para el material de la estructura de la camilla
- 2.- Alternativas para el sistema de accionamiento de la camilla
- 3.- Alternativas para la mesa soporte del paciente
- 4.- Alternativas para los tipos de perfiles para la estructura

5.- Alternativas para el sistema de plegado

4.3.1. Alternativas para la selección del material de la estructura de la Camilla:

Propuesta N ° 1: Aluminio

Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería mecánica, tales como su baja densidad (2.700 kg/m^3) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Se mecaniza con facilidad y es relativamente económico.

Propuesta N ° 2: Acero Comercial:

El acero es la denominación que comúnmente se le da en ingeniería a una aleación de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,1 y el 2,1% en peso de su composición, aunque normalmente estos valores se encuentran entre el 0,2% (con una resistencia de 48 a 55 Kg/mm^2) y el 0,3% (con una resistencia de 55 a 62 Kg/mm^2). Existen muchos tipos de aceros en función del o los elementos aleantes que estén presentes.

Los dos componentes principales del acero se encuentran en abundancia en la naturaleza, lo que favorece su producción a gran escala. Esta variedad y disponibilidad lo hace apto para numerosos usos como la construcción de maquinaria, herramientas, edificios y prototipos.

Propuesta N ° 3 Acero Inoxidable:

El acero inoxidable es un acero de elevada pureza y resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasiva, evitando así la corrosión del hierro. Su resistencia a la corrosión, sus

propiedades higiénicas y sus propiedades estéticas hacen del acero inoxidable un material muy atractivo para satisfacer diversos tipos de demandas, como lo es la industria médica.

Criterios de selección del Material a utilizar en la estructura de la camilla:

Resistencia: Se evaluará la capacidad del material para resistir fallas, bien sean por flexión, torsión y corte. Siendo mayor el puntaje otorgado mientras mayor sea la resistencia del material estudiado.

Precio: Se tomará en cuenta el costo de adquisición del material. Recibiendo mayor puntaje mientras más económico sea.

Costo: Se quiere evaluar en conjunto los costos de manufactura del material en cuestión. Dándole mayor puntaje al que tenga un costo total menor

Peso: Se tomará en cuenta el peso total del material utilizado. Tendrá mayor puntaje aquel con menor peso.

Maquinabilidad: Se valorará la facilidad de que el material sea trabajado en los distintos procesos de fabricación. Obtendrá mayor puntaje mientras más sencillo sea de maquinar.

Resistencia a la Corrosión: Este factor toma en cuenta la capacidad que tiene el material de evitar la corrosión sin aditivos. La ponderación será mayor mientras mayor sea esta resistencia en particular.

Disponibilidad: Tiene que ver con la oferta en el mercado nacional para el material estudiado. Se le dará mayor puntaje mientras más fácil de conseguir sea el material.

Acabado: Se quiere considerar la apariencia final que se le puede dar al material. Mientras mejor sea esta apariencia mayor será su valoración.

Matriz de selección para el material de la estructura:

Criterios	Aluminio	Acero Comercial	Acero Inoxidable
Resistencia	2	4	3
Precio	3	4	2
Costo	3	2	2
Peso	4	2	3
Maquinabilidad	4	4	2
Resistencia a la corrosión	3	2	4
Disponibilidad	1	1	1
Acabado	3	2	4
Total	23	21	21

Tabla 4.1.- Matriz de selección para el material de la estructura

4.3.2. Alternativas para la selección del sistema de accionamiento:

Propuesta N ° 1: Actuadores Neumáticos

Consiste en un mecanismo que convierte la energía del aire comprimido en trabajo mecánico. El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), y de movimientos combinados. Para poder utilizarlos es necesario el uso de un compresor y dependiendo de la aplicación un motor que le transmita energía necesaria al compresor.

Propuesta N ° 2: Actuadores hidráulicos

Los actuadores hidráulicos son los que han de utilizar un fluido a presión, generalmente un tipo de aceite, para que el sistema donde sea utilizado pueda movilizar sus mecanismos. Se utilizan para maquinarias grandes, las cuales presentan mayor velocidad y mayor resistencia mecánica.

Cualquier tipo de sistema hidráulico se encuentra sellado herméticamente a modo que no permita, de ninguna manera, derramar el líquido que contiene, de lo contrario se corre un gran riesgo.

Los actuadores hidráulicos requieren demasiado equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico.

Para poder utilizarlos es necesario el uso de una bomba y dependiendo de la aplicación un motor que le transmita energía necesaria a la bomba.

Propuesta N ° 3: Actuador eléctrico

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

Para poder utilizarlos es necesario el uso de una fuente de energía.

Criterios de selección del sistema de accionamiento de la camilla:

Costo: Se evaluará en conjunto los costos de adquisición del sistema de accionamiento. Dándole mayor puntaje al que tenga un costo total menor.

Disponibilidad: Tiene que ver con la oferta en el mercado nacional para el actuador en estudio. Se le dará mayor puntaje mientras más fácil de conseguir sea el actuador.

Peso: Se tomará en cuenta el peso total del actuador utilizado. Tendrá mayor puntaje aquel con menor peso.

Carrera: Tiene que ver con el desplazamiento ofrecido por el actuador. Se valorará positivamente aquel que ofrezca mayor desplazamiento ya que esto permitirá más variaciones de alturas en la camilla.

Mantenimiento: Se busca valorar la frecuencia de mantenimiento que se le debe aplicar al actuador. Mientras menor sea esta frecuencia mayor será su puntaje.

Alimentación: Toma en cuenta la practicidad de los elementos extra para almacenar energía. Obteniendo mayor puntaje aquel que presente menos componentes para su alimentación.

Volumen: Se refiere al espacio físico que ocupa el actuador en la camilla. Se otorgará mayor puntaje mientras menor sea el volumen del mismo.

Automatización: Toma en consideración la facilidad de evitar el accionamiento manual de la camilla. Será mayor el puntaje mientras más sencillo sea este proceso.

Fuerzas: Tiene que ver con la fuerza que puede aplicar el actuador para vencer una carga. Mientras mayor sea la carga que puede superar el actuador se le dará un puntaje más elevado.

Matriz de selección para el sistema de accionamiento:

Criterios	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Costo	3	1	3
Disponibilidad	2	2	4
Peso	2	1	4
Carrera	4	4	3
Mantenimiento	4	2	4
Alimentación	1	2	3
Volumen	2	2	4
Automatización	2	2	4
Fuerzas	3	4	3
Total	23	20	32

Tabla 4.2.- Matriz de selección para el sistema de accionamiento

4.3.3. Alternativas para selección de la mesa soporte del paciente:

Propuesta N ° 1:

Consiste en una rejilla, compuesta con tubos longitudinales y transversales, de diámetro pequeño, y de un material liviano, de fácil limpieza sobre la cual va colocada la colchoneta en la que estará el paciente. Además se incorpora la movilidad de la zona del tronco y los pies según las necesidades que se tenga.

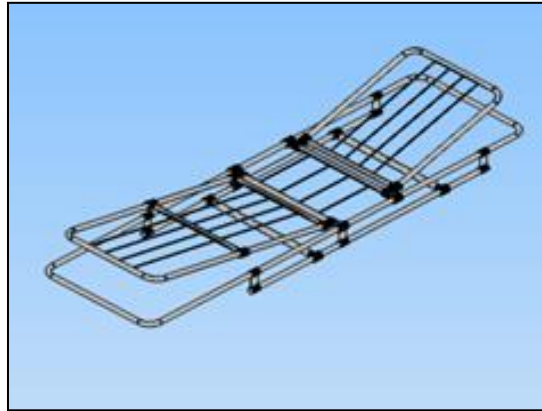


Figura 4.2.- Propuesta N° 1 de la mesa soporte del paciente

Propuesta N ° 2:

Se propone la combinación de varias tablas de polietileno de alta densidad, que brindará excelente rigidez y será transparente a los rayos x. Igualmente tiene la posibilidad de elevar la zona del tronco y los pies.

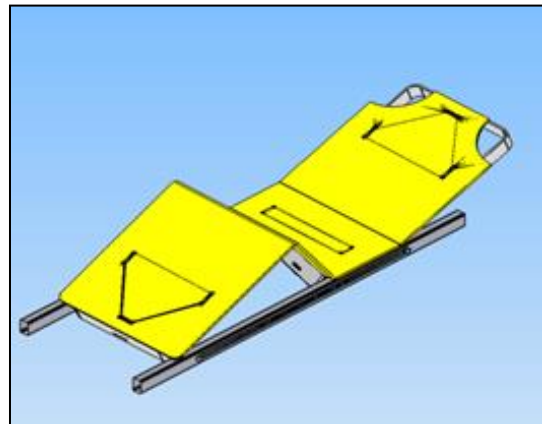


Figura 4.3.- Propuesta N° 2 de la mesa soporte del paciente

Propuesta N° 3:

Se trata de una plancha metálica, de un material liviano la cual tiene una cantidad de agujeros con el fin de evitar la acumulación de líquidos, se considera entonces de fácil limpieza y brindará un buen soporte a la colchonera que iría encima, sobre la cual va colocado el paciente.

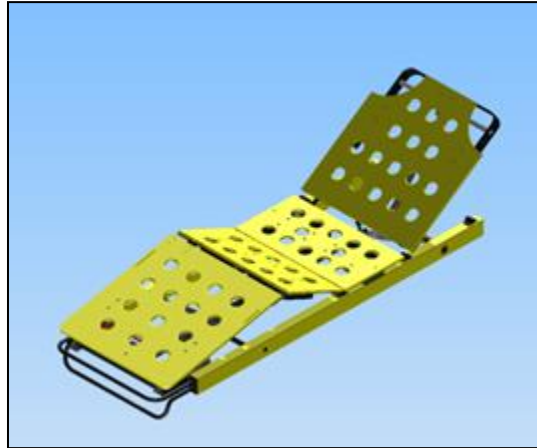


Figura 4.4.- Propuesta N° 3 de la mesa soporte del paciente

Propuesta N° 4:

Es un tablero aglomerado de partícula o MDF, recubierto por ambas caras con películas decorativas impregnadas con resinas melamínicas, lo que le otorga una superficie totalmente cerrada, libre de poros, impermeable, dura y resistente al desgaste superficial.

Se conoce como tabique sanitario, y está elaborado en resinas fenólicas, posee la propiedad de ser transparente a los rayos x. Además esta opción presenta la posibilidad de elevar la zona del tronco y la zona de los pies del paciente.

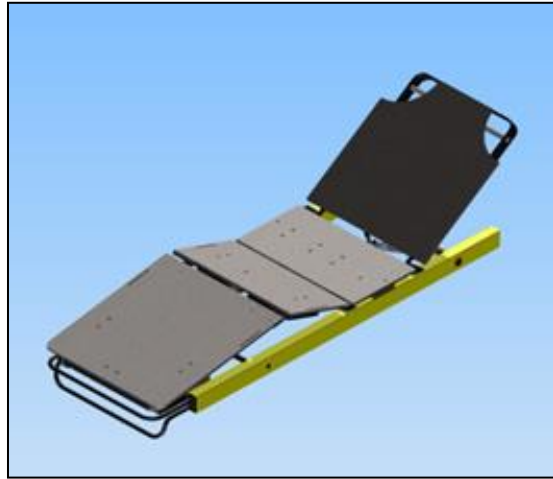


Figura 4.5.- Propuesta N° 4 de la mesa soporte del paciente

Criterios de selección de la mesa soporte del paciente:

Rigidez: Toma en cuenta la resistencia que tiene el material para absorber deformaciones. Mientras mayor sea esta propiedad mayor será la puntuación asignada.

Limpieza: Se refiere a la facilidad para ser descontaminada esta mesa soporte del paciente donde por lo general se acumulan líquidos, sangre, sucio, etc. A medida que sea más práctica de limpiar, o bien evitar contaminarse, se otorgará mayor puntuación.

Precio: El costo de adquisición del material es fundamental para el estudio económico. El puntaje más grande será para el material que sea más asequible.

Costo: Se evaluará en conjunto los costos de manufactura del material de la cama soporte del paciente. Dándole mayor puntaje al que tenga un costo total menor.

Peso: Se tomará en cuenta el peso total del material utilizado. Tendrá mayor puntaje al más liviano.

Maquinabilidad: Se evaluará la facilidad de que el material que compone a la cama soporte del paciente para ser trabajado en los distintos procesos de fabricación. Obtendrá mayor puntaje mientras más sencillo sea de maquinar.

Transparencia: Se refiere a la capacidad que tiene el material que compone a la cama soporte del paciente de ser transparente a los rayos x, con el objetivo de que se pueda tomar radiografías directamente sobre la camilla. Mientras más capaz sea el material mayor puntaje obtendrá.

Matriz de selección para la cama soporte del paciente:

Criterios	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4
Rigidez	3	4	2	4
Limpieza	4	3	3	4
Precio	4	2	3	3
Costo	2	2	2	3
Peso	3	4	2	3
Maquinabilidad	4	3	1	3
Transparencia	1	4	1	4
Total	21	22	14	24

Tabla 4.3.- Matriz de selección para la cama soporte del paciente:

4.3.4. Alternativas para selección de los perfiles a usar en la estructura:

Propuesta N ° 1:

Tubos de perfil circular: Este es un perfil común para cualquier tipo de construcción y posee un momento de inercia igual en ambos ejes transversales.

Propuesta N° 2:

Tubos de perfil rectangular: Son perfectamente aplicables a cualquier construcción y tienen la ventaja de poseer mayor momento de inercia en la orientación de su eje transversal más largo y si se coloca en esta posición otorga excelente rigidez y estabilidad a la estructura que soporte.

Propuesta N° 3:

Tubos de perfil C: Son comercialmente empleados en diversas aplicaciones de la ingeniería ya que se aprovecha la inercia de igual forma que en el caso anterior y adicionalmente al ser menos material será menor peso.

Criterios de selección para el perfil de la estructura de la camilla:

Precio: Se tomará en cuenta el costo de adquisición del perfil por unidad de longitud. Recibiendo mayor puntaje mientras más económico sea.

Costo: Se evaluará en conjunto los costos de manufactura del perfil en cuestión. Dándole mayor puntaje al que tenga un costo total menor.

Peso: Se tomará en cuenta el peso total de la sección de perfil utilizado. Tendrá mayor puntaje aquel con menor peso.

Maquinabilidad: Se apreciará la facilidad de que el perfil sea trabajado en los distintos procesos de fabricación. Obtendrá mayor puntaje mientras más sencillo sea de maquinar.

Disponibilidad: Tiene que ver con la oferta en el mercado para el perfil estudiado. Se le dará mayor puntaje mientras más disponibilidad tenga el perfil en estudio.

Inercia Aprovechable: De acuerdo a la geometría del perfil se tendrá un momento de inercia útil para mantener la estabilidad y rigidez de la estructura.

Mientras mayor sea el aporte de esta inercia de acuerdo al perfil se le otorgará mayor puntaje.

Matriz de selección del perfil de la estructura:

Criterios	Circular	Rectangular	Tipo C
Precio	4	4	2
Costo	3	3	2
Peso	3	3	4
Maquinabilidad	3	3	2
Disponibilidad	1	1	1
Inercia aprovechable	2	4	4
Total	16	18	15

Tabla 4.4.- Matriz de selección del perfil de la estructura

4.3.5. Alternativas para la selección del plegado de las patas

Propuesta N ° 1:

Esta propuesta considera una bancada superior y una inferior, constituida por una estructura tubular de sección rectangular unida por transversales circulares. En la sección media se encuentra un actuador eléctrico, sujeto a unos de los transversales móviles que permite el despliegue de las patas de la camilla.

Las patas de la camilla forman un mecanismo de 4 barras, vinculadas con 4 tubos transversales que serán móviles. En uno de los tubos móviles se encuentra sujeto el actuador lineal, cuyo vástago está unido a otro transversal, éste a su vez se mueve de acuerdo a la acción del motor, empuja o retrae según es extendido o contraído y permite que las barras que conforman las patas giren sobre sus ejes y la camilla pueda plegarse.

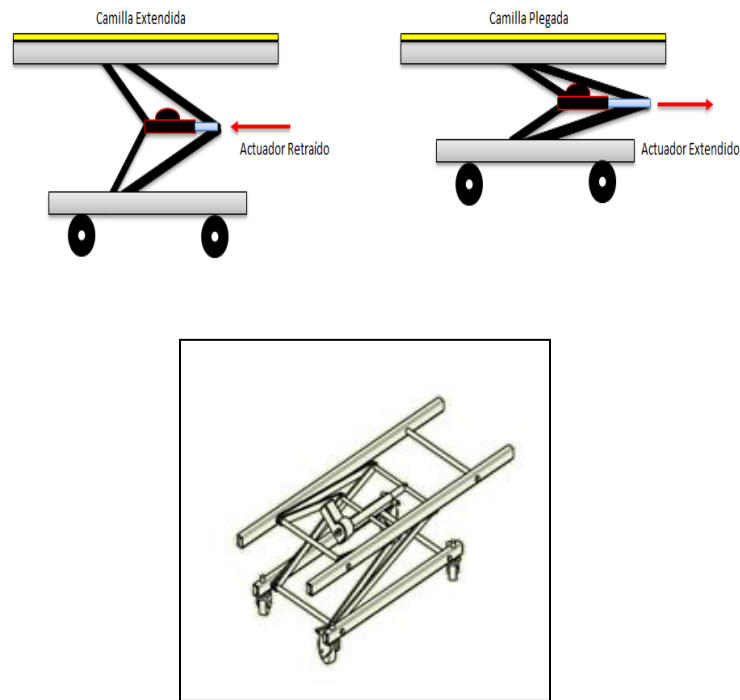


Figura 4.6.- Propuesta N° 1 del sistema de plegado

Propuesta N ° 2:

En este caso se mantiene la propuesta de la bancada superior e inferior en la camilla, las patas se encuentran a los lados de las vigas principales de la misma, el actuador eléctrico se encuentra suspendido en el centro del sistema de plegado, a través de unos ejes transversales se produce el movimiento giratorio necesario para que las patas se muevan hacia afuera y se disminuya la altura de la camilla, esto ayudado por el vástago del actuador, sujeto a uno de los elementos transversales descritos.

El movimiento del vástago del motor del mismo permite que las patas se recojan o se extiendan y la parte que contiene las ruedas se eleve, o bien descieran según sea el caso.

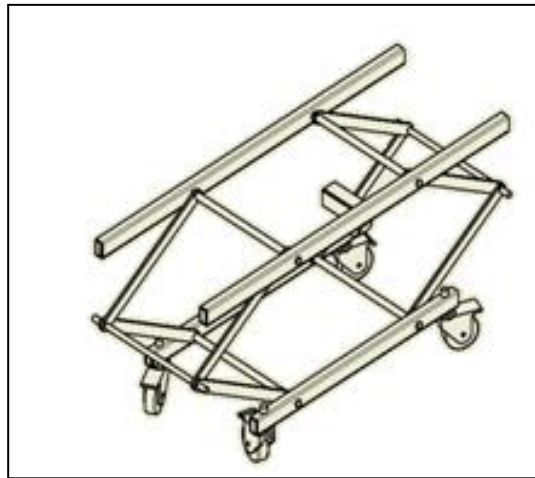
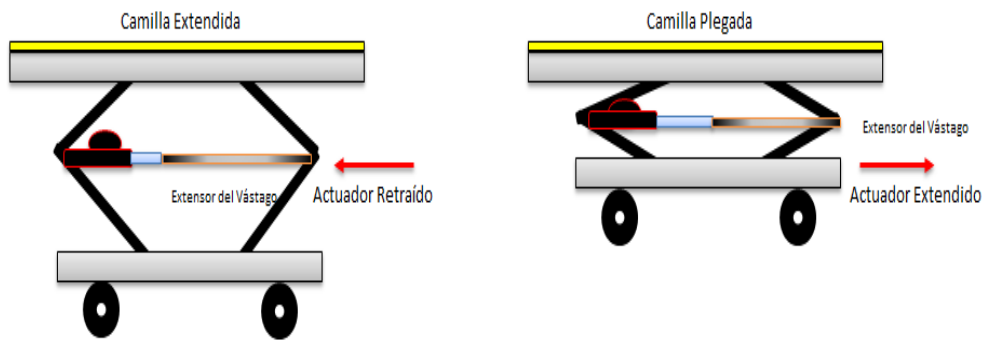


Figura 4.7.- Propuesta N° 2 del sistema de plegado

Propuesta N° 3:

Las patas de la camilla se pliegan en un mismo sentido, de igual manera se encuentran a los extremos y a los costados, hay 2 tubos transversales que las vinculan, a uno de estos tubos está fijo el actuador eléctrico, cuyo vástago se fija a un extensor para que sea posible llegar al otro tubo transversal y que se retraiga o se aleje con el fin de producir el movimiento deseado de plegar o extender la camilla.

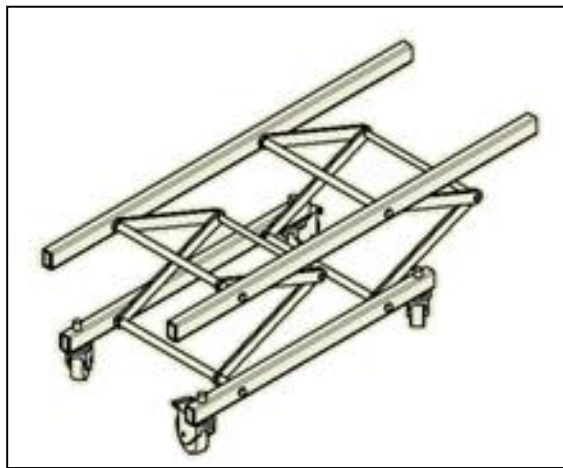
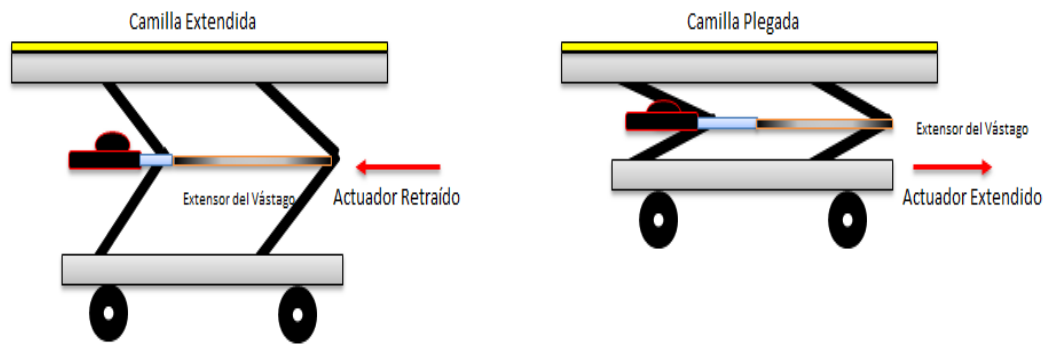


Figura 4.8.- Propuesta N° 3 del sistema de plegado

Propuesta N ° 4:

En esta propuesta se busca agregar un punto de apoyo extra al de la propuesta N°1, colocando dos barras sujetas a tubos transversales, los cuales se desplazarán sobre un riel en las vigas superiores e inferiores.



Figura 4.9.- Propuesta N° 4 del sistema de plegado

Propuesta N ° 5:

Se propone el diseño de las patas en forma de “X”, igualmente a los costados de la misma, y el movimiento viene dado por el actuador lineal que está colocado en una posición horizontal y empuja o hala un tubo transversal que se mueve sobre rieles en la viga superior e inferior de la camilla permitiendo que las patas se muevan en forma de tijera.

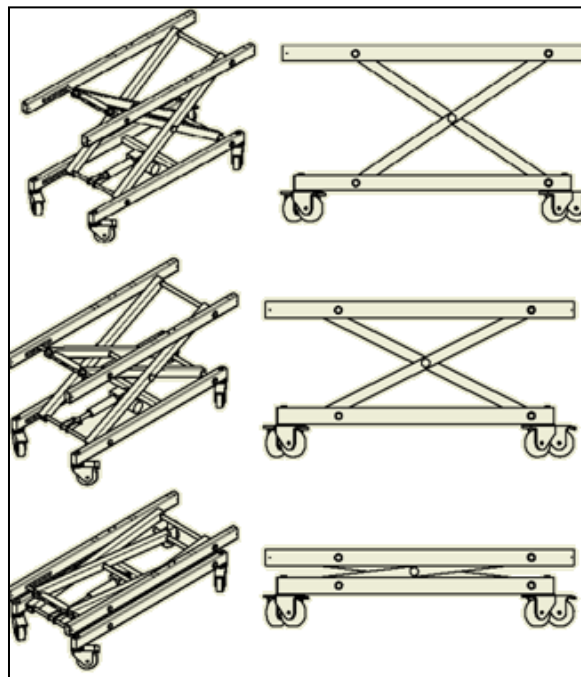
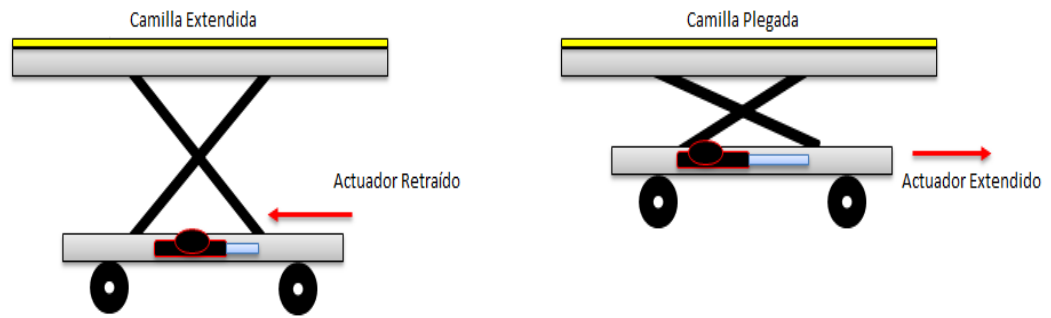


Figura 4.10.- Propuesta N° 5 del sistema de plegado

Criterios de selección del plegado de las patas de la camilla:

Estabilidad: Este criterio de selección estudia la capacidad que tiene el sistema de plegado propuesto para mantener la estructura firme durante la operación de trabajo. Será mayor su puntaje a medida que se aprecie más estabilidad.

Sencillez: Se refiere a la cantidad de partes móviles presentes en el conjunto de plegado, tales como eslabones, pasadores, barras, etc. Mientras menos piezas compongan el sistema mayor será el puntaje.

Funcionalidad: Se busca observar la capacidad que tiene el arreglo para realizar el trabajo de una manera óptima. Se otorgará más puntos a aquella estructura de elementos que realice más eficientemente el trabajo.

Adaptabilidad: Este criterio en particular destaca la facilidad para incorporar, al sistema de plegado, el actuador escogido anteriormente. Obtendrá mas valoración la propuesta que se considere mejor configurable o adaptable.

Estandarización: Este criterio tomará en cuenta el apego a las normas establecidas de dimensiones y alturas permitidas en este tipo de camillas. Aquella propuesta que sea más cercana a las normas se le asignará un puntaje mayor.

Matriz de selección para el sistema de plegado de las patas:

Tabla 4.5.- Matriz de selección para el sistema de plegado de las patas

Criterios	Prop. 1	Prop. 2	Prop. 3	Prop. 4	Prop. 5
Estabilidad	1	2	2	4	4
Sencillez	3	3	3	1	4
Funcionabilidad	4	1	1	4	4
Adaptabilidad	3	2	2	3	4
Estandarización	4	2	4	4	4
Total	15	10	12	16	20

4.4.INICIO DE LA FASE CONVERGENTE:

4.4.1. Materiales de la estructura:

En la matriz de decisión se obtiene mayores puntajes para el acero comercial y el aluminio, se decide emplear ambos materiales en la camilla que se quiere construir ya que algunos elementos pueden ser mas esbeltos en acero para soportar los esfuerzos mientras que en aluminio se requeriría de perfiles más grandes y por ende menos estéticos.

Luego de un sondeo realizado a distintos distribuidores fue posible determinar que actualmente no están disponibles en el país todas las medidas estándar que ofrecen los comerciantes en sus catálogos, existe una fuerte escasez de tubos estructurales. Después de una extensa búsqueda y espera se aprecia que el tipo de aluminio que se encuentra es el 6063T5, el número 6063 corresponde a la norma americana de aluminio extruido, mientras que la nomenclatura T5 se refiere al tipo de tratamiento térmico que se le da a este material. Se obtiene en perfiles tubulares rectangulares y circulares, así como en láminas y pletinas, esto explica por qué el aluminio se ha convertido en uno de los materiales favoritos utilizados en la construcción; debido a la facilidad de su mantenimiento, a sus propiedades anticorrosivas, a su ligereza y a su flexibilidad estética. Sin embargo existe solo una poca cantidad de medidas disponibles para el consumidor por lo cual fue necesario ajustar el diseño a la oferta existente actual de estos materiales.

De igual manera es complicado conseguir perfiles rectangulares, esbeltos, de acero comercial en los principales distribuidores indagados, por lo general son tubos laminados en frío para carpintería metálica, aunque le aportan un peso considerable a la estructura, se plantea desarrollar un sistema de reducción de peso con el fin de que el diseño se adapte para aprovechar las excelentes propiedades de este material en algunos elementos para aportar

rigidez a la camilla. Resulta conveniente emplearlo en los elementos llamados vigas principales ya que están sometidos a grandes esfuerzos.

Una consideración importante, y que entra en el campo de la ingeniería de detalle, es que como se tienen superficies de contacto entre el aluminio y el acero, es necesario colocar elementos de contacto deslizantes tales como cojinetes y bujes de bronce que eviten la deformación del aluminio, que es el material más débil entre estos dos.

4.4.2. Sistema de Accionamiento:

Luego de estudiar los criterios en la matriz y obtener una opción ganadora para el sistema de accionamiento, se determinó que el actuador eléctrico es el más ventajoso pues satisface los requerimientos expuestos.

Consta de un sistema compuesto de un motor de corriente continua que transforma una señal eléctrica en movimientos mecánicos. De acuerdo a la señal enviada se moverá el vástago del dispositivo, éste trabaja tanto a tracción como a compresión. Es de sencilla instalación, fácil control y silencioso. La alimentación del mismo es a través de una batería de 12 V.

Después de hacer una investigación acerca de la manufactura de este tipo de dispositivos en el país se logró determinar que existe un distribuidor ubicado en el estado Táchira, la empresa lleva por nombre MECANISMOS Y AUTOMATIZACIONES DEL TÁCHIRA C.A. Entre los actuadores disponibles por dicha empresa se plantea la utilización del modelo con las siguientes especificaciones técnicas. Para la construcción del primer prototipo se cuenta con disponibilidad en el inventario de la empresa patrocinadora un actuador con las siguientes características:

Tabla 4.6 Características del actuador

Voltaje:	12 – 24 V DC
Velocidad:	7 mm/s
Fuerza a tensión:	3000 N
Fuerza a compresión:	6000 N
Largo útil:	200 mm
Ciclo de funcionamiento	10%

La carrera y fuerzas del actuador es un dato fundamental para la selección específica de este elemento. Si bien la carrera que proporciona es esencial para establecer la altura máxima que se quiere obtener en la camilla dependiendo de la ubicación del actuador dentro del sistema de plegado es posible jugar con el margen de operación del vástago del motor y conseguir las alturas solicitadas. Por otra parte, la capacidad de operación del mismo orientará todo el análisis estático y dinámico de fuerzas, permitiendo verificar el soporte de carga de la misma, tiempos y velocidades de trabajo o pliegue del sistema.

Para la construcción del prototipo, se decide usar un actuador lineal eléctrico proporcionado por la empresa CORPOREA UCV, por motivos económicos y de disponibilidad. Cabe acotar que este actuador es de menos potencia por lo que se tuvo que realizar un rediseño del prototipo, que incluyó:

- Reubicación del actuador, lo que llevó a agregar elementos extra para su apoyo y sujeción
- Eliminación del sistema manual de la camilla.



Figura 4.11. Actuador eléctrico Phoenix Mecano

4.4.3. Material de la mesa soporte del paciente:

De las propuestas estudiadas en la matriz de selección se obtuvo con mayor puntaje la opción de preparar la mesa soporte del paciente con láminas de Melamina, o laminas de MDF.

Para este tipo de tablas es recomendable que el proceso de laminado sea a alta presión, que resiste aplicaciones que requieran de alto tráfico, como ocurre en todo caso con la movilización de pacientes. La Melamina se recomienda para todo tipo de mobiliario con manipulación moderada tales como gabinetes de cocinas, dormitorios, muebles para salas, comedor, oficinas, hospitales y locales comerciales. Estas láminas se pueden adquirir en distribuidores especializados tales como: Placa Centro.

Características principales de las láminas de Melamina:

- Superficies de acabados resistentes a la abrasión y al desgaste
- Caras impermeables, capaces de soportar altas temperaturas
- No se des-lamina, ni se deforma
- Ahorro en inventarios, espacio de almacenamiento y tiempo de producción
- No permite el desarrollo de microorganismos

- No requiere trabajo adicional de terminación
- Es transparente a los Rayos X

4.4.4. Tipos de perfiles a utilizar:

La matriz de decisión permitió estudiar los diferentes perfiles estructurales que se pueden emplear para el armazón de la camilla, analizando una serie de criterios importantes para la selección fue posible concluir que se utilizará perfiles rectangulares y circulares, son elementos de geometría simple que se dispondrán en la estructura base del diseño del prototipo.

4.4.5. Sistema de plegado:

El sistema de plegado de las patas es un punto de gran importancia para el diseño porque se evalúan una serie de criterios que toman en cuenta desde la facilidad del ensamblaje, o bien, la capacidad que debe poseer el sistema para adaptarse a los procesos de fabricación hasta la fiabilidad que debe tener la camilla de atención pre-hospitalaria para alcanzar las alturas deseadas, desde la posición plegada hasta la altura de la ambulancia.

En la etapa de decisión, luego del proceso de valoración, se determina como opción ventajosa el esquema propuesto por la colocación de las patas de la camilla en forma de “X”, este sistema también se conoce con el nombre de “tijera” y consiste en ubicar a ambos laterales de la camilla un par de vigas de manera que formen una “X”. Luego, se fijaran para que puedan pivotear alrededor de un eje central principal. En uno de sus extremos estarán fijas a barras transversales que aportaran estabilidad y que unen a su vez los soportes principales de la parte superior e inferiores.

Ubicación del actuador eléctrico: Está sujeto en su parte posterior a un elemento transversal móvil, que se encuentra en la parte superior de la camilla y en su parte anterior, el vástago, actúa sobre un elemento transversal en la parte

media de la estructura, esta configuración donde el actuador se encuentra inclinado permite el movimiento de tijera descrito anteriormente.



Fig. 4.12. Ubicación del actuador

4.5. ANÁLISIS DEL SISTEMA SELECCIONADO

La metodología de la toma de decisiones a través de matrices forma parte del diseño conceptual, donde se pasa de tener muchas variables y combinaciones posibles a un diseño definido, el conjunto de los elementos elegidos conforman el diseño básico de la camilla que se desea construir, éste estará compuesto por perfiles estandarizados de aluminio y acero, el movimiento vertical de la cama estará dirigido por el actuador lineal eléctrico; el dimensionamiento, los esfuerzos y el análisis de fallas serán sustentados en el capítulo de cálculo.

Las tablas de Melamina son apropiadas para la superficie de la cama que soportará al paciente debido a sus excelentes propiedades de rigidez, así como también la capacidad de ser transparente a los rayos x, que es una cualidad que se quería incorporar al prototipo. Como entre los parámetros de selección siempre se consideró costos y capacidad de fabricación, es importante destacar que las opciones ganadoras en todo el proceso de selección son elementos que se pueden comprar en el país, son de fabricación nacional y se orientó el diseño para que los procesos de manufactura aplicados sean simples y mínimos.

4.5.1. Ventajas de la Propuesta elegida:

- El conjunto de las partes de la camilla está compuesto por piezas sencillas, fáciles de maquinar, con materiales que se encuentran en el mercado nacional.
- El actuador eléctrico utilizado para el prototipo, tiene una gran fuerza a compresión lo cual es útil para la aplicación.
- La superficie donde se colocará al politraumatizado será transparente a los rayos x y resistente al agua, conformada por un material de Melamina cuyas propiedades garantizan la seguridad y soporte del trasladado.
- Los perfiles que se emplearán son normalizados, se encuentran en distribuidores a nivel nacional.
- Las propiedades de los materiales solicitados satisfacen las solicitudes a los cuales estará sometida la estructura.
- La automatización de la camilla se plantea con pocos elementos, una batería, un actuador, un fusible y la consola de pulsadores.
- Los procesos de fabricación de las piezas y ensamblaje de la estructura se consideran sencillos: torneado, fresado, taladrado y soldadura.

- Se estiman que los costos del proceso de fabricación serán menores que el costo de importación de este tipo de camillas.
- La camilla de atención pre-hospitalaria se puede ajustar al sistema de anclaje de las ambulancias disponibles por los Bomberos Voluntarios de la UCV.
- Cumple con las normas establecidas para el diseño y construcción de camillas de este tipo.

4.6.LA ESTÉTICA EN EL DISEÑO

La estética en el diseño de productos hace referencia a la respuesta o reacción de las personas con un objeto, artefacto o sistema, dicha respuesta se manifiesta a través de los sentidos: visión, tacto, oído, gusto y olfato. Cada uno contribuye a la percepción del producto considerando si es agradable, placentero, o si evoca atracción en las personas. En el mundo de los productos, la función de la estética, además de gratificar los sentidos, podría ser: atraer la atención del consumidor, evocar emociones o sentimientos positivos en las personas, inspirarlas y de igual manera sostener principios estéticos.

El estudio de la forma de un prototipo tiene que ver con el tamaño, el aspecto y la apariencia del producto final, pero no con la funcionalidad. El rol de los sentidos en la interacción usuario-producto difiere entre categoría de productos (electrodomésticos, mobiliario, etc.); la estética de un producto puede ser el resultado de estar recostado en un sofá o de contemplarlo. En el caso de la camilla, es entonces importante que luzca cómoda, que se vea segura, liviana, brillante y limpia.

Para hacer más atractiva la camilla de atención médica pre-hospitalaria tanto para el paramédico y para el paciente, así como también para el fabricante, que entra en el campo de consumidores finales, se plantea hacer un

modelo con buenos acabados, formas esbeltas, anodizados, pinturas llamativas, pocos accesorios extras.

4.7.DISEÑO FINAL

El diseño final da como resultado una camilla funcional y agradable a la vista con la apariencia mostrada en la figura.

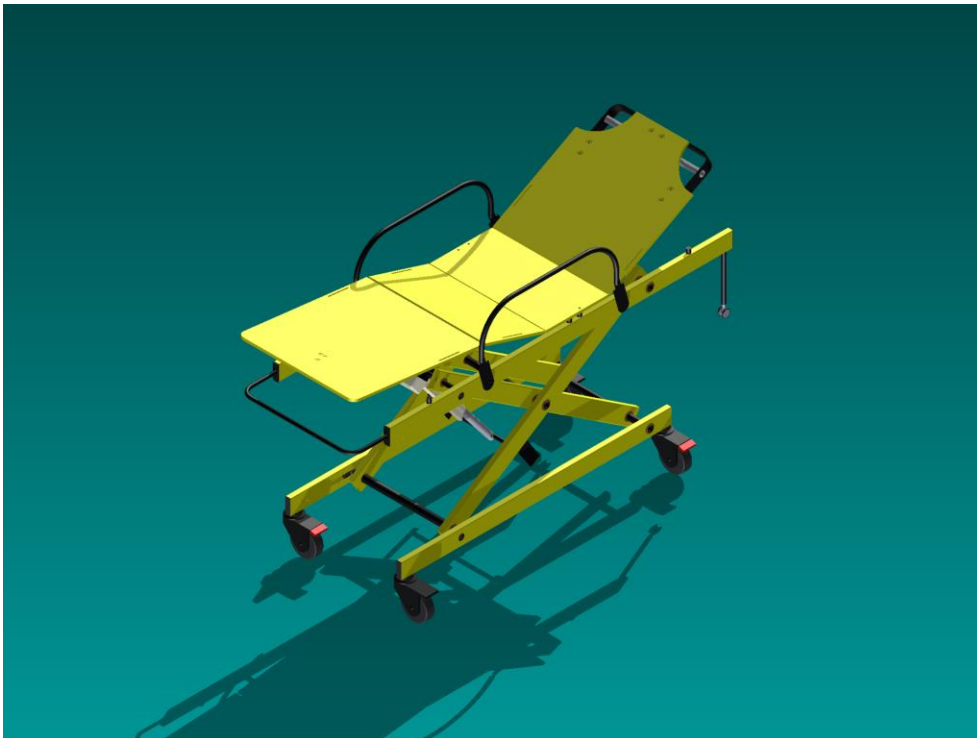


Fig. 4.13 Diseño final

CAPÍTULO V

CÁLCULOS

5.1.INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desarrollarán los cálculos pertinentes a flexión, pandeo, esfuerzos cortantes, análisis estático y dinámico en la estructura de la camilla y en los elementos que la componen. También corresponderá a esta parte de análisis el estudio de los esfuerzos sobre el material y factores de seguridad.

5.2.DISEÑO DE VIGAS

Las vigas son piezas que soportan cargas transversales a su eje. Tales cargas provocan momentos de flexión en la viga, lo que da por resultado el desarrollo de esfuerzos normales por flexión, los cuales pueden ser de tracción o compresión. (MOTT, 2006)

5.2.1. Vigas Principales Superiores:

El diseño consta de 2 vigas principales superiores a los costados de la mesa soporte del paciente, estas soportan la carga principal que tendrá como límite 200 Kg. distribuidos a lo largo de las mismas.

Las características de las vigas señaladas son las siguientes:

Longitud: $L = 1,65 \text{ m}$

Masa de la Viga: $M_v = 6,5 \text{ Kg}$

Peso de que soportará: $F = 1960 \text{ N}$

(Corresponde a una persona de 200 Kg, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

Material: Acero Comercial

Sección: Perfil Rectangular 3 x 1". Calibre 14.

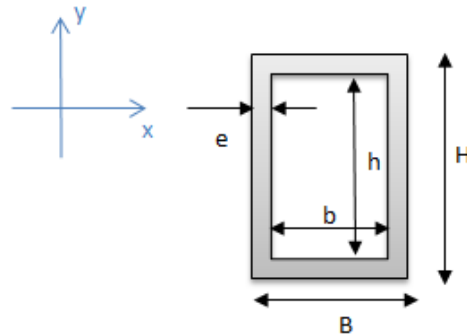


Figura 5.1.- Dimensiones de las Vigas del Soporte Principal

Dimensiones de las Vigas Solicitadas:

$$B = 0,0254 \text{ m}$$

$$H = 0,0762 \text{ m}$$

$$b = 0,0222 \text{ m}$$

$$h = 0,073 \text{ m}$$

Datos del Material:

$$\text{Módulo de elasticidad: } E = 2,07 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

$$\text{Límite de fluencia: } S_y = 280 \text{ MPa}$$

Cálculo de los momentos de inercia en la Viga Principal:

$$I_x = \frac{BH^3 - bh^3}{12} \quad ; \quad I_y = \frac{B^3H - b^3h}{12} \quad \text{Ecuación (5.1)}$$

$$I_x = 2,1683 \times 10^{-7} \text{ m}^4 \quad ; \quad I_y = 3,7499 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

La inercia resultante viene dada por

$$I = \sqrt{(I_x)^2 + (I_y)^2} \quad \text{Ecuación (5.2)}$$

$$I = \sqrt{(2,1683 \times 10^{-7} m^4)^2 + (3,7499 \times 10^{-8} m^4)^2} = 2,20 \times 10^{-7} m^4$$

Cálculo del área de la sección:

$$A = BH - bh \quad \text{Ecuación (5.2)}$$

$$A = 0,000315 m^2$$

Distribución de carga en la viga:

Se plantea la siguiente distribución de carga en cada una de las vigas principales, una carga distribuida simulando el cuerpo de una persona, con mayor peso en la parte superior, donde estará la cabecera de la camilla.

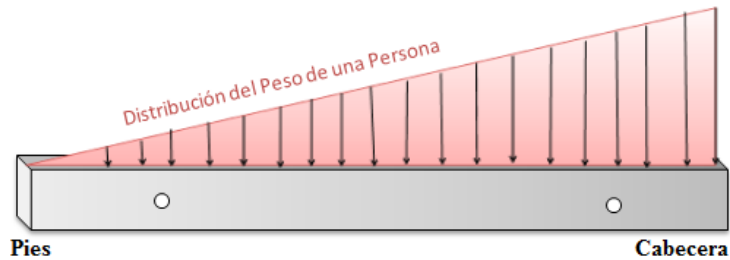


Figura 5.2.- Carga distribuida del peso de una persona sobre la viga

La carga distribuida puede ser sustituida por una puntual en el centroide de la región triangular que además coincide con el punto de plexo solar de una persona, este punto es donde se aplica RCP en un paciente en caso de que lo requiera.

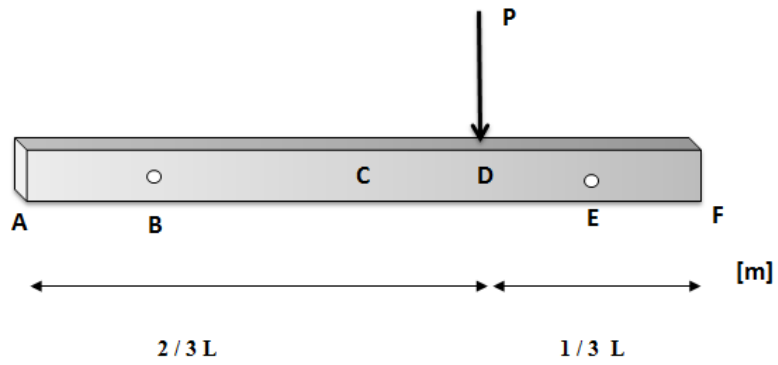


Figura 5.3.- Carga puntual en el centroide de la región triangular

Sin embargo, se propone estudiar un caso aun más crítico del sistema que es al colocar la carga puntual equivalente a los 200 kg de peso en el medio de la viga, despreciando el peso propio de la misma y teniendo la camilla en la posición plegada pues ocurrirían mayores esfuerzos.

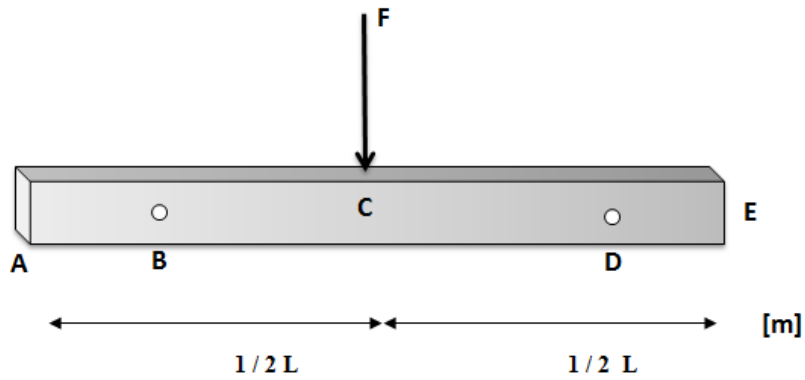


Figura 5.4.- Caso Crítico a Estudiar

Diagrama de cuerpo libre de la camilla en posición plegada:

DIAGRAMA DEL CUERPO LIBRE:

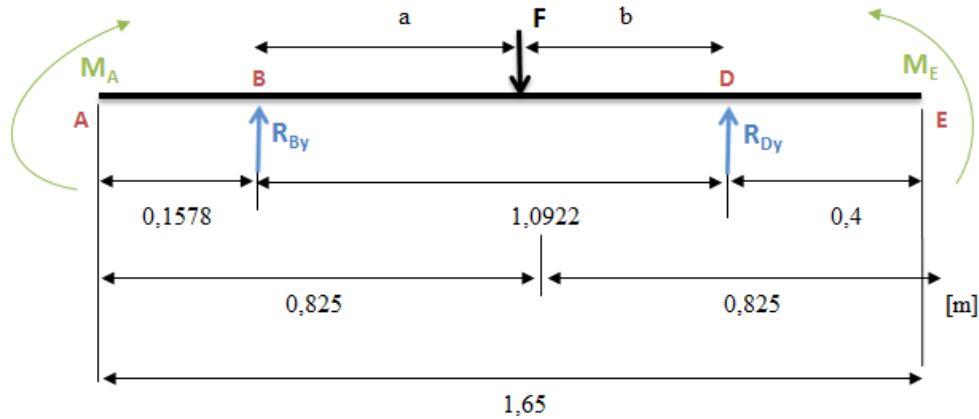


Figura 5.5.-Diagrama del cuerpo libre de la viga en estudio

Determinación de las reacciones en los apoyos B y D:

Para una viga como la señalada, con una carga asimétrica las reacciones en los apoyos serán (James Gere, Mecánica de Materiales, 6ta Edición):

$$R_{By} = \frac{F \times b}{l} \quad \text{y} \quad R_{Dy} = \frac{F \times a}{l} \quad \text{Ecuación (5.3)}$$

Donde: F = Fuerza [N] y l = Distancia entre los apoyos [m]

$$a = 0,825 \text{ m} - 0,1578 \text{ m} = 0,6672 \text{ m} ; \quad b = 0,825 \text{ m} - 0,4 \text{ m} = 0,425 \text{ m}$$

Sustituyendo:

$$R_{By} = \frac{1960 \text{ N} \times 0,425 \text{ m}}{1,0922 \text{ m}} = 762,68 \text{ N}$$

$$R_{Dy} = \frac{1960 \text{ N} \times 0,6672 \text{ m}}{1,0922 \text{ m}} = 1197,31 \text{ N}$$

Para el tramo entre los apoyos se tiene una viga simple BD que soporta una carga concentrada F, la carga actúa a una distancia “a” del apoyo izquierdo y a una distancia “b” del apoyo derecho. Al considerar la viga entera como un cuerpo libre fue posible determinar las reacciones en la misma a partir del equilibrio, Así se encontró R_{BY} y R_{DY} .

Ahora, se divide la viga en estudio en 3 tramos:

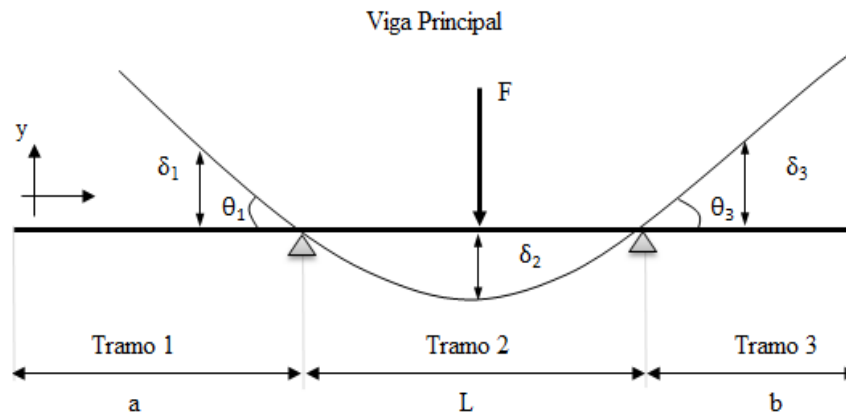


Figura5.6.- Tramos de la viga principal y casos de deflexión

Determinación de los Momentos Cortantes y Flectores:

Al cortar la viga en una sección a la izquierda de la carga F y a una distancia “x” del apoyo en B:

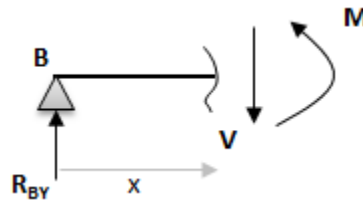


Figura 5.7.- Corte a la izquierda de la carga F.

De las ecuaciones de equilibrio para este cuerpo libre se obtiene la fuerza cortante y el momento flexionante:

$$V = R_B = \frac{Fb}{L} \quad \text{Ecuación (5.4)}$$

$$M = \frac{dV}{dx} = R_B x = \frac{Fb x}{L} \quad (0 < x < a) \quad \text{Ecuación (5.5)}$$

Estas ecuaciones son validas solo para de la viga a la izquierda de la carga “F”.

A continuación, se corta imaginariamente la viga a la derecha de la carga F, y se hace un diagrama del cuerpo libre de la parte izquierda de la viga. De las ecuaciones de equilibrio se obtiene:

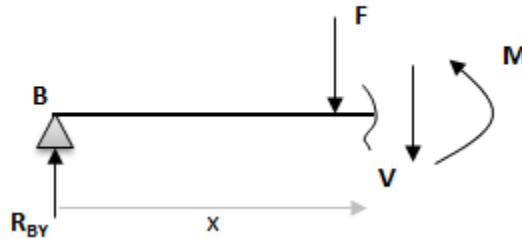


Figura 5.8.- Corte a la derecha de la carga F

Ecuaciones validas para la parte derecha de la viga:

$$V = R_B - F = \frac{Fb}{L} - F = -\frac{F a}{L} \quad (a < x < L) \quad \text{Ecuación (5.6)}$$

$$M = \frac{dV}{dx} = R_B x - F(x - a) = \frac{Fb x}{L} - F(x - a) = \frac{F a}{L} (L - x) \quad (a < x < L)$$

Ecuación (5.7)

Las ecuaciones para las fuerzas cortantes y momentos flexionantes se grafican bajo los esquemas de las vigas.

Del primer diagrama la fuerza cortante en el extremo B de la viga ($x=0$) es igual a la reacción R_{BY} , luego permanece constante hasta la aplicación de la carga F, en este punto la fuerza cortante disminuye una cantidad igual a la carga

F. En la parte derecha de la viga fuerza cortante permanece constante de nuevo pero numéricamente igual a la reacción en D.

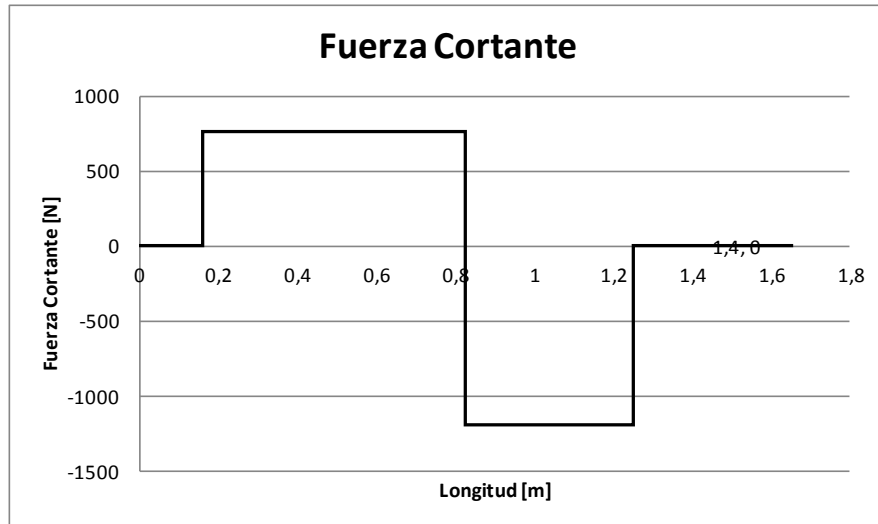


Figura 5.9.- Diagrama de la fuerza cortante en la viga principal

Momento Flector Máximo:

El momento máximo viene dado por la siguiente ecuación (James Gere, Mecánica de Materiales, 6ta Edición):

$$M = \frac{F x a x b}{l} \quad \text{Ecuación (5.8)}$$

$$\text{Sustituyendo: } M = \frac{1960 \text{ N} \times 0,6672 \text{ m} \times 0,425 \text{ m}}{1,0922 \text{ m}} = 508,86 \text{ Nm}$$

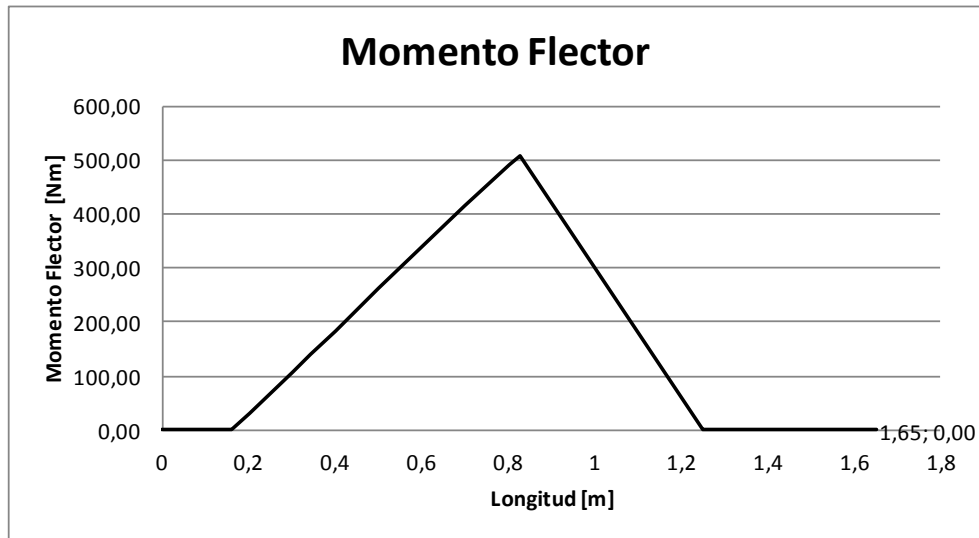


Figura 5.10.- Diagrama del momento flector en la viga principal.

Determinación de la Deflexión Máxima:

De acuerdo con las ecuaciones del texto *Mecánica de Materiales, James Gere, 6ta Edición*.

En el tramo 1:

$$\theta_1 = \frac{Fab(L+b)}{6LEI} \quad \text{Ecuación (5.9)}$$

Donde: θ_1 = ángulo de rotación en el extremo izquierdo de la viga, F = Fuerza aplicada [N], a = longitud del tramo 1 [m], L=longitud del tramo 2 [m], b = longitud del tramo 3 [m], E = Módulo de elasticidad [Pa], I=Inercia [m⁴].

$$\delta_1 = \theta_1 b \quad \text{Ecuación (5.10)}$$

Donde: δ_1 = Deflexión en el tramo 1 [m].

Sustituyendo:

$$\theta_1 = 0,02824 \quad \text{y} \quad \delta_1 = 0,0012 \text{ m}$$

La deflexión en el tramo 1 es de 0,0012 m.

En el tramo 3: Mecánica de Materiales, James Gere, 6ta Edic. Pag 909

$$\theta_3 = \frac{Fab(L+a)}{6LEI} \quad \text{Ecuación (5.11)}$$

Donde: θ_3 = ángulo de rotación en el extremo derecho de la viga, F = Fuerza aplicada [N], a = longitud del tramo 1 [m], L=longitud del tramo 2 [m], b = longitud del tramo 3 [m], E = Módulo de elasticidad [Pa], I=Inercia [m⁴].

$$\delta_3 = \theta_1 a \quad \text{Ecuación (5.12)}$$

Donde: δ_3 = Deflexión en el tramo 3 [m].

Sustituyendo:

$$\theta_3 = 0,003275 \quad \text{y} \quad \delta_3 = 0,002185 \text{ m}$$

La deflexión en el tramo 3 es de 0,002185 m

En el tramo 2: La deflexión viene dada por la siguiente ecuación (Gere):

$$y_{BF} = \frac{F b x (x^2 + b^2 - L^2)}{6EIL} \quad ; \quad y_{FD} = \frac{F a x (L-x)(x^2 + a^2 - 2Lx)}{6EIL} \quad \text{Ecuación (5.13)}$$

Donde: y_{BF} = Deflexión en el tramo BF [m], y_{FD} = Deflexión en el tramo FD [m], F = Fuerza aplicada [N], L= longitud del tramo 2 [m], b = longitud del tramo 3 [m], E = Módulo de elasticidad [Pa], I=Inercia [m⁴], X = distancia a la que ocurre la deflexión a lo largo de la viga [m].

La deflexión máxima del tramo 2 ocurre en el momento que la pendiente de la curva de la deflexión es igual a cero.

$$y_{\text{máx}} = \frac{Fb(L^2 - b^2)}{9\sqrt{3}LEI} \quad \text{Ecuación (5.14)}$$

Luego; $y_{\text{máx}} = 0,00109 \text{ m}$

Tabla 5.1.- Deflexión por tramos en la viga principal

Tramo	Deflexión [m]	L / 500
1	0,001200527	Cumple
2	0,001093907	Cumple
3	0,00218555	Cumple

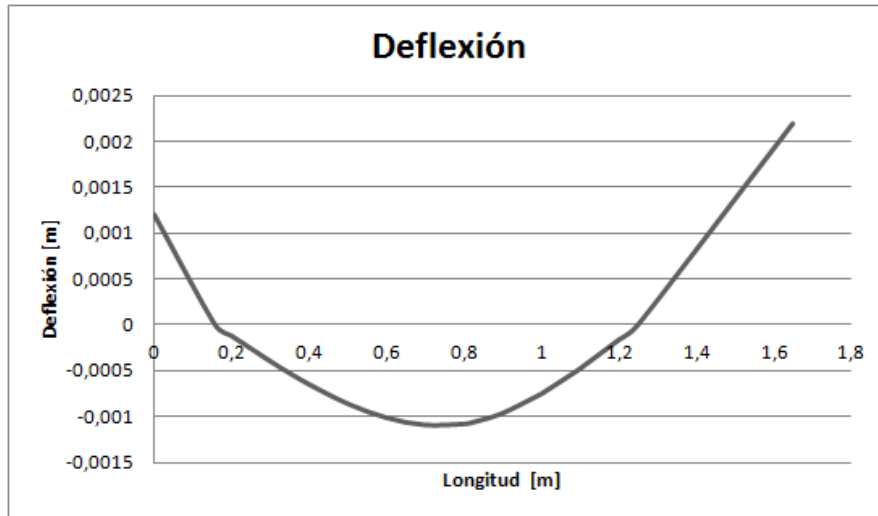


Figura 5.11.- Deflexión en la viga principal

Determinación del Factor de Seguridad para la Viga Soporte Principal:

La teoría del esfuerzo máximo por flexión plantea:

$$\sigma_{M\acute{a}x} = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ecuación (5.15)}$$

Donde: M = Momento Flector [Nm]; c = Distancia perpendicular del eje neutro al punto más alejado de este eje y sobre el cual actúa el esfuerzo normal máximo [m]; I= Momento de Inercia de la sección transversal y se calcula respecto al eje neutro [m⁴].

Sustituyendo en la ecuación (5.15):

$$\sigma_{M\acute{a}x} = \frac{508,86 \text{ Nm} \times 0,0381 \text{ m}}{2,20 \times 10^{-7} \text{ m}^4} = 88,125 \text{ MPa}$$

Luego es posible determinar el factor de seguridad a través de:

$$\Psi = \frac{S_y}{\sigma_{m\acute{a}x}} \quad \text{Ecuación (5.16)}$$

Donde S_y es el esfuerzo por fluencia del material y σ es el esfuerzo máximo para que el material no falle.

$$\Psi = \frac{280 \text{ MPa}}{88,125 \text{ MPa}} = 3$$

Se observa que el factor de seguridad encontrado es apropiado para este elemento (Juvinall), según recomendaciones del Prof. Joseph Vidosic, para los factores de seguridad para el trabajo elemental basados en la fuerza de rendimiento y que se basan en la resistencia a la fluencia.

Teoría de la Flecha L/500

El Estado Límite de deformaciones en una estructura metálica se satisface si los movimientos (flechas o rotaciones) en la estructura, o elementos estructurales son menores que unos valores límites máximos.

La comprobación del Estado Límite de deformaciones tendra que realizarse en todos aquellos casos en los que las deformaciones puedan afectar a la esttica, funcionalidad o durabilidad de la propia estructura o de los elementos por ella soportados.

En la tabla 5.2 se incluyen los valores límite indicativos recomendados para las flechas verticales, referidos a un vano de luz L. Estos valores corresponden a las deformaciones obtenidas con una combinación de acciones.

Tabla 5. 2.- Valores de las Flechas Límites de acuerdo con la aplicación

Tipo de Elemento	Valores limite W_{activa}
Cubiertas (accesibles sólo para mantenimiento)	L/250
Cubiertas accesibles (con carácter general)	L/300
Vigas y forjados (en ausencia de elementos frágiles susceptibles de deterioro)	L/300
Vigas y forjados soportando tabiques ordinarios o solados rígidos con juntas	L/400
Vigas y forjados soportando elementos frágiles: tabiques, cerramientos o solados rígidos	L/500
Vigas soportando pilares	L/500
Vigas soportando muros de fábrica	L/1000

En las Vigas Principales Superiores se consideran 3 casos críticos, cuando la carga se coloca en 3 puntos de las vigas principales superiores, en el extremo de los pies, en el centro de la viga y en el extremo de la cabecera. Podría suponerse que esta flecha máxima ocurre cuando se coloca a una persona de 200 Kg sentada en las posiciones mencionadas.

Para satisfacer el criterio L/500, la flecha encontrada en los diferentes casos no puede ser mayor a 0,0033 m que es el resultado de dividir la longitud completa de la viga entre 500.

	Abierta	Cerrada
a [m]	0,34343	0,1578
L [m]	0,90657	1,0922
b [m]	0,4	0,4

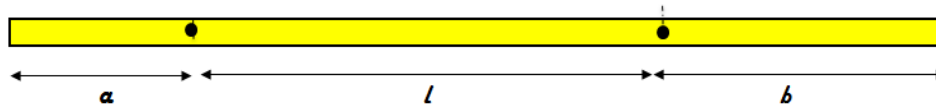


Figura 5.12.- Viga Soporte Principal, Ubicación de apoyos en Posición Plegada

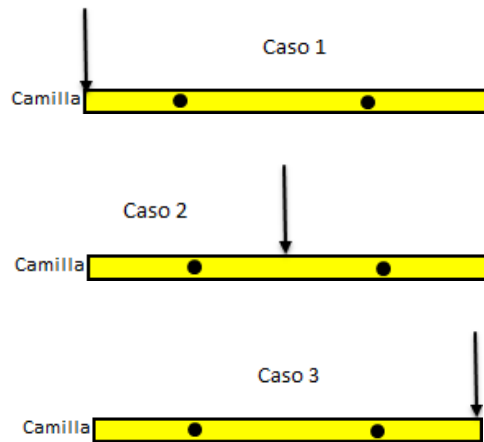


Figura 5.13- Casos críticos de carga en la viga

$$y_{Caso\ 1} = \frac{Fa^2(L+a)}{3EI} \quad \text{Ecuación (5.17)}$$

$$y_{Caso\ 2} = \frac{FL}{48EI} \quad \text{Ecuación (5.18)}$$

$$y_{Caso\ 3} = \frac{Fb^2(L+b)}{3EI} \quad \text{Ecuación (5.19)}$$

Sustituyendo:

Tabla 5.3.- Deflexión por casos en la camilla abierta y cerrada

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
	Camilla Abierta		
Deflexión [m]	2,11E-03	6,68E-04	3,00E-03
L/500	Cumple	Cumple	Cumple
	Camilla Plegada		
Deflexión [m]	4,46E-04	1,17E-03	3,42E-03
L/500	Cumple	Cumple	No Cumple

Se observa que en el caso que la camilla se encuentra abierta, se satisface el criterio de la flecha L/500 ya que para las 3 posiciones críticas de la carga, la deflexión obtenida es menor a la deflexión propuesta por esta teoría.

Cuando la camilla está cerrada, o plegada, se cumple este mismo criterio para los 2 primeros casos, es decir, donde se coloca la carga en el extremo más próximo a la zona inferior del paciente y en el centro de la viga, mas sin embargo no se cumple en el extremo de la cabecera de la camilla por un 0,04%.

5.2.2. Diagramas de las Vigas Inferiores

A continuación se presentan las gráficas correspondientes a la fuerza cortante, el momento flector y la deflexión en las vigas inferiores, debido a la actuación de las reacciones en los apoyos y la fuerza transmitida por las patas de la camilla, calculadas en el análisis estático (F_{CD} y F_i).

Tabla 5.4.- Características de la Viga Soporte Inferior

Material	Acero
Límite de elasticidad	S_y 280 MPa
Módulo de elasticidad	E 207000 MPa
Módulo de rigidez	G 80000 MPa

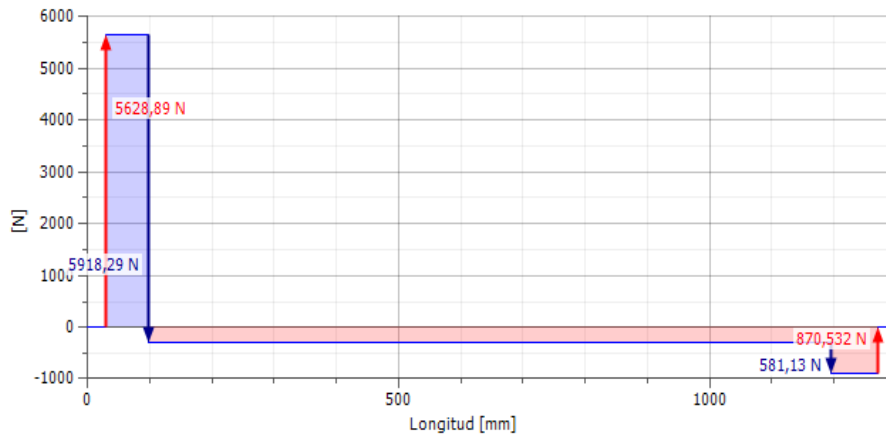


Figura 5.14.- Diagrama de la fuerza cortante en la viga inferior

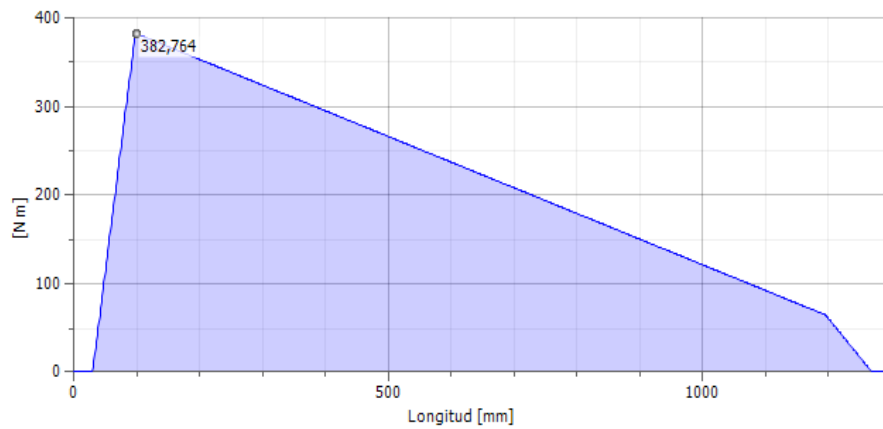


Figura 5.15.- Diagrama del momento flector en la viga inferior

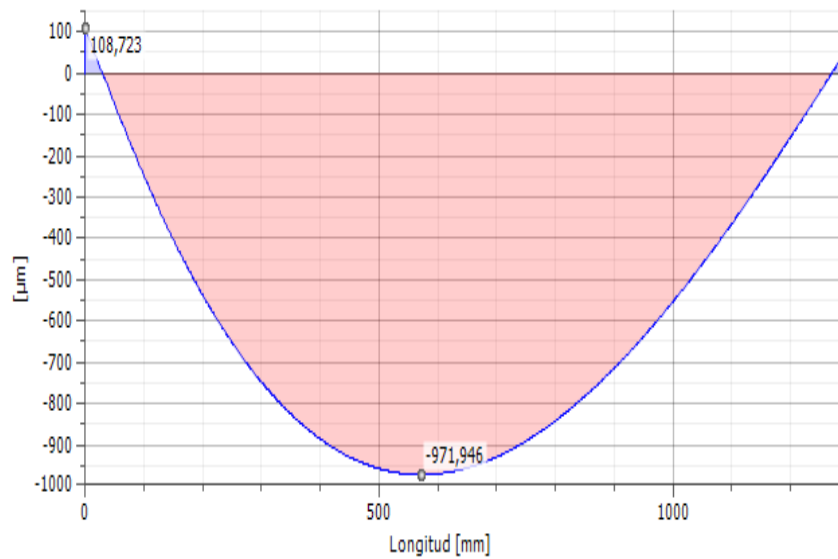


Figura 5.16.- Diagrama de la deflexión en la viga inferior

Tabla 5.5.- Resultados de las vigas inferiores

Longitud	L	1300,000 mm
Masa	Masa	3,217 kg
Tensión de corte máxima	τ_s	17,876 MPa
Flexión máxima	$f_{\text{máx}}$	971,946 μm

5.3. ANÁLISIS ESTÁTICO

Para este estudio se realiza el diagrama de cuerpo libre de la estructura de la camilla con las fuerzas que actúan sobre la misma.

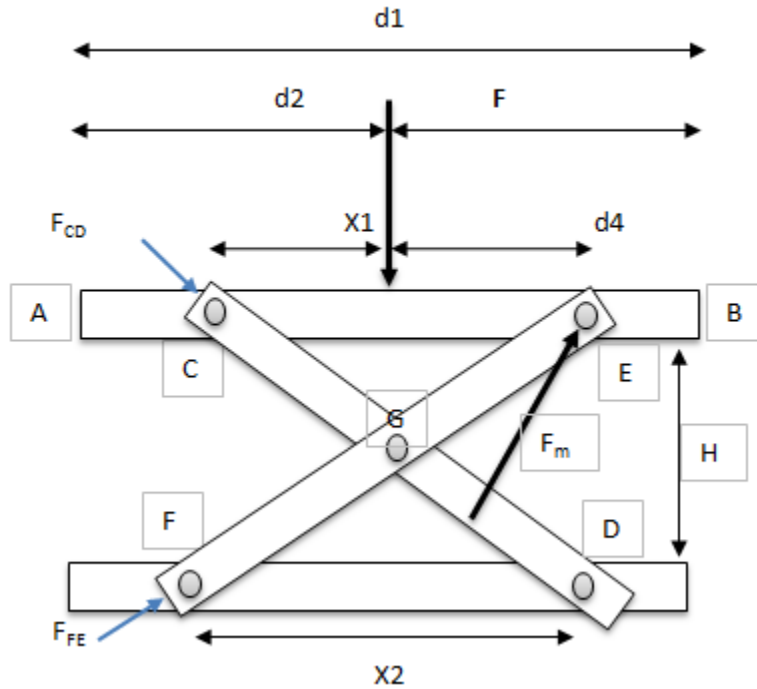


Figura 5.17.- Armazón de la camilla para el análisis estático, posición extendida.

Donde:

$d1 = 1,65$ m; Longitud de las vigas soporte principales

$d2 = d3 = 0,825$ m; Punto de aplicación de la fuerza de 1960 N (200Kg) sobre la viga principal, es el punto medio de la misma.

$d4$ = Distancia entre el punto de aplicación de la fuerza y el apoyo móvil de la viga principal (Próximo a la cabecera de la camilla).

θ = Ángulo entre F_m y F_{FE} [rad]

$X1 = 0,425$, Distancia entre el punto de aplicación de la fuerza y el apoyo fijo de la viga principal. (Variable según la altura de la camilla)

$X2 =$ Distancia entre los transversales de la viga inferior. (Variable según la altura de la camilla).

$F = 1500$ N; Fuerza equivalente a 150 Kg de peso a considerar para este caso crítico.

$L_{FE} = L_{CD} = 1,13$ m; Longitud de las Patas de la Camilla.

F_{FE} = Fuerza en las patas FE de la camilla. [N]

H: Altura de la Camilla (Variable) [m]

C y E: Puntos de Apoyo de la Viga Superior

F_{CD} = Fuerza en las patas CD de las camilla [N].

F_m = Fuerza del motor [N].

Considerando que el actuador eléctrico ejerce una fuerza de 6000 N a compresión y 3000 N a tensión y de acuerdo a la ubicación del mismo en la camilla, el sistema de plegado se iniciará en un ángulo θ de $17,74^\circ$ y finalizará en un ángulo θ de $25,53^\circ$, con lo cual es posible determinar la fuerza que se presenta en los elementos que hacen función de patas en la camilla.

Se descompone la fuerza del motor en sus componentes x e y. donde el eje x será el eje longitudinal de actuación del motor.

$$F_{FEx} = F_{FE} \cos(\theta) \quad \text{Ecuación (5.20)}$$

Sustituyendo la ecuación se obtiene la siguiente tabla en las alturas más críticas de la camilla.

Tabla 5.6.- Fuerzas obtenidas en distintas alturas de la camilla

	x1 [m]	x2 [m]	H [m]	θ [Grados]	F _M [N]	F _{FE} [N]
↓ Extendida	0,67212	1,097	0,176	25,53	6000	5414,158473
↑ Plegada	0,48257	0,906	0,6409	17,74	3000	2857,346982

De la tabla anterior se observa que la mayor fuerza presente en las patas de la camilla es de 5414,15 N.

5.4. ESTUDIO DE PANDEO EN LAS PATAS DE LA CAMILLA

En las llamadas patas de la camilla existe flexo compresión en el momento que se está elevando, un comportamiento de columna que es importante estudiar porque están sometidas a cargas axiales.

Características de las Patas de la Camilla:

B =	0,0254	m
H =	0,0762	m
B =	0,0222	m
H =	0,073	m
c =	0,0381	m
I_x =	2,17E-07	m ⁴
I_y =	3,75E-08	m ⁴
A =	0,00031488	m ²
L =	1,15	m
espesor =	0,0016	m
S_y =	193 x 10 ⁶	Pa
E =	2,07 x 10 ¹¹	Pa

La sección es rectangular, la misma utilizada para las vigas de soporte principal superiores e inferiores.

Determinación de la razón de esbeltez (SR): $SR = KL/r$ Ecuación (5.28)

Donde: L = Longitud de la columna [m], k = Factor de fijación de los extremos y que se tomará con el valor de 1 y r = radio de giro mínimo de la sección transversal de la columna [m].

$$\text{Radio de Giro: } r = \sqrt{I/A} \quad \text{Ecuación (5.29)}$$

Donde: I = Momento de Inercia [m⁴] y A = Área de la sección transversal [m²]

r = 0,02643 m, Radio de Giro obtenido.

Luego SR = 43,51

Para determinar si la columna se comporta como columna larga o columna corta se utiliza un parámetro denominado razón de esbeltez de transición (Cc):

$$Cc = \sqrt{\frac{2 \pi^2 E}{S_y}} \quad \text{Ecuación (5.30)}$$

Sustituyendo, Cc = 120,80

Donde: E = Módulo de Elasticidad [Pa]; Sy = Esfuerzo de Fluencia [Pa].

Si SR > Cc; Columna Larga y se usa la Ecuación de Euler

Si SR < Cc; Columna Corta y se usa la Ecuación de J. B. Johnson

Ecuación de J. B. Johnson para determinar el valor de la carga crítica que genera la falla por pandeo:

$$P_{Cr} = A S_y \left[1 - S_y \frac{\left(\frac{L}{r}\right)^2}{4 \pi^2 E} \right] \quad \text{Ecuación (5.31)}$$

Entonces, P_{Cr} = 83917,87 N es la Carga Crítica

La Carga Permisible sobre la Columna viene dada por:

$$P_{Cl} = P_{Cr}/N \quad \text{Ecuación (5.32)}$$

Donde: N = Factor de Seguridad; Según la AISC N = 1,95 en columnas de acero y aluminio

Sustituyendo para determinar la carga permisible en las columnas: $P_{Cl} = 43034,80 \text{ N}$

En el análisis estático se encontró que la máxima carga existente en el sistema es de 5414, 15 N. Se necesitaría de una carga de 43034,8 N para que las patas fallen por pandeo, se puede asegurar que el sistema no fallará de esta manera ya que la carga permisible es mucho mayor que la carga máxima.

5.5. ESTUDIO EN LA MELAMINA

Propiedades de las láminas de Melamina:

Espesor Nominal: 15 mm

Densidad: 710 Kg/m³

Resistencia a la Tracción: 1 N/mm²

Resistencia a la Flexión: 17 N/mm²

Módulo de Elasticidad: 2300 N/mm²

Dimensiones de la sección transversal de la fibra de estudio: L = 0,56 m y e = 0,015 m

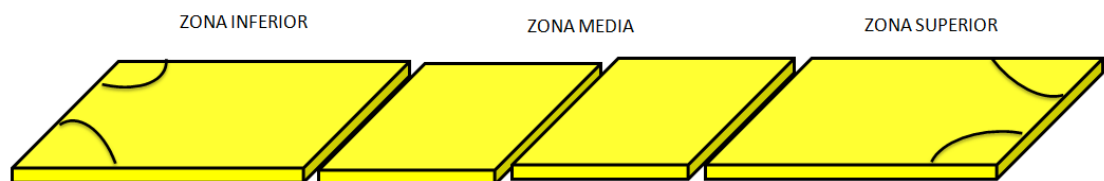
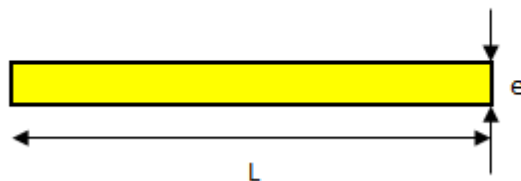


Figura 5.18.- Láminas de Melamina a usar

En todas las láminas de Melamina el ancho y el espesor es el mismo, quiere decir que todas poseen la misma sección transversal. Se plantea estudiar esta sección de acuerdo con los esfuerzos a la que será sometida cuando se coloca una persona de 200 Kg sobre las mismas.

SECCIÓN TRANSVERSAL:



Cálculo de la inercia y el área:

Las ecuaciones para cálculo de la inercia en una sección transversal rectangular son:

$$I_x = \frac{L e^3}{12} \quad ; \quad I_y = \frac{L^3 e}{12} \quad \text{Ecuación (5.32)}$$

Donde: L = Longitud [m] y e = espesor [m].

Sustituyendo: $I_x = 15,75 \times 10^{-7} \text{ m}^4$; $I_y = 2,19 \times 10^{-4} \text{ m}^4$

El área será: $A = L \times e$ Ecuación (5.33)

Luego; $A = 8,4 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

Se coloca una carga distribuida de 3500 N/m que es lo equivalente para soportar 1960 N a lo largo de los 0,56 m que mide la tabla. Para verificar esto:

$$F = L \times q \quad \text{Ecuación (5.34)}$$

$F = 0,56 \text{ m} \times 3500 \text{ N/m}$, Luego entonces: $F = 1960 \text{ N}$

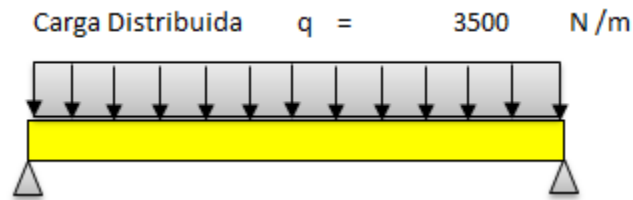


Figura 5.19.- Carga distribuida a lo largo de la sección transversal

Momento Flector: $M = \frac{q L^2}{8}$ Ecuación (5.35)

Donde: $q =$ Carga Distribuida [N/ m], $L =$ longitud [m].

Sustituyendo en la ecuación (5.35), $M = \frac{3500 \times 0,56^2}{8} = 137,2 \text{ Nm}$

La deflexión máxima que se puede encontrar en las tablas:

$Y_{m\acute{a}x} = \frac{5 q L^4}{384 E I}$ Ecuación (5.36)

$Y_{m\acute{a}x} = \frac{5 \times 3500 \times 0,56^4}{384 \times (2,3 \times 10^9)(2,19 \times 10^{-4})} = 8,87 \times 10^{-6} \text{ m}$

Se observa que es una deflexión mínima, sin embargo se verifica el cumplimiento de la teoría de la flecha $L / 500$:

$L/500 = 0,56 \text{ m} / 500 = 1,23 \times 10^{-3} \text{ m}$

Se cumple que la deflexión no es apreciable al ojo humano pues es menor que la que resulta por la teoría de la flecha $L/500$.

5.6. ESTUDIO EN LOS ELEMENTOS TRANSVERSALES:

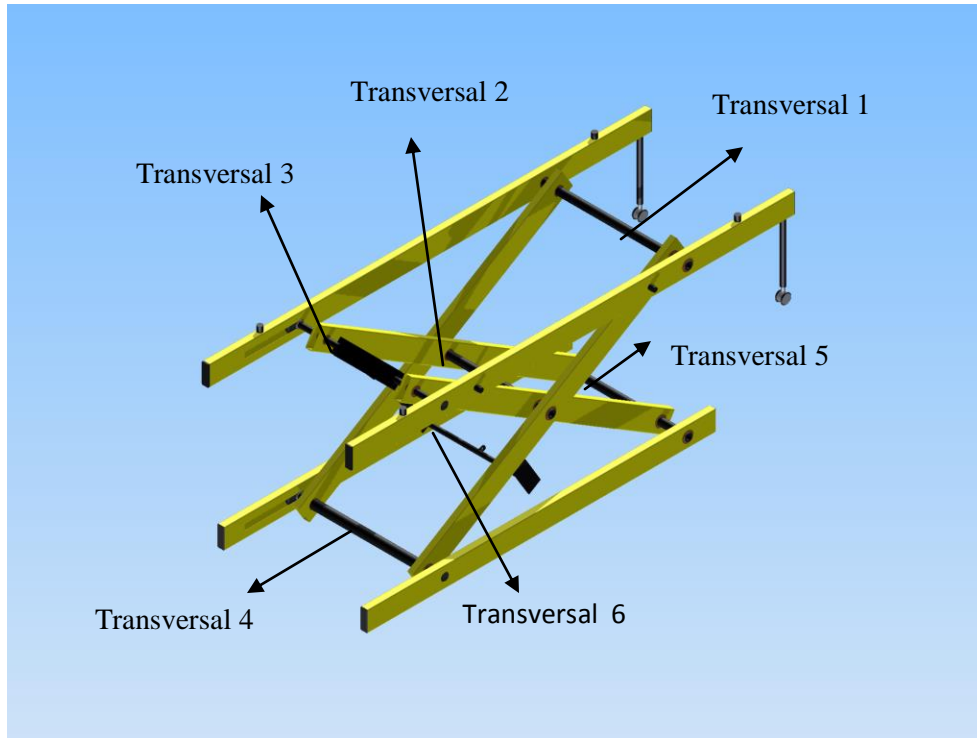


Figura 5.20.- Carga distribuida a lo largo de la sección transversal

Luego del estudio realizado en las vigas principales superiores, fue posible verificar los resultados obtenidos con los arrojados por el software inventor los cuales se satisfacían a cabalidad, se decidió determinar los siguientes gráficos de acuerdo al análisis de estructura del mismo software.

5.6.1. Transversal 1:

Tabla.5.7.- Datos del Material del Transversal 1

Material		Aluminio 6063T5
Límite de elasticidad	S_y	145 MPa
Módulo de elasticidad	E	71000 MPa
Módulo de rigidez	G	26000 MPa

Al representar las fuerzas involucradas en el transversal 1, se observa que actúan las reacciones en los apoyos y una fuerza equivalente a 500 N, que es una tercera parte del peso total que se propone soportar, ubicada en el centro del transversal donde corresponde colocar el soporte que permite elevar el tronco del paciente.

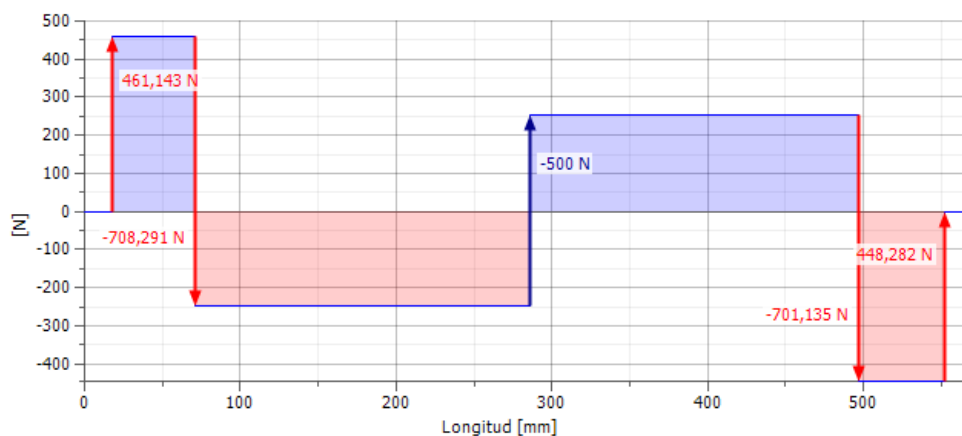


Figura 5.21.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 1

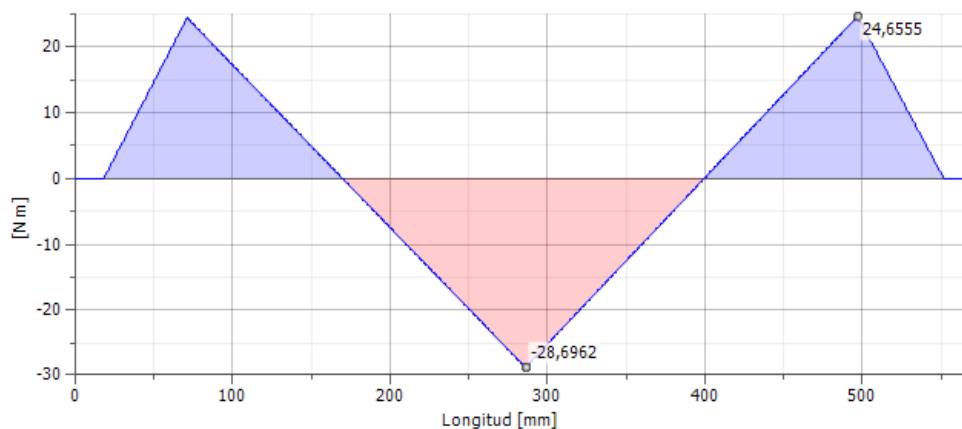


Figura 5.22.- Diagrama de momento flector en el transversal 1

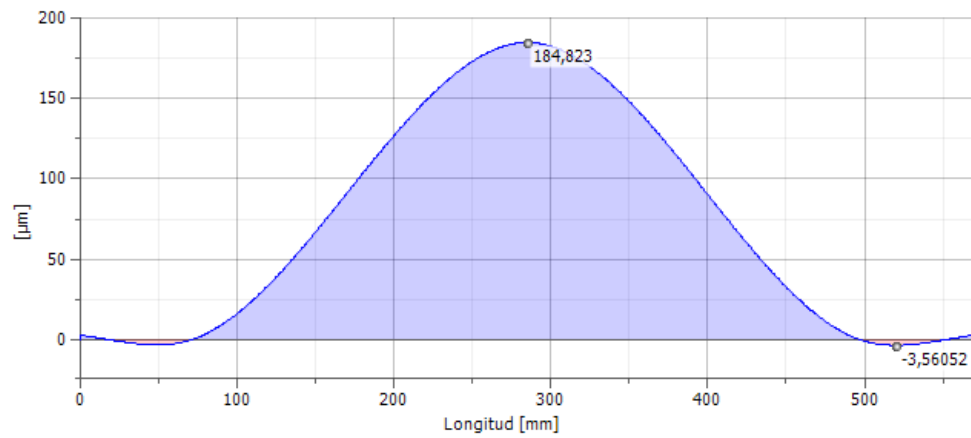


Figura 5.23.- Diagrama de la deflexión en el transversal 1

5.6.2. Transversal 2:

Tabla.5.8.- Datos del Material del Transversal 2

Material		Aluminio 6063T5
Límite de elasticidad	S_y	145 MPa
Módulo de elasticidad	E	71000 MPa
Módulo de rigidez	G	26000 MPa

Es el transversal que se encuentra en el medio de la camilla el cual atraviesa las cuatro patas.

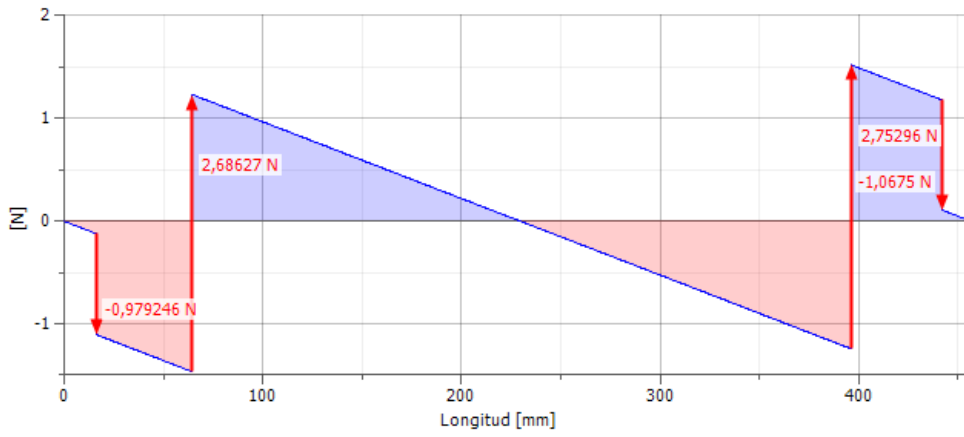


Figura 5.24.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 2

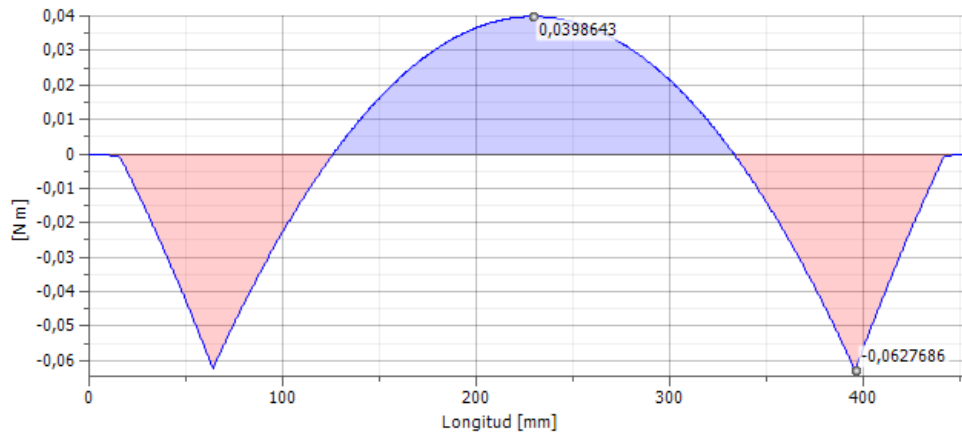


Figura 5.25.- Diagrama de momento flector en el transversal 2

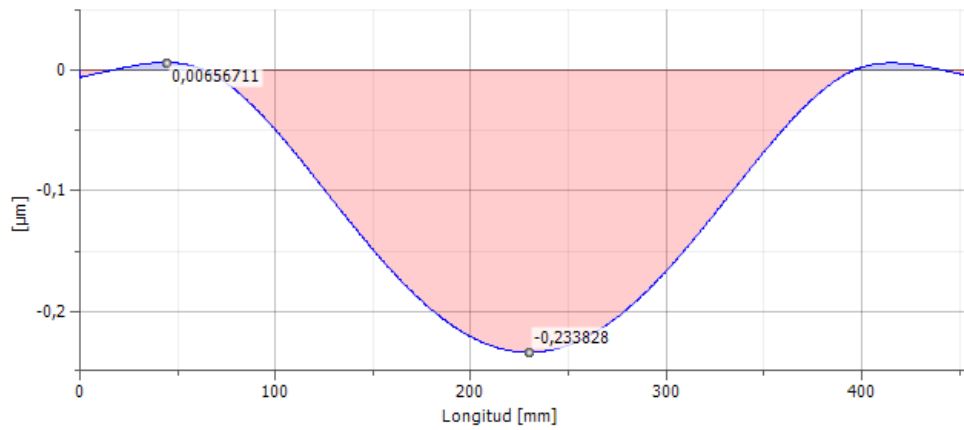


Figura 5.26.- Diagrama de la deflexión en el transversal 2

5.6.3. Transversal 3:

Tabla.5.9.- Datos del Material del Transversal 3

Material		Acero 1020
Límite de elasticidad	S_y	300 MPa
Módulo de elasticidad	E	200 GPa
Módulo de rigidez	G	80 GPa

El transversal 3 está sometido a cargas en sus extremos debido a la acción de las patas de la camilla, y sirve de punto de sujeción para el actuador.

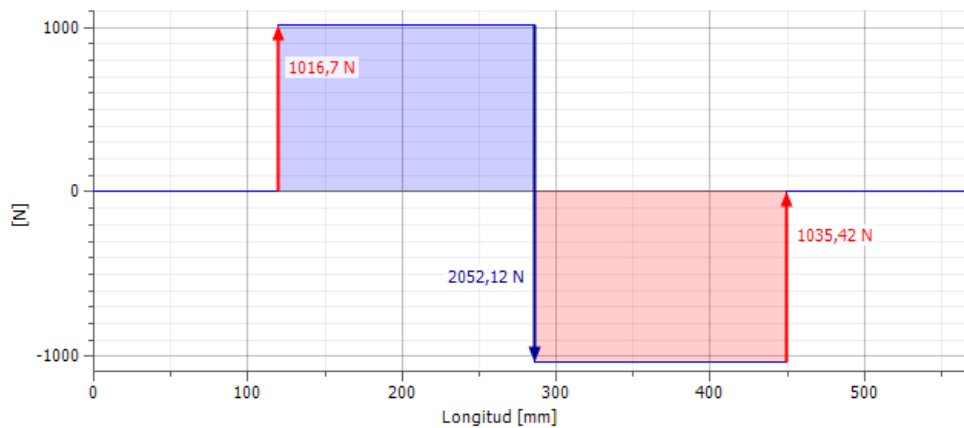


Figura 5.27.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 3

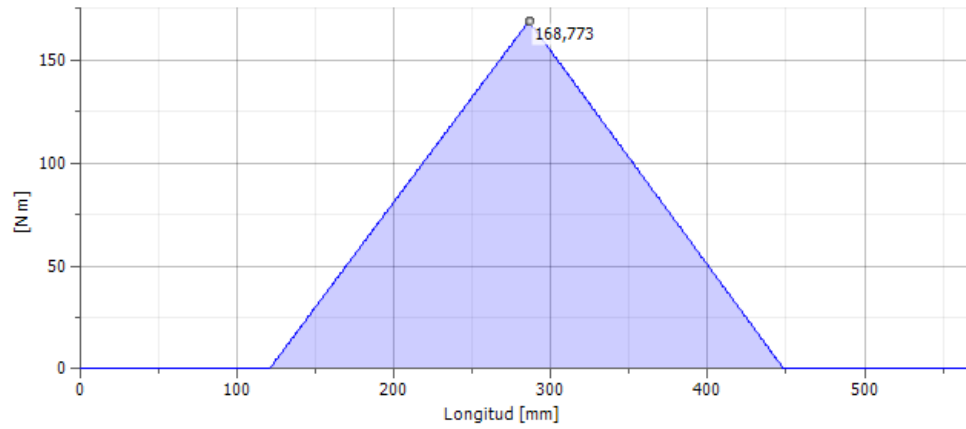


Figura 5.28.- Diagrama del momento flector en el transversal 3

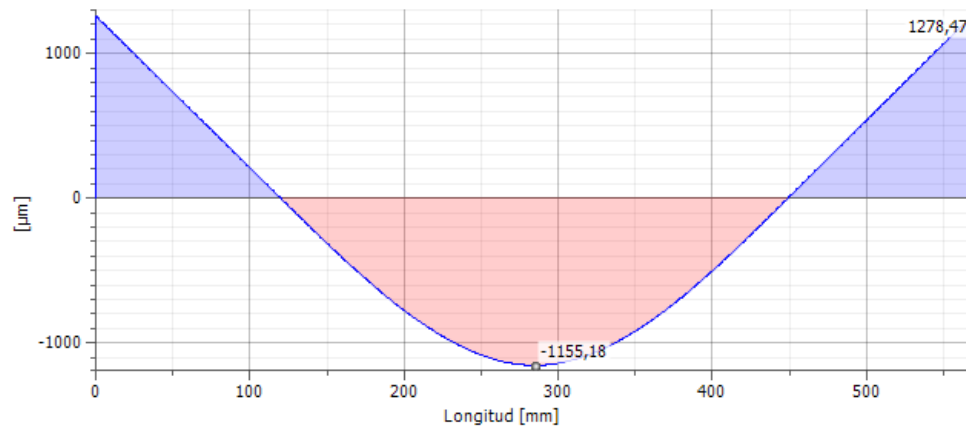


Figura 5.29.- Diagrama de la deflexión en el transversal 3

5.6.4. Transversal 4:

Tabla 5.10.- Datos del Material del Transversal 4

Material		Aluminio 6063T5
Límite de elasticidad	S_y	145 MPa
Módulo de elasticidad	E	71000 MPa
Módulo de rigidez	G	26000 MPa

Al representar las fuerzas involucradas en el transversal 4, actúan las reacciones en los apoyos y las fuerzas transmitidas por las patas de la camilla.

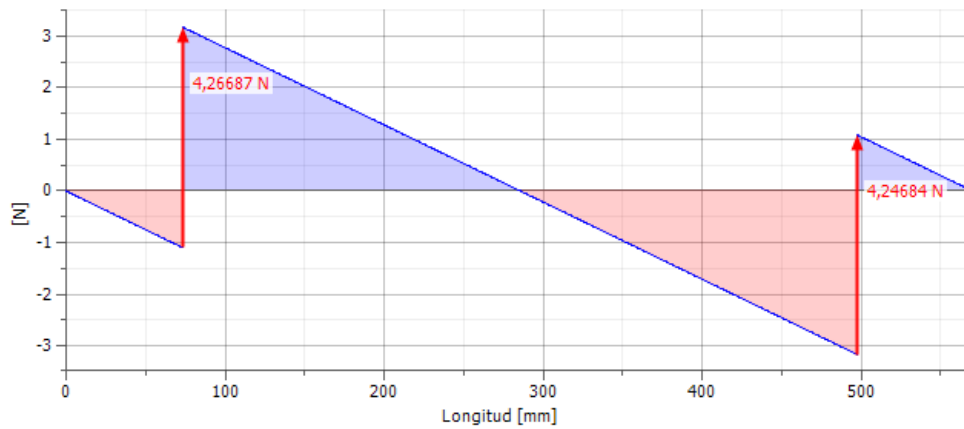


Figura 5.30.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 4

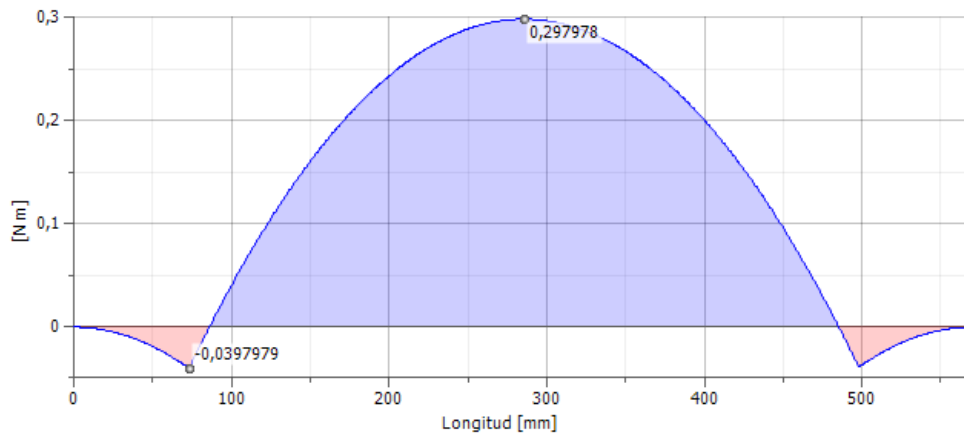


Figura 5.31.- Diagrama de momento flector en el transversal 4

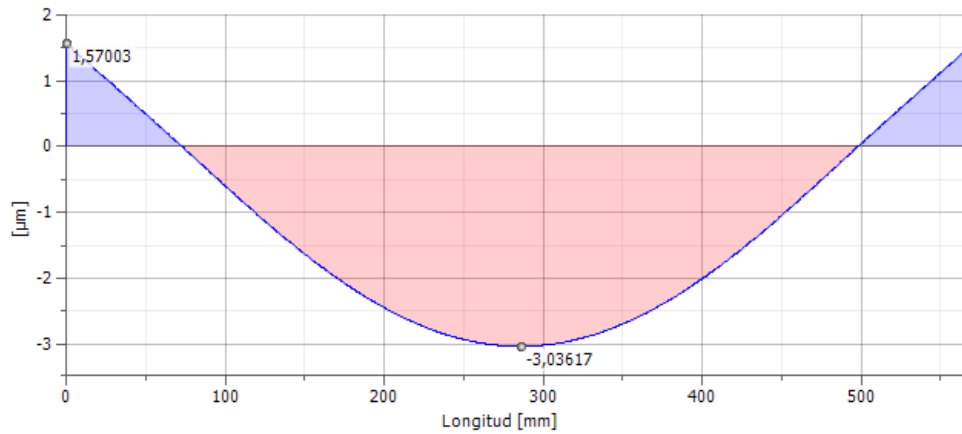


Figura 5.32.- Diagrama de la deflexión en el transversal 4

5.6.5. Transversal 5:

Tabla.5.11.- Datos del Material del Transversal 5

Material		Aluminio 6063T5
Límite de elasticidad	S_y	145 MPa
Módulo de elasticidad	E	71000 MPa
Módulo de rigidez	G	26000 MPa

Al representar las fuerzas involucradas en el transversal 5, actúan las reacciones en los apoyos y las fuerzas transmitidas por las patas de la camilla.

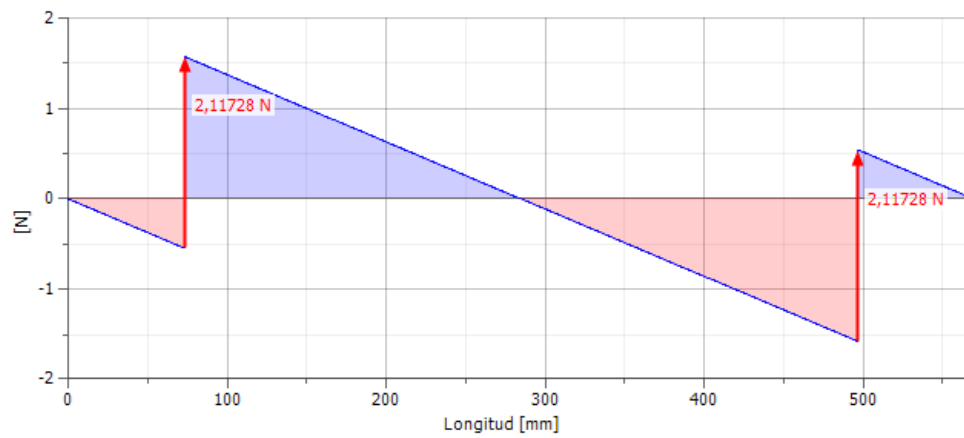


Figura 5.33.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 5

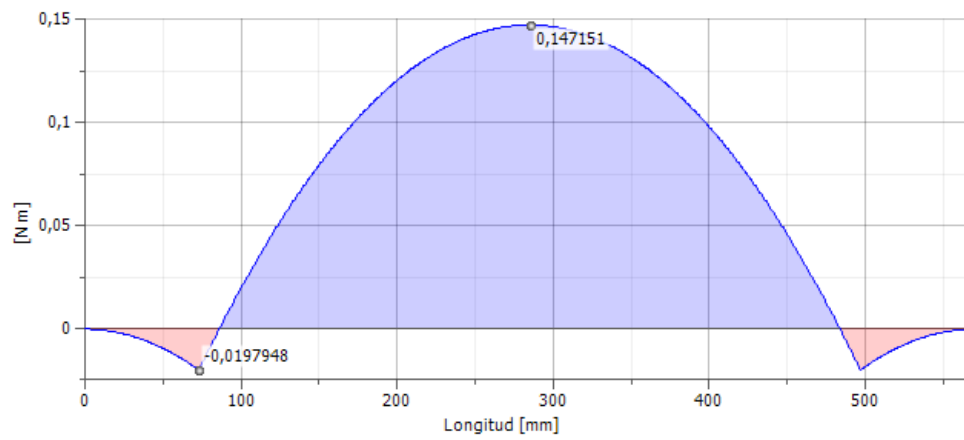


Figura 5.34.- Diagrama de momento flector en el transversal 5

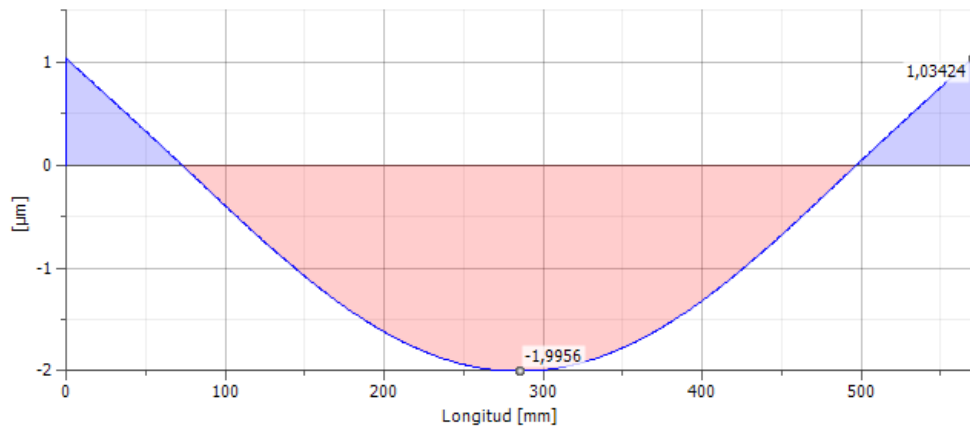


Figura 5.35.- Diagrama de la deflexión en el transversal 5

5.6.6. Transversal 6:

Tabla.5.12.- Datos del Material del Transversal 3

Material		Acero 1020
Límite de elasticidad	S_y	300 MPa
Módulo de elasticidad	E	200 GPa
Módulo de rigidez	G	80 GPa

Al representar las fuerzas involucradas en el transversal 6, actúan las reacciones en los apoyos y la fuerza transmitida por el actuador.

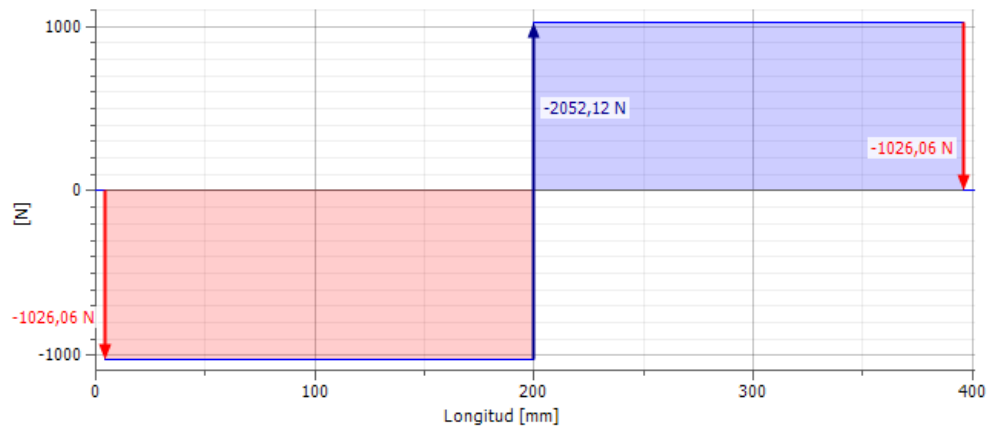


Figura 5.36.- Diagrama de fuerza cortante en el transversal 6

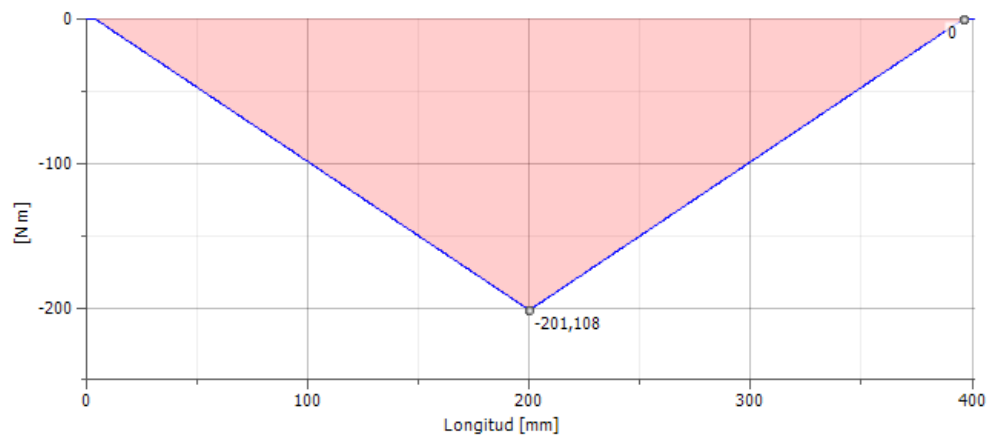


Figura 5.37.- Diagrama de momento flector en el transversal 6

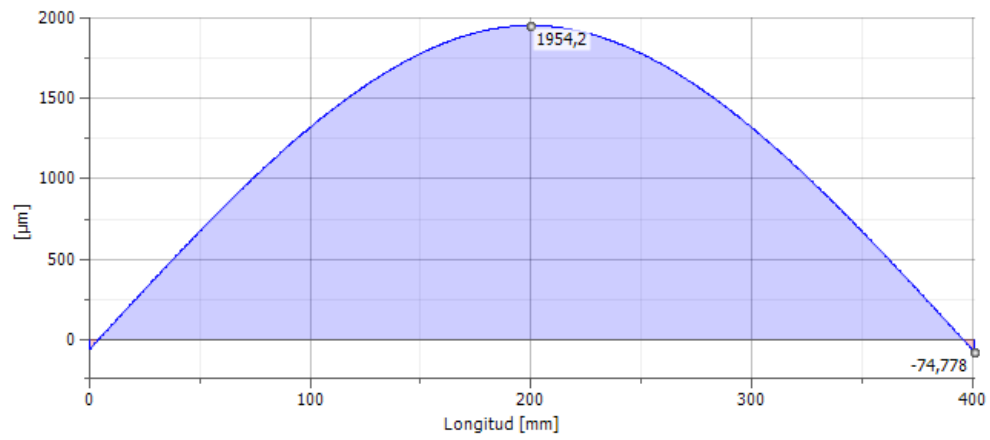


Figura 5.38.- Diagrama de la deflexión en el transversal 6

CAPÍTULO VI

AUTOMATIZACIÓN

6.1.FASES DE ESTUDIO EN LA ELABORACIÓN DE UN AUTOMATISMO

Para el desarrollo y elaboración correcta de un automatismo, por el técnico o equipo encargado de ello, es necesario conocer las especificaciones técnicas del sistema o proceso a automatizar y su correcta interpretación, la parte económica relacionada con los materiales, aparatos, su adaptación al sistema y al entorno en el que se haya inscrito, etc. asignada para no caer en el error de elaborar una buena opción desde el punto de vista técnico, pero inviable económicamente.

6.2.COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE LA CAMILLA DE ATENCIÓN MÉDICA PRE HOSPITALARIA:

- Actuador Lineal Eléctrico
- Fusible
- Fuente de Alimentación (Batería)
- Pulsadores
- Cables

6.2.1. Definición de actuador:

Es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o actuar otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica y fuerza motriz eléctrica.

Actualmente hay básicamente dos tipos de actuadores: los actuadores lineales, que generan una fuerza en línea recta, tal como haría un pistón y los actuadores rotatorios, que generan una fuerza rotatoria, como lo haría un motor eléctrico.

El tornillo de los actuadores lineales de tipo impulsado por un motor eléctrico o AC DC, básicamente, consisten en un tornillo de avance (eje roscado / cabezal) y el vástago. En el 90% de los casos, una caja de engranajes entre el motor y el tornillo está también presente para regular las revoluciones. Cuando se suministra potencia, el motor hace girar el tornillo de avance, lo que hace que la tuerca de accionamiento para moverse y extender el vástago. La inversión del eje de rotación del motor retrae el tubo de inserción. Este tipo de actuadores operan en aplicaciones de lazo abierto alimentadas con 12, 24, 36 VCC o 115, 230, 400 VCA.

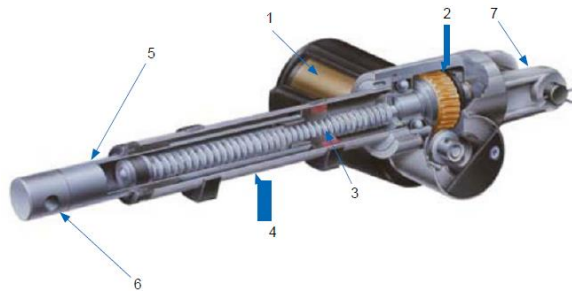


Figura 6.1.- Partes de un Actuador Lineal Eléctrico

1: Motor, 2: Caja reductora, 3: Tornillo y tuerca, 4: Protección del Vástago, 5: Vástago, 6: Accesorio delantero, 7: Accesorio trasero

Ventajas de un actuador lineal eléctrico:

- Generalmente es más económico instalar y mantener actuadores de válvulas eléctricos que neumáticos. Un sistema neumático incluye no solamente los actuadores sino también compresores, tuberías, filtros, sistemas de lubricación de aire y secaderos. Después de las instalaciones, sus componentes cuestan más de mantener. Donde se usan con sistemas controlados neumáticamente, el coste

de los convertidores neumáticos corriente debe añadirse si se requiere posicionamiento del actuador.

- Eliminan la necesidad de aire, una fuente de energía cara, y no requieren energía cuando no están en movimiento. No hay necesidad de preocuparse con el ruido del compresor, apantallar el ruido, ventear el aire u otras restricciones de operación asociadas con los sistemas neumáticos.
- Transmisión de energía más limpia, más simple y más eficiente. La integración de los actuadores eléctricos es más sencilla, con controles programables; el mantenimiento se minimiza porque no se requiere cambiar partes o lubricar, excepto en condiciones extremas.
- Son ideales para equipos médicos, de salud y acondicionamiento físico, oficina y entretenimiento y marítimos.
- Permiten el movimiento preciso, controlado y repetible hala/empuja en aplicaciones de accionamiento lineal. Son eficientes, prácticamente libres de mantenimiento, y una buena alternativa ecológica en contraste con los tipos hidráulicos o neumáticos.
- Los actuadores con diseño modular y arquitectura abierta ofrecen oportunidades para elegir e integrar los componentes para lograr soluciones a medida dentro de los modelos existentes. La aplicación potencial se expande con a la instauración de las tecnologías para fines específicos, tales como sensores, finales de carrera, etc.

Tipos de Tornillo del Actuador Linear Eléctrico:

La especificación se verá influenciada por la configuración del actuador y requerimientos de carga.

Tornillo de bolas: Todos los tornillos de bolas de acero consisten en un eje de tornillo, la tuerca esférica con un sistema recirculación de balón para convertir el movimiento giratorio en movimiento reversible lineal (o el par de empuje). La resistencia de fricción baja minimiza el desgaste, mejora la eficiencia y reduce la temperatura de funcionamiento para una vida útil más larga. Pueden soportar cargas extremas con ciclos de trabajo altos, trabajan durante largos periodos a velocidades elevadas y que requieren una capacidad dinámica alta.

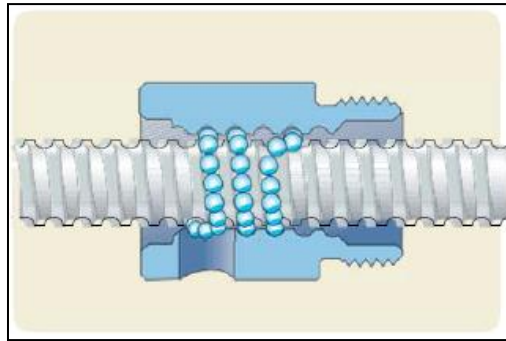


Figura 6.2.- Tornillo de Bolas

Tornillo Acme: Estos tornillos transmiten la torsión en un movimiento lineal a través fricción directa de deslizamiento. Un conjunto típico consta de un tornillo de acero y la tuerca de plástico. Permiten acomodar una carga estática alta, con la vibración excesiva soporte.

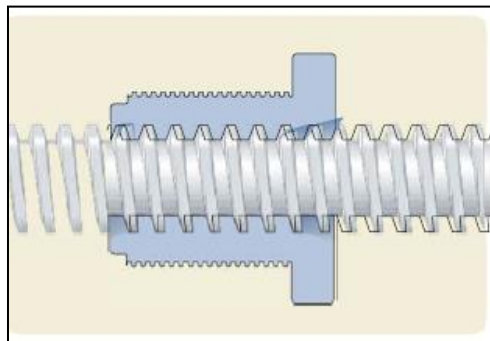


Figura 6.3.- Tornillo Acme

Consideraciones de Funcionamiento:

Final de carrera: Su propósito es limitar el movimiento del actuador o de carrera en una dirección particular. Cuando se activa, el interruptor se abre o se cierra un contacto eléctrico. Cuando el contacto es cerrado, la corriente fluirá a través del conmutador; cuando el contacto está abierto, no circula corriente fluirá a través del conmutador. Estos dispositivos permiten el ajuste de la longitud de la carrera.

Sensores Hall: Estos dispositivos giratorios o lineales determinan la posición relativa de un actuador. Dos sensores detectan por un imán giratorio y, a continuación el relé da impulsos de salida correspondientes a una unidad de control para proporcionar la realimentación de posición.

Potenciómetro: Es un dispositivo de retroalimentación analógico, se considera como un sensor absoluto con un valor único para cada posición. A veces se llama una resistencia variable que se puede leer y alimentar en un controlador para el control de posicionamiento de la aplicación.

Embrague de fricción: esta función protegerá el actuador de daño mecánico cuando alcance la posición final mecánica o cuando la carga dinámica es excedida momentáneamente. Este embrague consta de una serie de platos de acero concéntricos y una serie de anillos de fricción dentro de una carcasa, la presión es ejercida en los platos y los anillos por un ajustador actuado a través de resortes y placas de presión. El embrague de ficción no está hecho para ser usado como limitador de la carga, pero solo como protección del actuador del equipo en caso de sobre carga dinámica.

Embrague de bolas de retención: transmiten la fuerza a través de bolas endurecidas que descansan en un eje de retención y son sostenidas en su lugar por resortes. Una condición de carga de sobre torque empuja la bola fuera de su retención.

Tuerca de respaldo: Esto previene al actuador de colapsar en caso de que la tuerca principal falle. Es usualmente de metal, exhibe mayor fuerza anti cizalla que la tuerca principal y solo hace contacto con los hilos cuando la tuerca principal falla.

Criterios de selección:

El rendimiento del actuador será influenciado por una variedad de factores intrínsecos a la aplicación. Un entendimiento de estos factores puede ayudar a seleccionar el diseño del actuador más apropiado. Factores relevantes para evaluar incluyen fuerza de empuje y halado, capacidad de carga estática y dinámica, velocidad, longitud de carrera retráctil, ciclo de carga y calculo de vida.

Fuerza: La fuerza de empuje es la máxima fuerza de extensión que un actuador eléctrico puede producir en newton. La fuerza de empuje es la máxima fuerza retractante, algunos actuadores no producen fuerzas de empuje y halado iguales, mientras que otros no permiten fuerza de empuje.

Capacidad de carga: La capacidad de carga estática máxima se refiere al peso o masa que un actuador puede manejar cuando está quieto sin causar daño permanente o que el actuador empiece a ir en reversa. Un actuador sujeto a cargas en exceso mayores a los valores establecidos incrementa el riesgo de deformación permanente de algunas partes. La máxima carga dinámica representa el peso total máximo o masa que puede mover el actuador. El factor decisivo para este valor es el tamaño del motor y el tipo de engranaje.

Velocidad: Esto representa la proporción de carrera (cuando se extiende o retrae) y es usualmente medido en mm/s o in/s. La velocidad puede variar bajo diferentes cargas, usualmente depende del motor. Los actuadores con corriente alterna se mueven a una velocidad constante, que solo se ve afectada un poco por la carga. Otros factores que influyen sobre la velocidad incluirían

la magnitud y o la frecuencia del voltaje aplicado, la temperatura ambiente y que tan bien está integrado en la aplicación del usuario final.

Longitud de carrera: La carrera describe la longitud (en milímetros o pulgadas) que un actuador linear electro-mecánico o pilar telescópico se extenderá o retraerá. La longitud de retracción es la distancia más corta entre dos puntos fijos de un actuador, cuando el actuador está en su posición más interna. Las dimensiones reflejan la medida del centro a los hoyos del frente y traseros.

Cálculos a considerar para el actuador lineal eléctrico:

El ciclo de trabajo y el factor de trabajo:

Define el período máximo de funcionamiento del actuador sin interrupción. El factor de trabajo determina la duración de una operación de actuador que puede manejar sin parar antes de que ocurra sobrecalentamiento o se dañe de otra manera. Muchas variables afectan el ciclo de trabajo, incluida la ejecución en tiempo, aplicación, diseño, instalación y componentes. Es necesario que se pueda evaluar el tipo de tarea, su duración, frecuencia y repetición en la evaluación de ciclo de trabajo esperada.

El ciclo de trabajo se define como la relación entre el tiempo de funcionamiento, la carga y el descanso.

$$\%CicloDeTrabajo = \frac{N}{N+R} 100 \quad \text{Ecuación (6.1)}$$

Donde: N: Período de funcionamiento bajo carga, R: Período de descanso, N+R: Tiempo Total del Ciclo

Ciclo de Trabajo 10 %:

De acuerdo con la información suministrada por la ficha técnica del actuador , el ciclo de trabajo es de 10 %, si se supone un tiempo total del ciclo de 24 horas, ya que la camilla de atención médica pre hospitalaria puede ser

usada muchas veces en un día para atender las emergencias, los Bomberos Voluntarios de la UCV tienen el 10 % de 24 horas como el tiempo de funcionamiento continuo del actuador antes de que falle, esto quiere decir que son 2,4 horas de funcionamiento corrido que garantiza el fabricante. Esto se puede corroborar de la ecuación 6.1.

$$10 \% = \frac{N}{1 \text{ día} * \frac{86400 \text{ seg}}{1 \text{ día}}} 100 \rightarrow N = 8640 \text{ seg} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}} = 2,4 \text{ h}$$

Carga Media Cúbica, F_M :

En muchos casos la magnitud de la carga fluctúa. En orden para calcular la carga equivalente del tornillo, es primero necesario determinar la constante de carga promedio F_M , que tendrá la misma influencia en el tornillo de bola como una carga fluctuante real. Una carga constante promedio puede ser obtenida de la formula siguiente:

$$F_M = \sqrt[3]{\frac{F_1^3 S_1 + F_2^3 S_2 + F_3^3 S_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}} \quad \text{Ecuación 6.2}$$

Donde: F_i : Fuerza a tracción y compresión, S_i : Longitud utilizada

Se conoce la carrera del actuador seleccionado, que son 200 mm, la carga a tracción es de 6000 N y a compresión es de 3000 N, además se diseñó de tal manera que toda la carrera del dispositivo es usada.

Sustituyendo en la ecuación 6.2:

$$F_M = \sqrt[3]{\frac{6000^3 \times 200 + 3000^3 \times 200}{200 + 200}} = 4952,89 \text{ N}$$

La carga media que soportará el actuador es de 4952,9 N, equivalentes a 505,3 Kg

6.2.2. Fusible de protección:

El fusible eléctrico es un dispositivo destinado a proteger una instalación eléctrica y sus componentes contra sobrecorrientes, mediante la fusión de uno o varios elementos destinados para este efecto, interrumpiendo el flujo de la corriente eléctrica cuando sobrepasa el valor de la corriente de fusión del fusible dentro de un tiempo determinado.

La primera condición de operación de un fusible es la sobrecarga, la cual se define como un valor de corriente excesivo en relación con la nominal especificada en la etiqueta. Esta corriente fluctúa en un rango de unas 2 a 3 veces la corriente nominal. Son causadas por incrementos de corrientes de corta duración.

Estas sobrecargas son de ocurrencia normal y no tienen efectos dañinos en los componentes del circuito cuando son por tiempos inferiores a los 10 segundos.

El fusible, dependiendo de su forma, puede ser de fácil intervención o manipulación, y debido a la falta de conocimiento en las personas es común observar en algunas instalaciones la presencia de elementos extraños (puentes, alambres, clavos) en la ubicación del fusible, con el fin de evitar la acción de reposición. Por lo tanto una correcta elección y dimensionamiento son muy importantes puesto que de otra manera el fusible no cumplirá su rol de protección.



Figura 6.4.- Fusible de vidrio

6.2.3. Fuente de Alimentación:

La elección de la misma es sustentada por el hecho de que para el motor eléctrico empleado se requiere una fuente con un amperaje mayor a 7 A, por lo que se adquiere una batería de motocicleta de 12V y 12A además de que es importante que la misma no sea muy grande y pesada porque agregaría mucho peso adicional a la camilla, lo cual se quiere evitar.

6.2.4. Pulsadores:

Se selecciona un pulsador del tipo interruptor de ventana de 5 puntas,, este se adapta perfectamente a la configuración del circuito y al funcionamiento de la camilla que se elevará o descenderá de acuerdo a la acción que realice el operador una vez que presione el pulsador. La ubicación de este elemento es en el manubrio de la camilla.



Figura 6.5.- Switch de ventana de 5 puntas

CONEXIÓN GENERAL DEL CIRCUITO EN LA CAMILLA DE ATENCIÓN MÉDICA
PRE HOSPITALARIA.

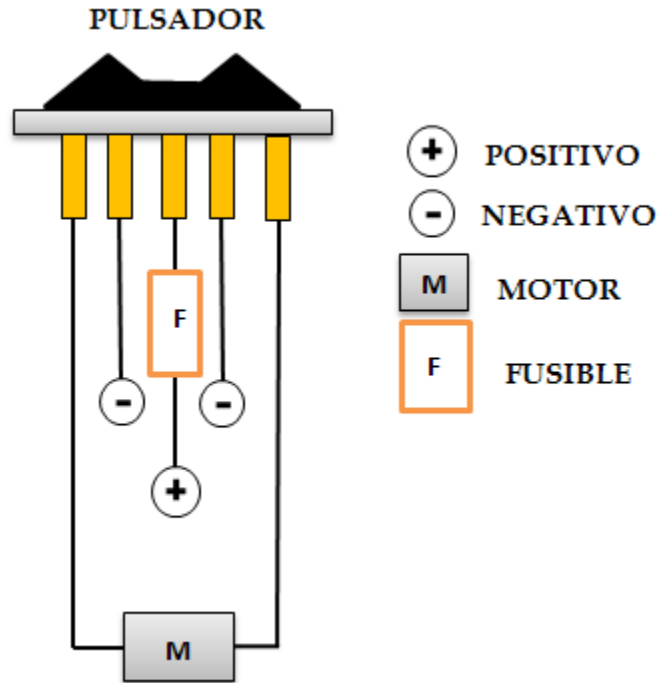


Figura 6.6.- Conexión general del circuito eléctrico de la camilla.

CAPÍTULO VII

PROCESOS DE FABRICACIÓN

7.1.PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación de todo el conjunto de la camilla, fue desarrollado de forma simultánea con la ingeniería de detalles, esto es así ya que se ha trabajado con la filosofía del diseño concurrente, es decir se diseño teniendo en cuenta los inconvenientes que se podrían tener para la fabricación y posterior ensamblaje.

7.1.1. Componentes de la camilla

Debido a la cantidad de componentes presentes en la camilla, se creó un sistema de identificación para cada uno. Esta identificación será la utilizada de ahora en adelante al referirnos a cierta pieza en planos, cálculos, actividades etcétera.

La identificación consiste en un código alfanumérico, cuyas partes estarán separadas por guiones, que se dividirá de la siguiente manera:

- *Primera parte:* se utilizarán caracteres alfabéticos escritos en mayúsculas que consistirán en siglas que indicarán si la pieza pertenece a la zona superior o inferior de la camilla, así tendremos:
 - S: superior.
 - ✓ I: inferior.
- *Segunda parte:* Será de forma alfanumérico. El primer carácter será numérico e indicará la ubicación de la pieza que se está citando, la prioridad en el orden de este conteo será el siguiente:

- ✓ De arriba hacia abajo.
- ✓ Sentido céfalo caudal (de la cabeza a los pies).
- ✓ De izquierda a derecha.

Luego de esto se colocará un punto seguido de un carácter alfabético escrito en minúsculas que indicará si la pieza pertenece a un sub-ensamble, esta parte puede ser obviada si la pieza no pertenece a ningún sub-ensamble, así tenemos:

- ✓ t: ensamblaje del tronco.
- ✓ pf: ensamblaje de los pies y del fémur.
- ✓ b: baranda.
- ✓ vs: viga superior.
- ✓ vi: viga inferior
- ✓ p: pata.
- ✓ rs: riel superior.
- ✓ ri: riel inferior.

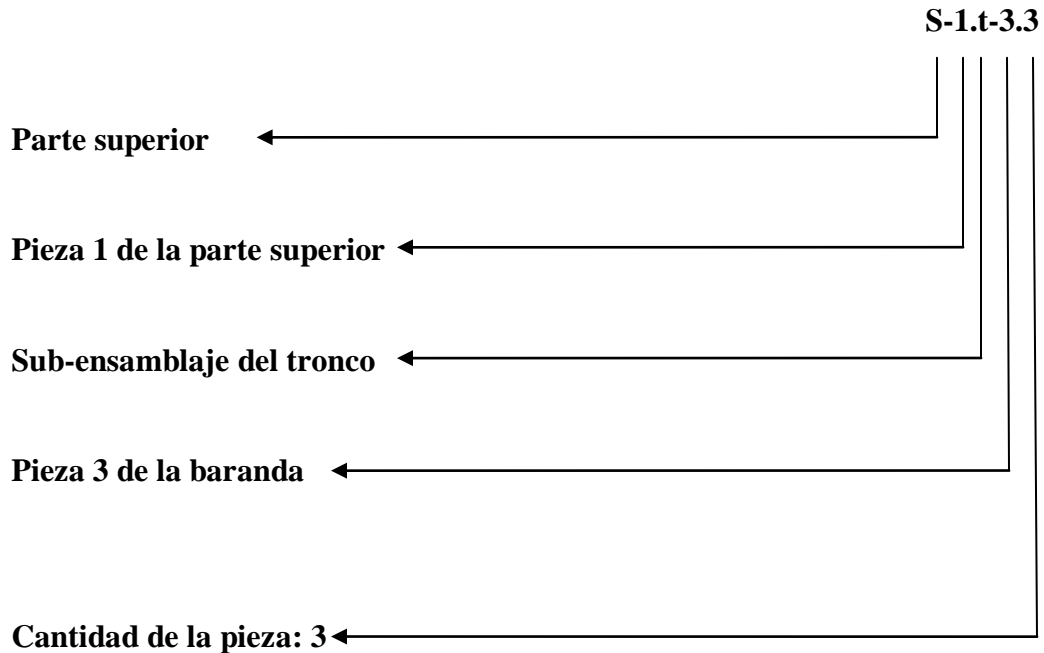
Para finalizar se colocará otro punto indicando la cantidad de veces que se repite la pieza, de ser una sola se podrá obviar este paso.

- *Tercera parte:* esta parte será opcional y se utilizará solo cuando la pieza pertenezca a un sub-ensamble, consistirá de caracteres numéricos para indicar que pieza se está citando, con el mismo criterio de conteo citado anteriormente. Luego se colocará un punto seguido de un número, que indicará la cantidad de veces que se repite la pieza, de ser una sola se podrá obviar este paso.

A continuación se presenta un ejemplo del uso de esta numeración:

- *Paral vertical de las barandas:* encontramos dos parales de estos por cada baranda, las cuales son dos. El paral es la cuarta pieza de arriba hacia abajo, luego de pasar por el paral horizontal y dos piezas de sujeción, de forma céfalo caudal solo se encuentra el paral en cuestión y

por último la baranda pertenece a la parte inferior al ir soldada a la viga superior, de esta forma tenemos que el código para esta pieza es:



A continuación se presenta una tabla con los códigos de cada una de las piezas y una pequeña descripción de cada una:

Tabla 7.1. Piezas de la camilla

Código	Descripción	Materia prima
S-1.t-1	Soporte del tronco	Madera HR
S-1.t-2	Marco	Aluminio
S-1.t-3.3	Ángulos para fijar las dos piezas anteriores	Aluminio
S-1.t-4	Tubo de sujeción para el sistema de variación de altura	Aluminio
S-1.t-5	Conexión en forma de T	

S-1.t-6.2	Bisagra	
S-2-1	Soporte del coxis	Madera HR
S-2-2.2	Bisagra	
S-3.pf-1	Soporte del fémur	Madera HR
S-3.pf-2	Soporte de los pies	Madera HR
S-3.pf-3	Bisagra de piano	
S-3.pf-4	Tubo sujeta pies	
I-1.b.2-1	Baranda	Aluminio
I-1.b.2-2.2	Elemento giratorio	Aluminio
I-1.b.2-3.2	Anclaje a la viga	Aluminio
I-1.b.2-4.2	Retenes	Aluminio
I-2.vs.2-1.2	tope	Acero
I-2.vs.2-2.2	Unión con la parte superior	
I-2.vs.2-3.2	regatón	
I-2.vs.2-4	Viga superior	Acero
I-2.vs.2-5	Bocina	
I-2.vs.2-6	Tubo para las ruedas de apoyo	Acero
I-2.vs.2-7	Rueda de apoyo	
I-3	Tubo telescópico	
I-4	Conexión en forma de T	
I-5.p.4-1	pata	Acero
I-5.p.4-2.2	Bocina	
I-5.p.4-3.1	Bocina	
I-6.3	Transversal	Aluminio
I-7.8	Retenes para los transversales	
I-8.rs-1.2	Ruedas de los rieles	
I-8.rs-2.2	Placa del riel superior	Acero

I-8.rs-3	Pin	Acero
I-8.rs-4.2	Transversal del riel superior	Acero
I-9	Manubrio	Acero
I-10	Transversal medio	Aluminio
I-11.vi.2-1	Viga inferior	Acero
I-11.vi.2-2.4	Regatón	
I-11.vi.2-3.2	Bocinas	
I-11.vi.2-4.2	Ruedas sin freno	
I-11.vi.2-5.2	Ruedas con freno	
I-12	Transversal sobre el que aplica la fuerza el actuador	Acero
I-13	Actuador	
I-14.ri-1.2	Ruedas del riel	
I-14.ri-2.2	Extremo del riel inferior	Acero
I-14.ri-3	Barra del riel inferior	Aluminio
I-15	Batería	
I-16	Base de la batería	
I-17	Soporte lateral del actuador	Acero

7.2. ACTIVIDADES Y OPERACIONES

A continuación se mostrará de manera esquemática las especificaciones de las actividades a realizar y el orden necesario para poder realizar el ensamblaje

7.2.1. Actividades y estimación de su duración

Existen dos métodos básicos para estimar la duración de cada actividad, como lo son el método probabilístico y el determinístico, el primero requiere de varias estimaciones para obtener la duración, por otra parte, el segundo es de una sola estimación, no utiliza el peso de probabilidades sino que es producto de la experiencia es utilizado en incontables procesos de fabricación.

Ya que la mayoría de las actividades a realizar, se presume que oscilan en rangos muy cortos de tiempo, el método determinístico se revela como el más apto, por lo que se han determinado las siguientes operaciones con sus respectivos tiempos de realización:

Tabla 7.2. Procesos de fabricación

Actividad	Máquina	Material u operación necesaria	Proceso	Duración
A1	Tronzadora	HR Massisa	Cortar a la medida deseada el soporte del tronco	15 min
A2	Taladro	A1	Abrir los agujeros para fijar los angulos y las bisagras	15 min
B1	Tronzadora	Barra rectangula r de aluminio 2x1/8	Cortar a la medida deseada el marco del tronco	15 min

B2	Taladro	B1	Abrir los agujeros para los angulos	15 min
B3	Fresadora	B2	Abrir los agujeros para colocar el eje altura tronco	30 min
B4	Dobladora	B3	Dar la forma deseada para el marco	15 min
C1	Tronzadora	Angulo de aluminio de 2x2x1/4	Cortar a la medida deseada los angulos	15 min
C2	Taladro	C1	Abrir los agujeros para fijar al marco y al soporte	30 min
D1	Tronzadora	Tubo de aluminio de 1x1/6	Cortar a la medida deseada el eje altura tronco	15 min
D2	Torno	D1	Tornear la ranura para los retenes	30 min
E1	Tronzadora	HR Massisa	Cortar a la medida deseada el soporte del coxis	15 min
E2	Taladro	E1	Abrir los agujeros para fijar la unión a la parte media y para las bisagras	15 min
F1	Tronzadora	HR Massisa	Cortar a la medida deseada el soporte	15 min

			del fémur	
F2	Taladro	F1	Abrir los agujeros para fijar las bisagras	15 min
G1	Tronzadora	HR Massisa	Cortar a la medida deseada el soporte de los pies	15 min
G2	Taladro	G1	Abrir los agujeros para fijar las bisagras	30 min
H1	Tronzadora	Tubo rectangular de acero 2x1 cal 16	Cortar a las medidas deseadas para las vigas superiores	15 min
H2	Fresadora	H1	Fresaren H1 los rieles, los agujeros para los transversales, y el agujero para el ensamble	1 hora 30 min
I1	Tronzadora	Tocho de acero 3/4	Cortar los topes	30 min
J1	Tronzadora	Tocho de acero 3/4	Cortar la unión de la parte superior con la inferior	15 min
J2	Taladro y machuelo	J1	Crear la rosca interna	30 min
K1	Tronzadora	Tocho de acero 3/4	Cortar los tubos rueda de apoyo	15 min

K2	Taladro y machuelo	K1	Crear la rosca interna	30 min
L1	Tronzadora	Tubo de aluminio IPS 3/4	Cortar a la medida el transversal 1	15 min
L2	Torno	L1	Tornear la ranura para los retenes	30 min
M1	Tronzadora	Tubo de aluminio IPS 3/4	Cortar a la medida el transversal 5	15 min
M2	Torno	M1	Tornear la ranura para los retenes	30 min
N1	Tronzadora	Tubo de aluminio IPS 3/4	Cortar a la medida el transversal 2	15 min
N2	Torno	N1	Tornear las ranuras para los retenes	30 min
Ñ1	Tronzadora	Tubo de aluminio IPS 3/4	Cortar a la medida el transversal 4	15 min
Ñ2	Torno	Ñ1	Tornear la ranura para los retenes	30 min
O1	Tronzadora	Tubo rectangular de acero 2x1 cal 16	Cortar a la medida deseada las patas	30 min
O2	Taladro	O2	Abrir los agujeros de las patas	1 hora
P1	Tronzadora	Tubo	Cortar a las	15 min

		rectangular de acero 2x1 cal 16	medidas deseadas para las vigas inferiores	
P2	Fresadora	P1	Fresar los rieles, los agujeros para los transversales, el agujero para el ensamble y el agujero para las ruedas	1 horas
Q1	Tronzadora	Tubo rectangular de acero 2x1 cal 16	Cortar a la medida la viga del soporte del motor	15 min
BAR-A1	Tronzadora	Pletina HN 2"x3/16"x 6m	Cortar la pletina para pieza rotatoria de la baranda	15 min
BAR-A2	Taladro	BAR-A1	Abrir los agujeros	15 min
BAR-B1	Tronzadora	Tocho de acero 3/4"	Cortar a la medida la pieza de anclaje a la viga	15 min
BAR-B2	Torno	BAR-B1	Cilindrar BAR-B1	30 min
BAR-C1	Tronzadora	Tubo de acero de 3/4"	Cortar a la medida para la baranda	15 min
BAR-C2	Dobladora	BAR-C1	Doblar BAR-C1	15 min
RS-A1	Tronzadora	Pletina HN	Cortar a la medida la pieza placa del	15 min

		2"x3/16"x 6m	riel superior	
RS-A2	Fresadora	RS-A1	Fresar RS-A1	30 min
RS-B1	Tronzadora	Tocho de acero 3/4	Cortar a la medida el pin interno	15 min
RS-C1	Tronzadora	Tocho de acero 3/4	Cortar a la medida el transversal 3	15 min
RS-C2	Torno	RS-C1	Cilindrar RS-C1 y realizar la rosca interna	1 horas
RI-A1	Tronzadora	Tubo de aluminio IPS 3/4	Cortar a la medida el tubo para el transversal 6	15 min
RI-B1	Tronzadora	Tocho de acero 3/4	Cortar a la medida el extremo del riel inferior	15 min
RI-B2	Torno	RS-C1	Cilindrar RI-B1 y realizar la rosca interna	1 horas
M-A1	Tronzadora	Pletina HN 2"x3/16"x 6m	Cortar a la medida la base del manubrio	15 min
M-B1	Tronzadora	Tubo de acero de 1"	Cortar el tubo del manubrio	15 min
M-B2	Dobladora	M-B1	Doblar M-B1	15 min

7.2.2. Diagrama de operaciones y actividades

- *Parte superior:*

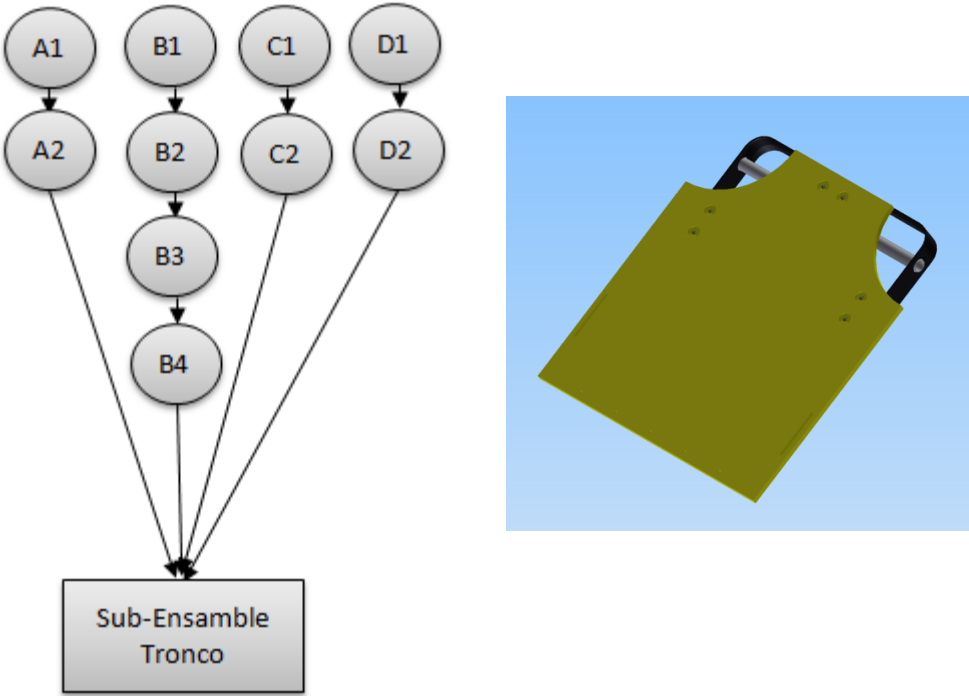


Figura 7.1. Sub-ensamble tronco

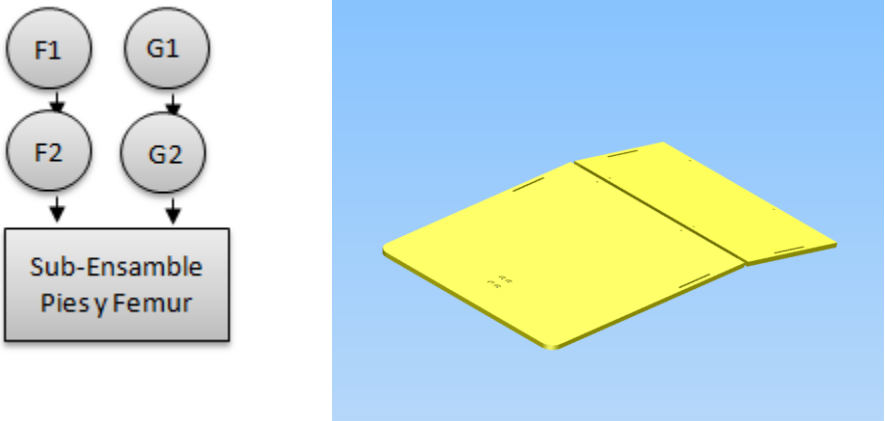


Figura 7.2. Sub-ensamble pies y femur

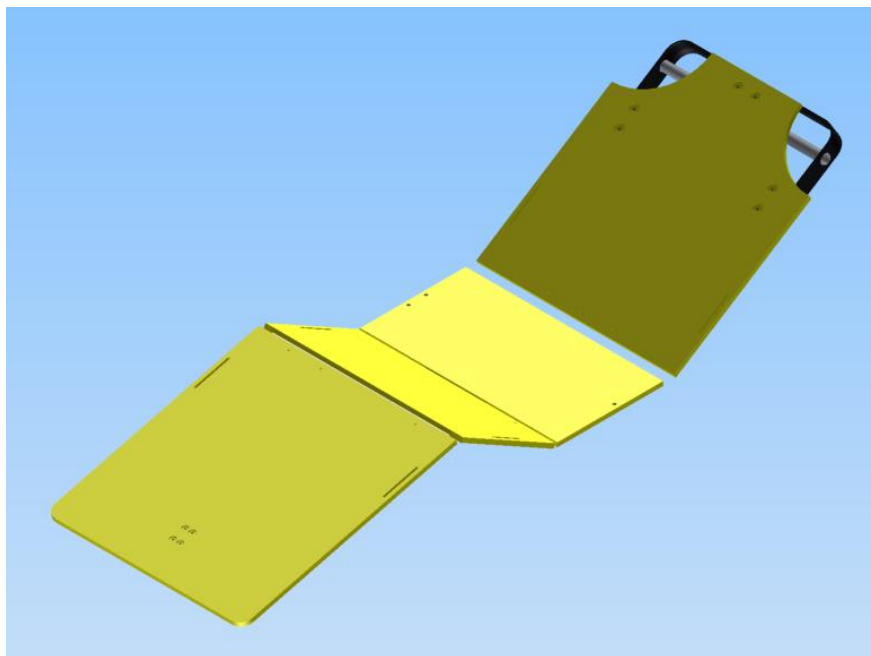
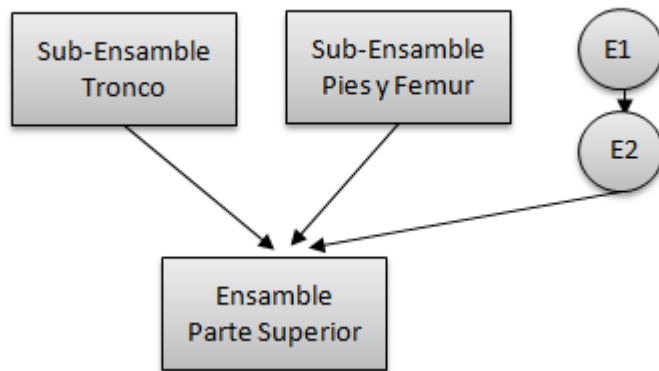


Figura 7.3. Ensamble superior

- *Parte inferior*

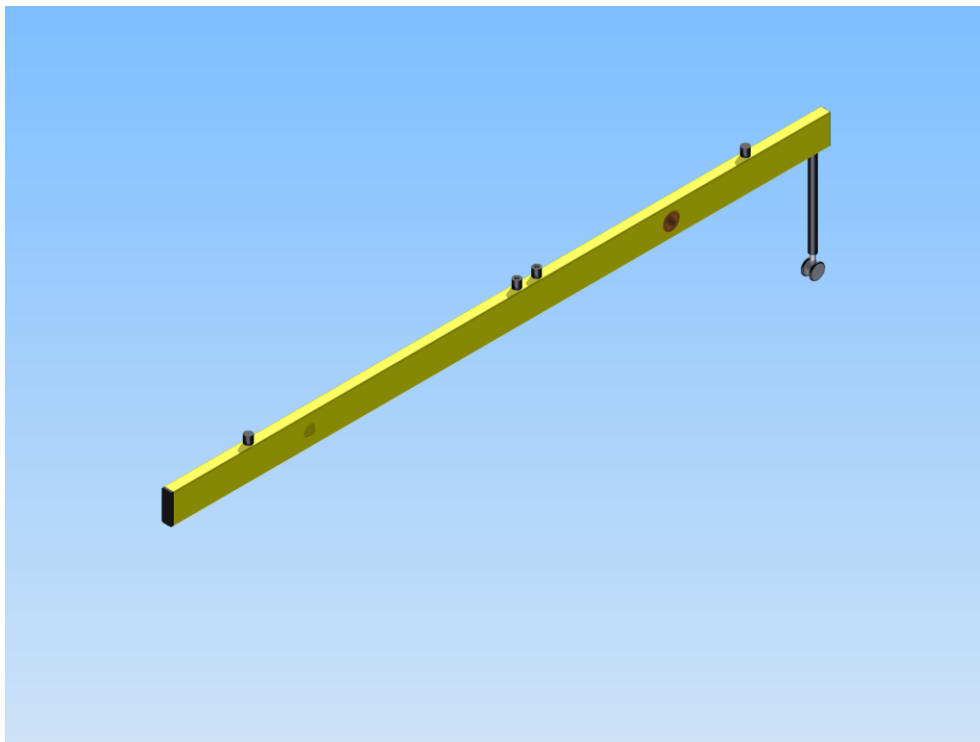
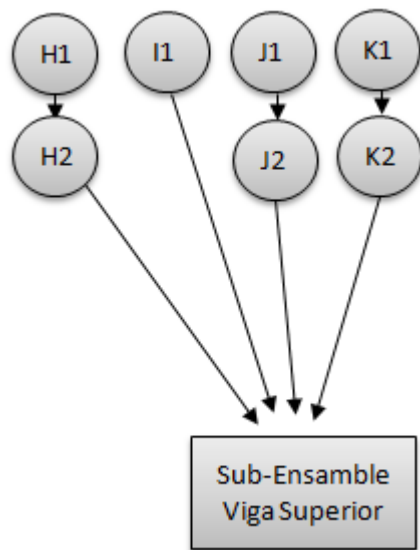


Figura 7.4. Sub-ensamble viga superior

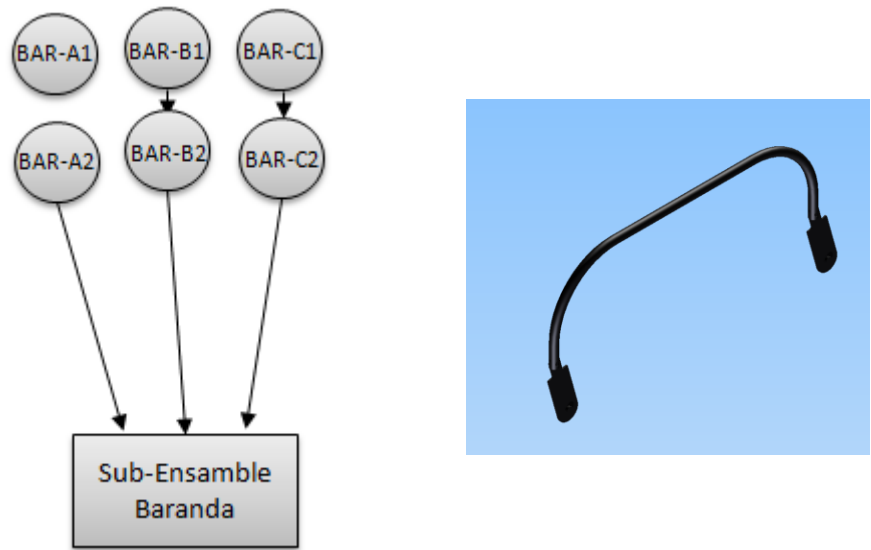


Figura 7.5. Sub-ensamble baranda

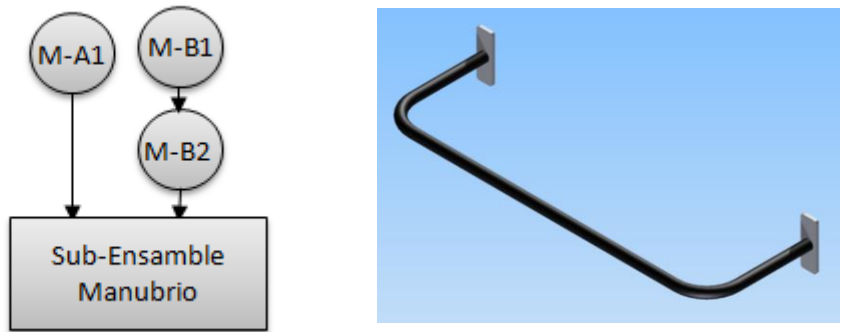


Figura 7.6. Sub-ensamble manubrio

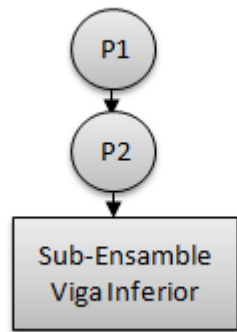


Figura 7.7. Sub-ensamble viga inferior

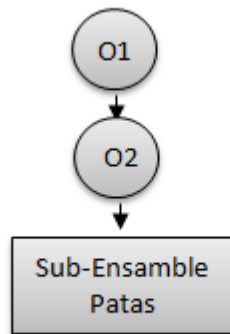


Figura 7.8. Sub-ensamble patas

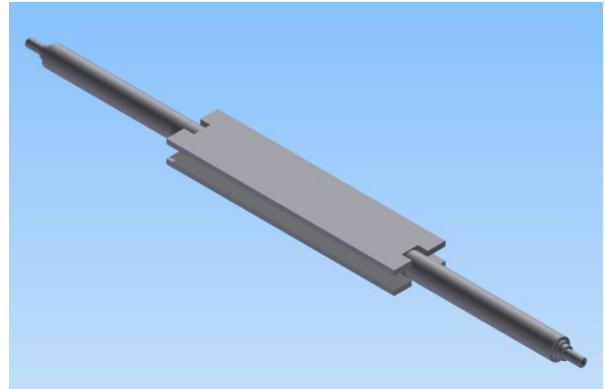
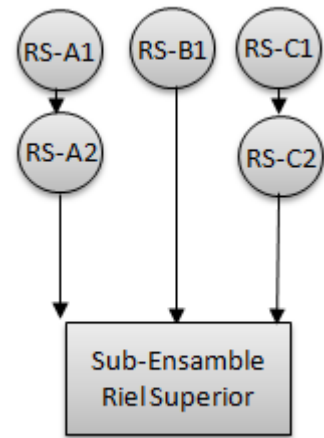


Figura 7.9. Sub-ensamble riel superior

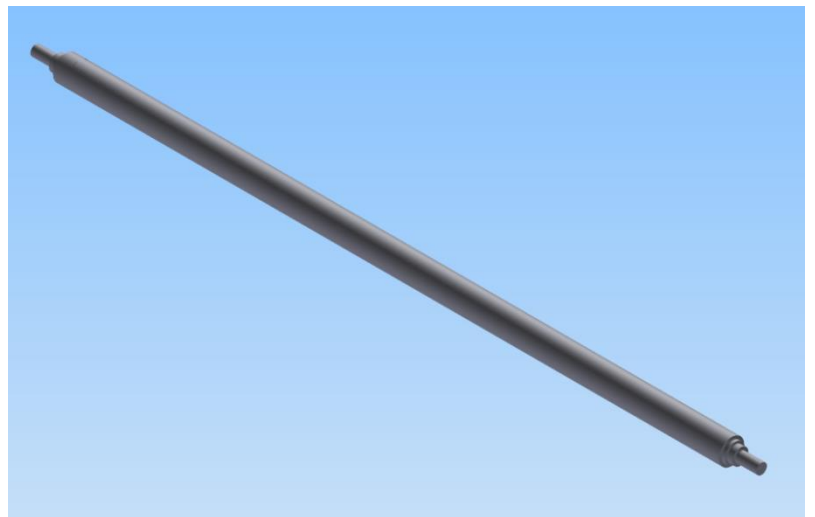
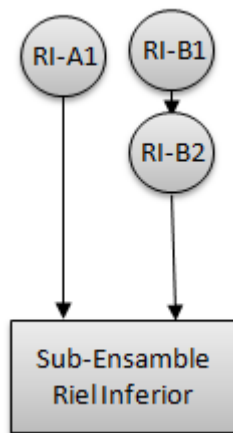


Figura 7.10. Sub-ensamble riel inferior

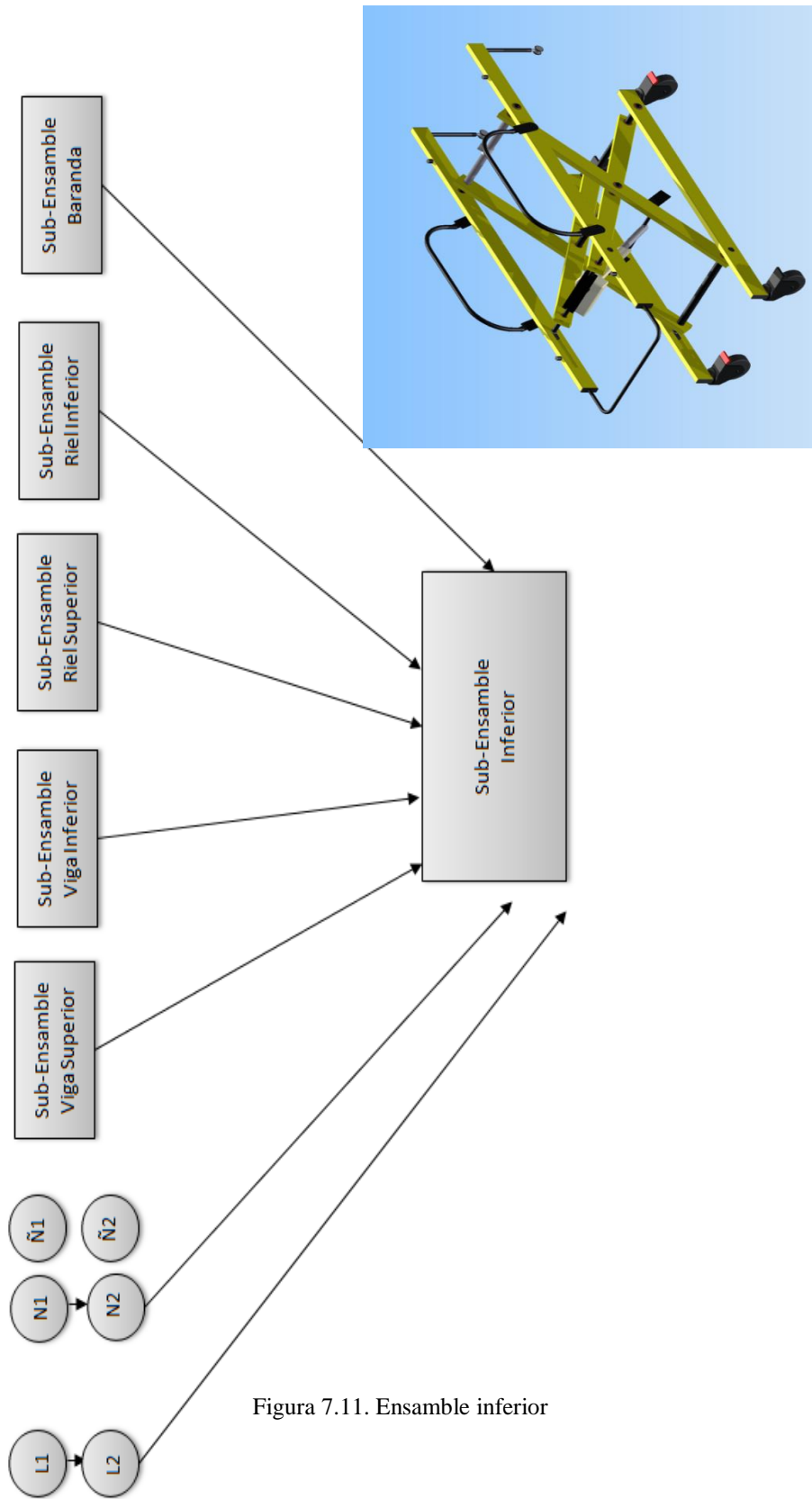
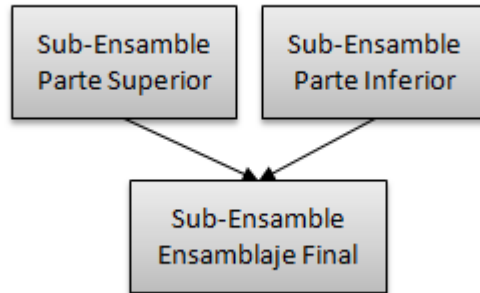


Figura 7.11. Ensamble inferior

- *Ensamblaje final*



El resultado final será el siguiente

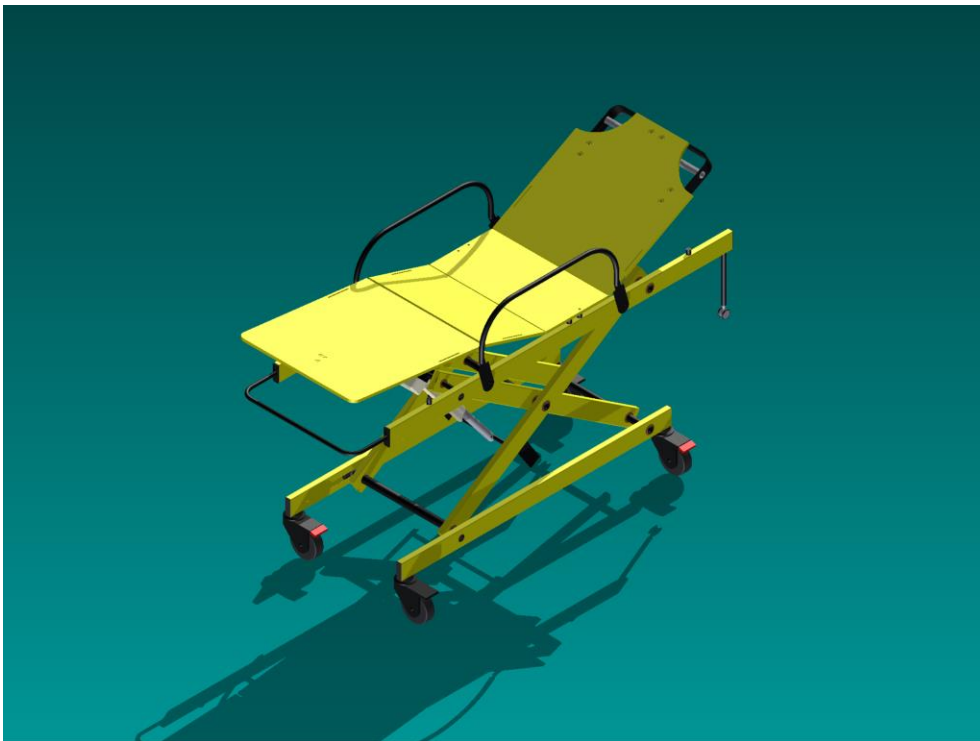


Figura 7.12. Ensamble final

7.3.CARTA DE GANTT

Como en todo objetivo, la falta de planificación de actividades lleva a la confusión y pérdida de tiempo, la carta Gantt o cronograma de actividades, se presenta como una importante herramienta para determinar el tiempo para la fabricación de la camilla de atención pre-hospitalaria, y facilitará la revisión de la secuencia planeada de las actividades antes referidas, para así poder detectar las que se superponen, confirmar qué actividades deben terminarse antes que otras empiecen y asegurarse que vayan en secuencia.

De este modo se podrá llevar una constante comparación entre la previsión y la realización, a través de una esquemática representación de barras de las actividades, con longitud de duración. Esta herramienta promete dar una buena imagen global del proceso de fabricación, tan sencilla como fácil de entender, por esta razón, radica primordialmente la elección de este método de planificación.

La carta de Gantt dará un acercamiento del tiempo de fabricación de una unidad de la camilla de atención pre-hospitalaria, bajo un punto de vista de producción en serie y planificada, ya que como suposición inicial se tomará en cuenta la disposición incondicional de las máquinas y el personal de trabajo necesario. Pero cabe destacar que el tiempo de fabricación del prototipo diferirá respecto al tiempo de fabricación en serie, ya que tratándose de una unidad los procedimientos son mucho menos automatizados.

Para fines del proceso, se harán las siguientes suposiciones para la elaboración de la carta de Gantt:

- La carga residual de las máquinas del taller será inexistente.
- La producción no tendrá fallas, y por lo tanto los tiempos ociosos constituidos por embotellamientos o averías de las máquinas, no se tomarán en cuenta.
- Los traslajos al programar operaciones sucesivas serán de media hora.

- Para el cambio de operaciones en las máquinas se programará 15 min.
- Las jornadas de trabajo son de 8 horas diarias, de Lunes a Viernes.
- Luego de cada operación la pieza será retirada de la maquina y almacenada en un depósito, cuando sea necesario esperar que se desocupe la maquina correspondiente a la siguiente operación

Por motivos de espacio algunas operaciones debieron escribirse en la carta de Gantt de la siguiente manera:

- *1 BAR-A1
- *2 BAR-A2
- *3 BAR-B1
- *4 BAR-B2
- *5 BAR-C1
- *6 BAR-C2
- *7 RS-A1
- *8 RS-A2
- *9 RS-B1
- *10 RS-C1
- *11 RI-A1
- *12 RI-B1
- *13 M-A1
- *14 M-B1
- *15 M-B2

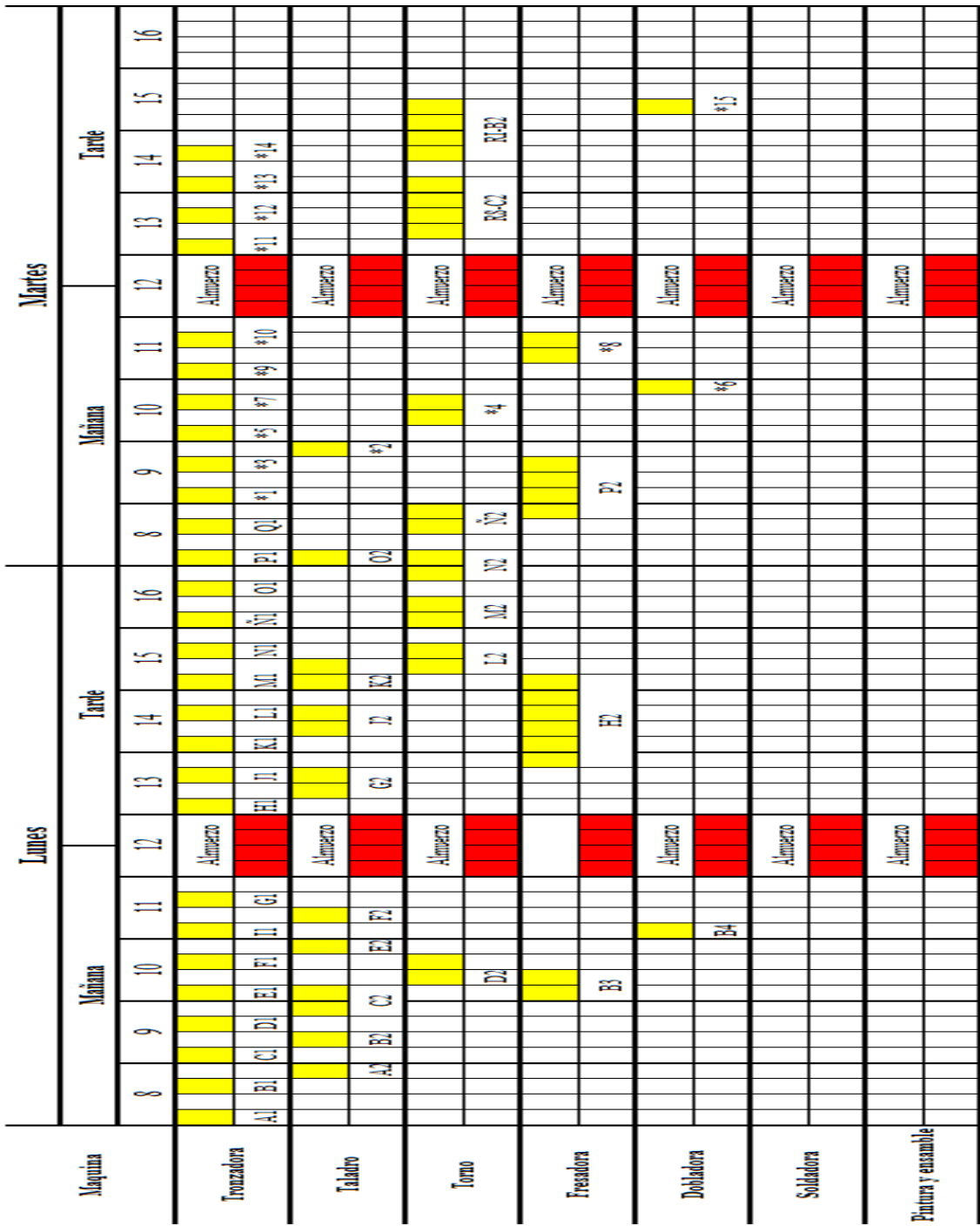


Figura 7.13. Carta de Gantt

CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS ECONÓMICO

Antes de poner en marcha una empresa, es necesario seguir una serie de pasos para su desarrollo y buen funcionamiento. Uno de estos pasos es el estudio de factibilidad económica el cual nos dará un resultado analítico del planteamiento del proyecto en cuanto a la posibilidad de su realización, otorgándonos un número indicador de la inversión que debemos hacer y del retorno que recibiremos.

El estudio de la factibilidad económica consiste en un estudio del entorno social, político, económico, financiero, etc. del país donde se desee realizar el proyecto con la finalidad de establecer su rentabilidad.

8.1. ESTUDIO DEL MERCADO

8.1.1. Producto principal

El producto que motiva este estudio es una camilla automatizada de atención prehospitalaria, y se clasifica como bien de consumo final, el cual a su vez tendrá como subproductos algunos de sus componentes como batería, actuador eléctrico, pulsadores, relés y cableado.

8.1.2. Especificaciones del producto

- Altura máxima 875mm
- Altura mínima 370mm
- Ancho 656mm
- Largo 1900mm
- Peso: 60Kg
- Carga: 150Kg
- Actuador eléctrico 12V
- Batería 12V 12A

8.1.3. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Para determinar el tamaño de la demanda es imprescindible conocer el consumo aparente neto del mercado. Ya que el producto aquí propuesto tiene como objetivo, minimizar las lesiones y enfermedades ocupacionales que sufren los paramédicos en las labores de atención pre-hospitalaria, será un producto que dependerá del número de ambulancias, y no del número de paramédicos o lesionados. Tomando esto en cuenta se hizo uso de la información y declaraciones suministradas por la Comisión Nacional de Bomberos, la cual se encarga de dirigir todos los cuerpos de bomberos y bomberas del país, y quien se plantea como meta que habrá una ambulancia por cada 25.000 habitantes, según las proyecciones del censo realizado en el año 2011 la población actual en Venezuela es de 28.946.101 habitantes, para un total de 1.158 ambulancias que fijan el tamaño máximo del mercado a ser considerado.

Finalmente, el crecimiento de la población del país se calcula en 3% anual, aproximadamente, de esta forma estimando 10 años como tiempo de vida mínimo para el proyecto existirá un total de 1514 ambulancias e intención potencial de comprar la camilla.

8.1.4. ANÁLISIS DE LA OFERTA

La empresa que fabricará la camilla ofrecerá un producto innovador y de excelente calidad, con la intención de introducirlo en un mercado de libre competencia. Cabe destacar que la gran mayoría de las camillas que encontramos en el mercado venezolano son importadas, generalmente de Brasil y Estados Unidos. Esta es una de las motivaciones para comercializar este producto con manufactura total dentro del país y de fácil adquisición en el mercado nacional.

A continuación se muestran los precios de algunas camillas que se encuentran en el mercado:

Tabla 8.1 Modelos de camillas

Marca	Modelo	Observaciones	Costo
Steambar	Dynamics	Pliegue por impacto. Un solo operador	22.400,00 Bs.
Protec Medical		Pliegue tipo tijera. Dos operadores	16.429,00 Bs.
Steambar		Pliegue tipo tijera. Dos operadores	15.000,00 Bs.
Stryker	Power Pro	Actuador hidráulico Un solo operador Sistema manual de respaldo	14.620,00 \$ - 92.106,00 Bs.

8.1.5. COMERCIALIZACIÓN

Se debe crear una cadena de distribución, para hacerle llegar el producto al consumidor final o usuario, y así asegurar el intercambio adecuado en un lugar, tiempo y costo determinado.

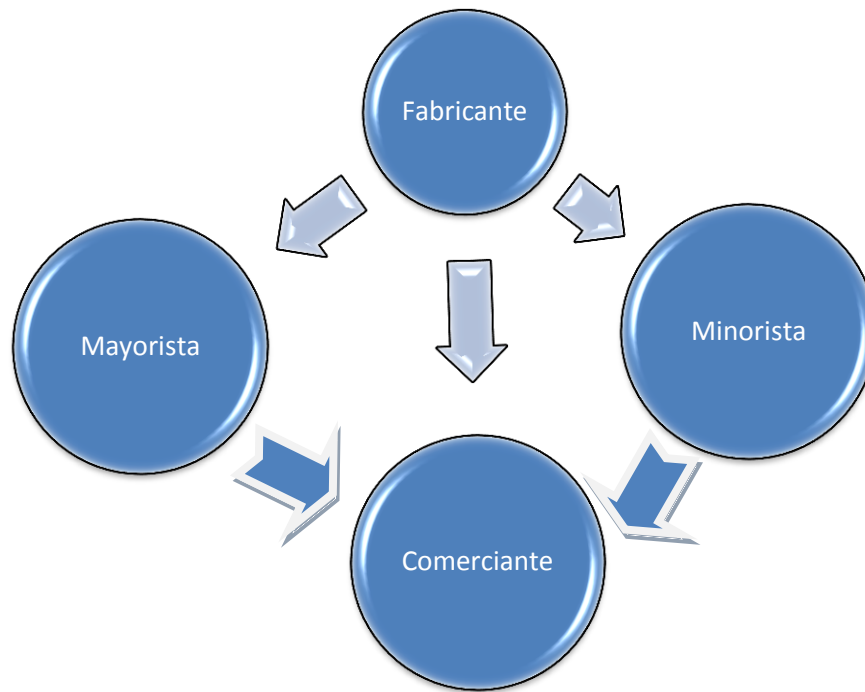


Figura 8.1 esquema de distribución

Cabe destacar que, luego de la puesta en marcha del proyecto podrían existir una serie de clientes importantes para la comercialización de este producto. Estos son los fabricantes, importadores y distribuidores de ambulancias. En este caso, lo importante a ser considerado es el tipo de asociación estratégica con sus políticas de mercadeo para afianzar la venta de su producto principal.

- Fabricante: la organización encargada de producir el producto.
- Mayorista: representada por las compañías fabricantes e importadoras de ambulancias.
- Comerciante: Integrados por las tiendas de artículos médicos, así como distribuidores de equipos para paramédicos y bomberos.
- Consumidor: Todo ente que preste servicio de ambulancia.

La empresa creará su propio plan de marketing de esta forma se tendrá un constante flujo de clientes, además de brindar un servicio personalizado a cada uno de nuestros compradores. De esta forma los distintos sistemas de adquisición que se proponen son los siguientes:

- **Organismos públicos y gubernamentales, así como clínicas y hospitales que presten servicio de ambulancia**

Se establecerá un contrato con los organismos antes mencionados, dando especial apoyo y facilidad de financiamiento parcial o total para la adquisición de camillas a aquellos organismos que la gerencia considere. Esto permitirá que algunos organismos voluntarios y sin fines de lucro puedan seguir brindando un servicio de calidad. Se firma el contrato, y la carta aval donde los organismos se comprometen a cancelar el monto acordado en un período de tiempo y la empresa se compromete en hacer entrega de las camillas solicitadas.

- **Distribuidores**

Se plantearán los siguientes casos:

- Se proporcionara un costo de mayorista a todos nuestros distribuidores, siempre y cuando sus pedidos superen a la cantidad límite previamente establecida.
- Se suministrarán producto a consignación, en la cual se establecerá relación “producto vendido-producto cancelado”.
- La garantía a nuestros distribuidores de tener a disposición un gran stock de diferentes piezas y repuestos, de manera de ofrecer un óptimo y rápido servicio.
- Se aplicará un estricto control de los márgenes de ganancias al distribuidor, con el fin de evitar las comunes especulaciones de sobreprecio.

- **Venta directa al detal para los consumidores**

Existirá la opción de ofrecer directamente a las personas la adquisición de nuestro producto.

- **Sistemas de Pago**

Todos los pagos podrán hacerse de contado, en la cantidad acordada entre la compañía y el comprador y en el tiempo previsto para la entrega del producto.

8.2.PLANTA

8.2.1. Tamaño

Capacidad instalada: Para determinar el posible volumen de producción, se establecerá el porcentaje de penetración en el mercado. Con este valor de penetración que asumiremos, calcularemos el volumen de producción anual para 240 días laborales. Siendo bastantes conservadores, estimaremos un 40% de penetración en el mercado, estimando crecimiento de venta anual del 2%, proporcional al crecimiento de la muestra, tendremos como volumen de producción para los próximos años:

Tabla 8.2. Capacidad instalada

Año	Capacidad instalada	Camillas mensuales
1	464	39
2	487	41
3	502	42
4	517	44
5	532	45
6	548	46
7	565	48
8	582	49
9	599	50
10	617	52

- Capacidad utilizada y capacidad ociosa: La capacidad utilizada en la fabricación de las camillas será de un 75 % en el primer año de fabricación, 85% en el segundo y 90% en el tercero y 95% en promedio durante el tiempo de vida restante del proyecto (7 años) y la capacidad ociosa está representada por el 5% restante que es la capacidad no utilizada de la maquinaria y equipos. Esto nos arroja los siguientes resultados:

Tabla 8.3. Capacidad utilizada

Año	Capacidad utilizada	Camillas mensuales
1	348	29
2	414	35
3	452	38
4	492	41
5	506	43
6	521	44
7	537	45
8	553	47
9	570	48
10	587	49

Tabla 8.4. Capacidad ociosa

Año	Capacidad ociosa
1	116
2	73
3	50
4	25
5	26
6	27
7	28
8	29
9	29
10	30

8.2.2. Localización

La demanda de nuestro producto estará cubierta por la producción de una sola fábrica, ubicada en la zona industrial de Mariches, Caracas. El mercado hacia el cual estará orientada la venta de nuestro producto, será principalmente las ciudades mas importantes de Venezuela.

Esta locación es considerada por las múltiples empresas distribuidoras de acero y de aluminio, ubicadas en las cercanías de Mariches; lo cual permitiría una asociación con dichas empresas, para de esta forma, tener asegurada la materia prima para la producción. Además se escoge la gran Caracas por su cercanía con el puerto de la Guaira, ya que no se excluye la posibilidad de exportar el producto final.

8.2.3 Organización

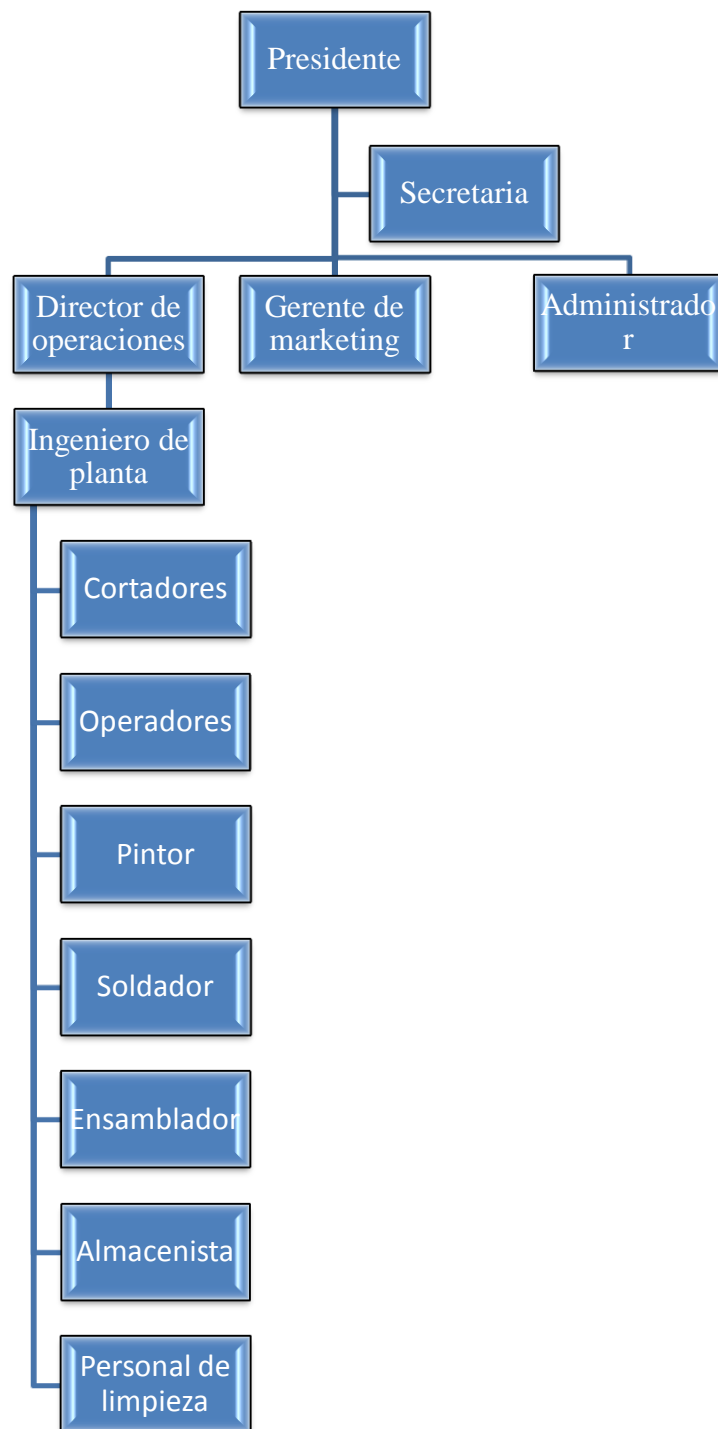


Figura 8.2. Organización de la planta

Funciones de cada uno de los miembros de la Organización

Presidente

- El Presidente será el encargado de gerenciar y dirigir la empresa. Tiene la responsabilidad de plantear y hacer cumplir las normas por las cuales deben regirse cada uno de los empleados, así como de afianzar y mantener el correcto funcionamiento de la planta.
- Debe estar en capacidad de establecer relaciones con entes públicos y privados, con el fin de atraer los recursos (directos e indirectos) que permitan cumplir las metas establecidas dentro del plan de acción de la empresa.
- Elaborar, coordinar y controlar el Presupuesto de Gastos de la empresa.
- Analizar el plan general de desarrollo, mantenimiento y determinar necesidades de recursos.
- Identificar la posibilidad y/o necesidad de optimización, sistematización y/o automatización de los procesos.
- Determinar la satisfacción usuario/calidad/rendimiento.

Director de Operaciones

- Es el encargado de planificar a corto y mediano plazo la producción, así como las necesidades y/o utilización de los recursos de equipos, personas y materias primas.
- Debe establecer y mantener actualizadas normas, procedimientos y documentación de las funciones y/o procesos.
- Verificar que el sistema se mantenga en total operación.
- Controlar en primera instancia la calidad de los productos a producir.
- Programar, administrar y coordinar la captación, selección, utilización y
- adiestramiento de los recursos humanos de la empresa.

Ingeniero de planta

- Será un Ingeniero encargado de las tareas de coordinación de la producción de las actividades en general, empaque y despacho. Bajo su responsabilidad se encontrará también el control de la calidad de los suministros de los proveedores, así como la del producto terminado.
- Debe llevar el control de la necesidad de material para las diversas operaciones de la empresa.
- Administrar, dirigir y llevar el control de las operaciones.
- Controlar y llevar registro histórico de las fallas.
- Velar por la seguridad, custodia, sitio asignado de las personas y equipos.

Gerente de marketing

- Encargado de establecer las directrices para la promoción, publicidad, técnicas de mercado y ventas de los productos de la empresa.
- Su gerencia también tendrá a su cargo el establecimiento y mantenimiento de las relaciones empresa-cliente.

Administrador

- Será el encargado del manejo de las cuentas de la empresa, contactos con los bancos, créditos recibidos y otorgados, en fin, todas las operaciones financieras relacionadas con la compañía.
- Además, tendrá la responsabilidad de llevar al día la contabilidad, libros, pago de impuestos, etc.
- Efectuar los estudios de análisis de costos y de sus variaciones conjuntamente con la contabilidad.
- Llevar los controles administrativos necesarios y efectuar evaluaciones periódicas de gastos o inversiones de toda la Empresa.

Secretaria

- Será la encargada de llevar a cabo todas las labores cotidianas de oficina y brindar apoyo al personal perteneciente a la gerencia.
- Debe encargarse de la recepción y envío de correspondencia y/o llamadas telefónicas.
- Dar apoyo logístico a cada uno de los integrantes de la gerencia.

Cortadores

- Serán los responsables de realizar los procesos de corte y taladrado, que se encuentran incluidos dentro del proceso de fabricación.
- Realizar el mantenimiento técnico preventivo y correctivo cuando lo amerite el equipo.
- Asegurar la buena utilización y rendimiento del equipo/persona.
- Hacer producción de acuerdo con la hoja de asignación de trabajo que le fuere entregada por el Gerente de Operaciones.
- Velar por la custodia y seguridad del equipo que opera.

Operadores

- Serán los responsables de realizar los procesos de mecanizado en torno y fresa, que se encuentran incluidos dentro del proceso de fabricación.
- Deben arrancar y ajustar todo el equipo, así como realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a planes.
- Asegurar la buena utilización y rendimiento del equipo/persona.
- Hacer producción de acuerdo con la hoja de asignación de trabajo que le fuere entregada por el Gerente de Operaciones.
- Velar por la custodia y seguridad del equipo que opera.

Pintor

- Serán los responsables de realizar todos los procesos de pintura que amerite la fabricación.
- Deben arrancar y ajustar todo el equipo, así como realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a planes.
- Asegurar la buena utilización y rendimiento del equipo/persona.
- Hacer producción de acuerdo con la hoja de asignación de trabajo que le fuere entregada por el Gerente de Operaciones.
- Velar por la seguridad y custodia del equipo que opera.

Soldadores

- Serán los responsables de realizar todos los procesos de unión mediante soldadura que amerite la fabricación.
- Deben arrancar y ajustar todo el equipo, así como realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a planes.
- Asegurar la buena utilización y rendimiento del equipo/persona.
- Hacer producción de acuerdo con la hoja de asignación de trabajo que le fuere entregada por el Gerente de Operaciones.
- Velar por la seguridad y custodia del equipo que opera.

Ensambladores

- Una vez cortadas y soldadas las piezas y demás accesorios, los ensambladores se encargarán de la unión de las partes, tanto las elaboradas, como las adquiridas mediante operaciones de outsourcing.
- Recepción, revisión y desglose por pieza.
- Montaje de piezas especiales.

- Verificar la calidad de los procesos de fabricación previos al ensamblaje.
- Hacer producción de acuerdo a la hoja de asignación de trabajo que le fuere entregada por el Gerente de operaciones.

Almacenista

- Recibir, clasificar y distribuir la materia prima.
- Distribuir la materia prima a las diferentes etapas de producción.
- Verificar el acabado final y correcto funcionamiento del producto final.
- Realizar el correcto embalaje de la camilla.
- Almacenar correctamente la camilla de forma tal, que se conserve la integridad, acabado y calidad del producto final.
- Llevar el inventario de entradas y salidas tanto de materia prima, como de productos intermedios y final.

Personal de limpieza

- Debe mantener en orden cada una de las instalaciones de la empresa, en la medida de las posibilidades de acceso a las diferentes áreas, tanto de oficinas como de producción.
- Obedecer cualquier otra instrucción que le sea asignada por algún requerimiento especial donde pueda ser necesaria su intervención.

8.2.3. Plan de desarrollo

Para establecer un desarrollo efectivo de la planta, nos centraremos en tres tareas fundamentales:

- *Constitución de la empresa*, que abarca todo el proceso de instalación, compra de materiales y equipos, obligaciones legales y todo lo necesario para que arranque la producción.
- *Marketing*, en esta fase desarrollaremos toda la logística relacionada con los planes de mercadeo y venta.

- *Producción, Manufactura y Ventas*, una vez iniciada la producción, diversificaremos las posibilidades de manufactura, para optimizar los procesos.

Tabla 8.5. Plan de desarrollo

Fases del proceso	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Primera fase: constitución de la empresa												
Trámites legales	*											
Ubicación del local	*											
Ubicación de distribuidores de materia prima y otros	*											
Compra de los equipos y maquinaria	*	*										
Compra de materiales	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Fabricación de lote de prueba		*										
Segunda fase: marketing												
Contacto con los clientes potenciales	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Donaciones a los posibles clientes		*					*					*
Desarrollo del plan de marketing	*	*	*									
Lanzamiento de la publicidad				*	*	*	*	*	*	*	*	*
Visita a cuerpos de bomberos, protección civil y empresas privadas		*	*	*							*	*
Tercera fase: producción, manufactura y ventas												
Fabricación de lotes de venta			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Fabricación de peticiones particulares				*	*	*	*	*	*	*	*	*
Inicio de ventas			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

8.3.INGENIERÍA DE PROYECTO

8.3.1. Especificaciones del producto

El producto desarrollado es una camilla de atención pre-hospitalaria, esta camilla tendrá un sistema automatizado que ayudará al paramédico u operador a cambiar la altura de la camilla con un mínimo esfuerzo. La producción será realizada por personal profesional y técnicos de primera, con todas las herramientas necesarias para responder a las exigencias del mercado.

8.3.2. Proceso de producción

El proceso de producción es explicado en detalle en el Capítulo 7 de este trabajo, sin embargo, muy básicamente se puede decir que seguirá los siguientes pasos:

- Se recibirá la materia prima (tubos, barras, angulos, pintura, etc.) la cual será colocada en el almacén correspondiente.
- Se trasladará la materia prima a los talleres para hacer los cortes correspondientes según las necesidades.
- Se realizará el mecanizado necesario a las piezas, utilizando los tornos y fresadoras.
- Se llevarán las piezas al taller de pintura.
- Se ensamblará el producto final.
- Se embala el producto y se almacena para su posterior venta



Figura 8.3. Distribución de planta

8.3.3. Plan de inversiones

Tendremos el siguiente plan de inversiones:

- **Costos fijos por un mes:**

Tabla 8.6. Costos fijos

Concepto	Monto
Alquiler del galpón	40.000,00 Bs.
Electricidad	2.543,12 Bs.
Agua	570,00 Bs.
Gastos generales: teléfono, correo, aseo, papelería	1.000,00 Bs.
Publicidad	1.666,67 Bs.
Mobiliario e insumos	1.348,17 Bs.
Maquinaria y herramientas	5.997,77 Bs.
Mantenimiento y reparaciones	5.997,77 Bs.

Sueldos	204.007,60 Bs.
Total	263.131,09 Bs.

- **Costos variables por un mes:**

Tabla 8.7 Costos variables

Insumo	Costo por unidad [Bs.]	Útil por camilla	Inversión por camilla	Inversión mensual
Tubos estructurales de acero 3"x1"x6m cal. 16	305,00 Bs.	10,5 m	533,75 Bs.	4.270,00 Bs.
Pletina HN 2"x3/16"x6m	126,00 Bs.	0,752 m	15,79 Bs.	126,32 Bs.
Regatón 3"x1"	2,68 Bs.	16 unidades	42,88 Bs.	343,40 Bs.
Ruedas con freno	115,00 Bs.	2 unidades	230,00 Bs.	1.840,00 Bs.
Ruedas	100,00 Bs.	2 unidades	200,00 Bs.	1.600,00 Bs.
Ruedas de apoyo	58,00 Bs.	2 unidades	116,00 Bs.	928,00 Bs.
Ruedas de los rieles	23,00 Bs.	4 unidades	92,00 Bs.	736,00 Bs.
Tubo aluminio IPS 3/4	180,00 Bs.	2,17365 m	65,21 Bs.	521,78 Bs.
Barra de aluminio 2"x1/8"x6m	128,00 Bs.	0,9137 m	19,49 Bs.	155,92 Bs.
Angulo aluminio 2"x2"x1/4"x6m	450,00 Bs.	0,300 m	22,50 Bs.	180,00 Bs.
Tubo de aluminio 1"x1,6mmx6m	110,00 Bs.	1,84 m	33,73 Bs.	269,84 Bs.

Barra calibrada de acero 1020 diámetro 3/4"	97,84 Bs. por metro	0,609 m	59,58 Bs.	476,64 Bs.
Batería 12V	1.400,00 Bs.	1	1.400,00 Bs.	11.200,00 Bs.
Actuador	5.152,00 Bs.	1	5.152,00 Bs.	41.216 Bs.
Fusible	15,00 Bs.	1	15,00 Bs.	120,00 Bs.
Cableado	100,00 Bs.	1	100,00 Bs.	800,00 Bs.
Pulsadores	95,00 Bs.	1	95,00 Bs.	760,00 Bs.
Pintura	320,00 Bs.	1	320,00 Bs.	2.560,00 Bs.
Total			8.512,93 Bs.	68.103,44 Bs.

Parámetros evaluados en la inversión

- **Maquinaria y herramientas:** todos los equipos necesarios para lograr la correcta fabricación de la camilla, garantizando un producto de alta calidad.

Tabla 8.8 Maquinaria

Cantidad	Concepto	Costo	Total
8	Mini torno marca Grizzly	28.000,00 Bs.	224.000, 00 Bs
8	Fresadora marca Grizzly	99.184,00 Bs.	793.472,00 Bs.
8	Tronzadora marca Black & Decker	2.950,00 Bs.	23.600,00 Bs.
8	Maquina de soldadura MIG/MAG marca Hariarc	28.590,00 Bs.	228.720 Bs.
8	Taladro manual marca Bosch	649,00 Bs.	4952,00 Bs.

8	Compresor de aire marca Nuair 2Hp 24L	3.250,00 Bs.	26.000,00 Bs.
8	Esmeril marca Ryobi	1.600,00 Bs.	12.800,00 Bs.
8	Dobladora manual	13.840,00 Bs	110.720,00 Bs.
8	Herramientas para soldar	270,00 Bs	2.160,00 Bs.
16	Herramientas para ensamblar	800,00 Bs	12.800,00 Bs.
Total			1.439.234,00 Bs.

- **Mobiliario e insumos**

Tabla 8.9 Mobiliario

Cantidad	Equipo	Costo	Total
6	Escritorio	1.000,00 Bs.	6.000,00 Bs.
6	Sillas	700,00 Bs.	4.200,00 Bs.
4	Sillas para clientes	500,00 Bs.	2.000,00 Bs.
6	Computadora	10.000,00 Bs.	60.000,00 Bs.
1	Impresora	3.190,00 Bs.	3.190,00 Bs.
2	Archivador	2.000,00 Bs.	4.000,00 Bs.
1	Insumos	1.500,00 Bs	1.500,00 Bs.
Total			80.890,00 Bs.

- **Depreciación**

La depreciación de los activos fijos, los cuales incluyen maquinarias, equipos, mobiliarios y equipos de oficinas, se ha calculado por el método de línea recta. Se estima una vida útil de acuerdo al uso y características de los

activos. Para la depreciación de las maquinas se tomo una vida útil de 20 años; entonces el valor anual de estas maquinarias sería de 61.961,70 Bs./año

El equipo mobiliario tiene una vida útil de 5 años entonces la depreciación anual del equipo es de 16.178 Bs./año.

- **Mano de obra**

Para el cálculo de la mano de obra, es necesario hacer una clasificación del personal que laborará durante el primer año de funcionamiento de la empresa, trabajando 8 horas diarias en un horario dividido en dos turnos de 8:00 a.m. hasta las 12:00 m. y en la tarde de 1:00 hasta 5:00 p.m, tomando en cuenta lo estipulado por la Ley orgánica de trabajo, 35% en prestaciones sociales, seguro social, bono de transporte, etc.

Tabla 8.10 Mano de obra

Cantidad	Cargo	Sueldo mensual	Sueldo anual	Total
1	Presidente	8.565,00 Bs.	102.780,00 Bs.	102.780,00 Bs.
1	Director de operaciones	7.375,00 Bs.	88.500,00 Bs.	88.500,00 Bs.
1	Ingeniero de planta	6.192,00 Bs.	74.304,00 Bs.	74.304,00 Bs.
1	Gerente de marketing	6.192,00 Bs.	74.304,00 Bs.	74.304,00 Bs.
1	Secretaria	2.456,40 Bs.	29.476,80 Bs.	29.476,80 Bs.
1	Administrador	6.192,00 Bs.	74.304,00 Bs.	74.304,00 Bs.
8	Cortador	2.456,40 Bs.	29.476,80 Bs.	235.814,40 Bs.
16	Operador	2.456,40 Bs.	29.476,80 Bs.	471.628,80 Bs.
8	Pintor	2.456,40 Bs.	29.476,80 Bs.	235.814,40 Bs.
8	Soldador	2.456,40 Bs.	29.476,80 Bs.	235.814,40 Bs.

16	Ensamblador	2.456,40 Bs.	29.476,80 Bs.	471.628,80 Bs.
8	Almacenista	2.456,40 Bs.	29.476,80 Bs.	235.814,40 Bs.
4	Personal de limpieza	2.456,40 Bs.	29.476,80 Bs.	117.907,20 Bs.
Total				2.448.091,20 Bs.
Total mensual				204.007,60

- **Gastos de Operación**

- **Mantenimiento, reparaciones y repuestos:** Esta partida se estimo en base del 5% del total del costo de las maquinarias, para un total de 71.961,70 Bs.
- **Electricidad:** Se estimo en base a 20.000 Kwh, para un total de 2.543,12Bs.
- **Agua:** 300m³ al mes, para un total de 570,00 Bs.
- **Marketing y ventas:** Se estimo para el primer año en 20.000,00 Bs.
- **Arrendamiento:** El arrendamiento del galpón se estimó, según ofertas clasificadas en 40.000,00 Bs. mensuales.
- **Gastos generales:** Teléfono, correo, aseo y papelería 1.000,00 Bs. Mensuales.

8.3.4. Punto de equilibrio

Una vez estimados los costos e inversiones necesarias, se procede a calcular el punto de equilibrio de nuestras ventas, donde nuestro beneficio será igual a cero, y de allí en adelante obtendremos nuestras ganancias netas. El precio de venta P se estableció teniendo en cuenta el costo de los modelos ofertados en el mercado actual, donde podemos ver que con un valor de Bs.30.000,00 como base inicial de nuestro producto podemos cubrir el costo neto de fabricación e ir amortizando un pequeño porcentaje de los gastos de

operación, con lo cual lo hacemos muy competitivo y llamativo para nuestro clientes potenciales.

Para el cálculo del punto de equilibrio de un periodo mensual tenemos:

- CV: Costos variables. Este tiene un valor de **8.512,93 Bs.**
- CF: Costos Fijos. Este tiene un valor de **263.131,09 Bs.**
- P: Precio de venta **30.000 Bs.**
- Q: Unidades a vender mensualmente

$$Q = \frac{CF}{(P-CV)} \quad \text{Ecuación (8.1)}$$

$$Q = \frac{263.131,09 \text{ Bs.}}{(30.000,00 \text{ Bs.} - 8.512,93 \text{ Bs.})}$$

$$Q = 12,24 \text{ unidades}$$

Este resultado nos indica que mensualmente se deben vender 12 unidades para obtener un beneficio igual a cero

8.3.5. Amortización

Aquí reflejamos como se cancelará la deuda adquirida para la puesta en marcha de la empresa, financiado a cinco años, con medio año de gracia

Tabla 8.11 Características del crédito

Monto Crédito	1.206.053,95 Bs.
Periodo de gracia	6 meses
Interés (anual)	17%
Plazo	54 meses
Intereses diferidos	0 meses
Plazo total	54 meses
Factor	0,02716

Tabla 8.12 Amortización

Periodo	Mensualidad [Bs.]	Amortización [Bs.]	Intereses [Bs.]	Saldo [Bs.]
0				1.206.053,95
1	32.756,43	14.665,62	18.090,81	1.191.388,34
2	32.756,43	14.885,60	17.870,83	1.176.502,74
3	32.756,43	15.108,88	17.647,54	1.161.393,85
4	32.756,43	15.335,52	17.420,91	1.146.058,33
5	32.756,43	15.565,55	17.190,88	1.130.492,78
6	32.756,43	15.799,03	16.957,39	1.114.693,75
7	32.756,43	16.036,02	16.720,41	1.098.657,73
8	32.756,43	16.276,56	16.479,87	1.082.381,17
9	32.756,43	16.520,71	16.235,72	1.065.860,46
10	32.756,43	16.768,52	15.987,91	1.049.091,95
11	32.756,43	17.020,05	15.736,38	1.032.071,90
12	32.756,43	17.275,35	15.481,08	1.014.796,55
13	32.756,43	17.534,48	15.221,95	997.262,08
14	32.756,43	17.797,49	14.958,93	979.464,58
15	32.756,43	18.064,46	14.691,97	961.400,12
16	32.756,43	18.335,42	14.421,00	943.064,70
17	32.756,43	18.610,45	14.145,97	924.454,25
18	32.756,43	18.889,61	13.866,81	905.564,63

19	32.756,43	19.172,96	13.583,47	886.391,68
20	32.756,43	19.460,55	13.295,88	866.931,13
21	32.756,43	19.752,46	13.003,97	847.178,67
22	32.756,43	20.048,75	12.707,68	827.129,92
23	32.756,43	20.349,48	12.406,95	806.780,45
24	32.756,43	20.654,72	12.101,71	786.125,73
25	32.756,43	20.964,54	11.791,89	765.161,19
26	32.756,43	21.279,01	11.477,42	743.882,18
27	32.756,43	21.598,19	11.158,23	722.283,99
28	32.756,43	21.922,17	10.834,26	700.361,82
29	32.756,43	22.251,00	10.505,43	678.110,83
30	32.756,43	22.584,76	10.171,66	655.526,06
31	32.756,43	22.923,53	9.832,89	632.602,53
32	32.756,43	23.267,39	9.489,04	609.335,14
33	32.756,43	23.616,40	9.140,03	585.718,74
34	32.756,43	23.970,64	8.785,78	561.748,10
35	32.756,43	24.330,20	8.426,22	537.417,90
36	32.756,43	24.695,16	8.061,27	512.722,74
37	32.756,43	25.065,58	7.690,84	487.657,15
38	32.756,43	25.441,57	7.314,86	462.215,59
39	32.756,43	25.823,19	6.933,23	436.392,40
40	32.756,43	26.210,54	6.545,89	410.181,86
41	32.756,43	26.603,70	6.152,73	383.578,16
42	32.756,43	27.002,75	5.753,67	356.575,41
43	32.756,43	27.407,79	5.348,63	329.167,61
44	32.756,43	27.818,91	4.937,51	301.348,70
45	32.756,43	28.236,19	4.520,23	273.112,50
46	32.756,43	28.659,74	4.096,69	244.452,77
47	32.756,43	29.089,63	3.666,79	215.363,13
48	32.756,43	29.525,98	3.230,45	185.837,16
49	32.756,43	29.968,87	2.787,56	155.868,29
50	32.756,43	30.418,40	2.338,02	125.449,89
51	32.756,43	30.874,68	1.881,75	94.575,21
52	32.756,43	31.337,80	1.418,63	63.237,41
53	32.756,43	31.807,86	948,56	31.429,55
54	31.900,99	31.429,55	471,44	0,00

8.3.6 Flujo de caja

Tomando en cuenta las ventas según la capacidad utilizada como único ingreso de la empresa, y considerando como egresos los costos fijos, costos variables, y la amortización del crédito para la puesta en marcha se tiene el siguiente flujo de caja

Tabla 8.13 Flujo de caja

Flujo de caja							
Año	Ventas	Ingresos [Bs]	Egresos				Ganancia neta [Bs]
			Costos fijos [Bs]	Costos variables [Bs]	Amortizacion [Bs]	Total [Bs]	
0,00	0,00	1.206.053,95	1.439.464,00			1.439.464,00	-233.410,05
1,00	348,00	10.440.000,00	3.157.573,12	817.241,28	196.538,55	4.171.352,95	6.268.647,05
2,00	414,00	12.420.000,00	3.157.573,12	817.241,28	393.077,10	4.367.891,50	8.052.108,50
3,00	452,00	13.560.000,00	3.157.573,12	817.241,28	393.077,10	4.367.891,50	9.192.108,50
4,00	492,00	14.760.000,00	3.157.573,12	817.241,28	393.077,10	4.367.891,50	10.392.108,50
5,00	506,00	15.180.000,00	3.157.573,12	817.241,28	392.221,67	4.367.036,07	10.812.963,93
6,00	521,00	15.630.000,00	3.157.573,12	817.241,28	0,00	3.974.814,40	11.655.185,60
7,00	537,00	16.110.000,00	3.157.573,12	817.241,28	0,00	3.974.814,40	12.135.185,60
8,00	553,00	16.590.000,00	3.157.573,12	817.241,28	0,00	3.974.814,40	12.615.185,60
9,00	570,00	17.100.000,00	3.157.573,12	817.241,28	0,00	3.974.814,40	13.125.185,60
10,00	587,00	17.610.000,00	3.157.573,12	817.241,28	0,00	3.974.814,40	13.635.185,60

8.3.7 Tasa interna de retorno

Al calcular el valor presente con el flujo de caja anterior obtenemos un TIR bastante elevado de un 78,29% lo cual lo convierte en un proyecto bastante viable, ya que con un precio de venta de 30.000,00 Bs. Pueden beneficiarse también, aquellos minoristas que deseen distribuir el producto.

CONCLUSIONES

- Se diseñó concurrentemente una camilla de atención médica pre-hospitalaria como prototipo para los Bomberos Voluntarios Universitarios de la Universidad Central de Venezuela
- Se realizó una investigación bibliográfica donde se obtuvo extensa información acerca de la ingeniería concurrente, estudios ergonómicos, antropometría, salud ocupacional, métodos de diseño, automatización, procesos de fabricación y análisis económico como parte fundamental para este estudio.
- Se observó y analizó los diferentes dispositivos de este tipo que existen en el mercado nacional e internacional, para establecer una comparación fundamental entre capacidades, dimensiones, peso, carga soporte, accesorios, confiabilidad, precios, disponibilidad, mantenibilidad de las camillas automatizadas y manuales para atención médica pre-hospitalaria.
- Se verificó la normativa existente tanto nacional como internacional sobre el diseño y construcción de camillas de atención pre-hospitalaria, así como también las leyes que amparan al paramédico auxiliar para prevenir problemas de salud ocupacional.
- La ergonomía del dispositivo fue considerada en el proceso de diseño de acuerdo con las opiniones y sugerencias obtenidas de las encuestas aplicadas a los bomberos universitarios de la U. C. V.
- Se definió como el mecanismo de acción mecánica más ideal para el diseño el actuador lineal eléctrico, suministrado para este prototipo inicial por CORPOREA PRODUCCIONES C.A. , en un proceso de tormenta de ideas y matrices de decisión se evaluó las cualidades de los sistemas hidráulicos, neumáticos y eléctrico, resultando beneficioso este ultimo que logró adaptarse al diseño establecido bajo los parámetros considerados tales como: costo, mantenimiento, peso, disponibilidad, fuerzas, entre otros.

- Fue posible realizar los cálculos que avalan la capacidad de soporte de la camilla diseñada, se estudió los casos críticos de empleo, las fuerzas a las que son sometidos los distintos elementos principales que la componen, bajo el precepto de cumplir con las teorías establecidas en cuanto a deflexión, pandeo y análisis estático de la estructura y del material que conforma la mesa soporte del paciente.
- La selección de materiales para la construcción de la camilla fue una combinación de piezas de acero y de aluminio, correspondido con los parámetros estudiados en la matriz de decisión, al igual que los tipos de perfiles escogidos que fueron tubos circulares y pletinas de aluminio, tubos rectangulares y pletinas de acero mayormente.
- Se realizó un estudio del proceso de fabricación de todo el conjunto de la camilla de atención médica pre hospitalaria, usando la herramienta de la carta de Gantt, tomando en cuenta la producción de las piezas y componentes, la adquisición de los equipos para la automatización y el ensamble de los mismos.
- Se incorporó el análisis económico para la puesta en marcha de una empresa capaz de producir camillas automatizadas de atención medica pre hospitalaria, el estudio de la factibilidad económica, la demanda y la oferta arroja un resultado analítico del planteamiento del proyecto en cuanto a la posibilidad de su realización, otorgándonos un número indicador de la inversión que se debe hacer y del retorno que se recibe.
- Se realizó la construcción del primer prototipo de una camilla automatizada de atención médica pre hospitalaria en las instalaciones de la Universidad Central de Venezuela, utilizando los espacios y herramientas del Taller Mecánico de la Escuela de Ingeniería Mecánica, así como también el Taller de la empresa CORPOREA PRODUCCIONES C.A.

RECOMENDACIONES

- Incorporar un sistema para que la camilla pueda ser operada manualmente por el paramédico en caso de que el automatismo falle. Manteniendo la posibilidad de tener varias alturas de trabajo.
- Utilizar un actuador de por lo menos 200W, el cual será apropiado para satisfacer las cargas presentes en la camilla de acuerdo con la potencia que presenta, es posible colocarlo de manera horizontal como se diseñó originalmente el prototipo y es de producción nacional.
- Realizar el estudio correspondiente para construir la mesa soporte del paciente con materiales como poliuretano, el mismo material usado para hacer tablas de surf, ya que contiene excelentes propiedades de rigidez y transparencia a los rayos x, así como buena maquinabilidad, entre las ventajas notables se tendría una mesa soporte más liviana.
- Incorporar un indicador de carga que permita mostrar cuando es necesario recargar la batería de la camilla.
- Incorporar un cable cargador de batería de manera que la batería de la camilla pueda ser recargada directamente con la fuente de alimentación de la ambulancia ya que son de igual voltaje.
- Construir una carcasa de material liviano e impermeable para proteger al actuador ya que el mismo no es resistente al agua.

Ampliar el proyecto con la creación de una camilla que además de estas características pueda ser separada la mesa soporte del paciente para usarse como camilla rígida solamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Beer F., Russel E. y Eisenberg E. (2007) Mecánica vectorial para ingenieros. Estática. 8va edición. McGraw Hill. 631 p
- Gere J. (s.f) Mecánica de Materiales. 6ta Edición. 948 p
- Groover, M. (1997) Fundamentos de Manufactura Moderna. Editorial Prentice- Hall. México.
- Hibbeler, R.C. (1998) Mecánica de Materiales. Editorial Prentice Hall. Tercera edición.
- Shigley, J. (2001) Diseño en Ingeniería Mecánica. Quinta Edición. Mc Graw – Hill. México.
- Consuegra F. y González G. (2004) DISEÑO CONCURRENTE Y FABRICACIÓN DE UN DOSIFICADOR AUTOMATICO DE ALIMENTOS PARA MASCOTAS. Trabajo especial de grado: inedito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- López G. (2004) DISEÑO CONCURRENTE DE UN DISPOSITIVO DE INMOVILIZACIÓN COMPLETA PARA PACIENTES POLITRAUMATIZADOS. Trabajo especial de grado: inedito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Moreno G. y Pérez M. (2004) DISEÑO CONCURRENTE DE SILLAS DE RUEDAS PARA MINUSVÁLIDOS. Trabajo especial de grado: inedito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Rodríguez Y. y Vasallo D. (2001). DISEÑO CONCURRENTE Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE PLATAFORMA ELEVADORA PARA APARCAR VEHÍCULOS. Trabajo especial de grado: inedito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Jim D. (2007) Diseño de elementos estructurales de acero sometidos a flexocompresión: Desarrollo Teórico y estudio comparativo. Tesis de Doctorado: inédita. Universidad de Navarra, Escuela superior de ingenieros, San Sebastián. 242 p

- Alfaro R. (s.f)Ergonomía, productividad y la prevención de los riesgos a la salud. 6 p
- Álvarez G. Siqueiros J. (2003) MATERIALES INGENIERILES: LOS MATERIALES QUE USAN LOS INGENIEROS. Revista Universitaria UABC, No. 44, 10 p.
- Arqto. Veas V. y Arqto. Chang J. (2000) Deformaciones en Vigas. Universidad de Chile, departamento de arquitectura y urbanismo. 43 p
- Berrocal L. (2007). Resistencia de materiales, Madrid: Ed. McGraw-Hill. 5 p
- Conceptos básicos de conceptos de manufactura. (2000)
- D. i. Villarreal C. (s.f) LA ERGONOMÍA ES PARTE DEL PROCESO DE DISEÑO INDUSTRIAL. Universidad de Monterrey. 18 p
- Dajer A. (s.f) PRIMEROS AUXILIOS Y SERVICIOS MEDICOS DE URGENCIA. ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. 10 p
- Dr. Rivero M. (2008) Manejo Inicial del Politraumatizado. Panamá: Aspame. 105 p.
- Dr. Rodríguez V. (2006) Propuesta Nacional Normativa de Ambulancia. Sociedad Venezolana de Medicina de Emergencia y Desastres.
- Dr. Rodríguez V. (2009) Manual de la medicina de emergencia pre hospitalaria. 355 p
- Dra. Soubllette A. y Dr. Rodríguez V. (2009) Protocolos de actuación prehospitalario 2009. Sociedad Venezolana de Medicina de Emergencia y Desastres. 102 p
- ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID (2009) ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE DEFORMACIÓN SEGÚN EHE-08. Madrid
- García C. y López P. (s.f) Ergonomía preventiva. 10 p

- Granollers A. (s.f) DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL. Universidad politécnica de Cataluña.
- Gutiérrez M., Flores C. y Monzó J. (2010) Prevalencia de Trastornos Músculo-Esqueléticos de columna Lumbar en Trabajadoras y Límites Biomecánicas en el Manejo de Carga y Pacientes. 6 p
- Hurtado J. (2007) Revisión temática transporte musicalizado del paciente críticamente enfermo. Colombia: Umbral científico. (011). 11 p
- Instituto Profesional Doce (1999) APLICACIÓN DEL DISEÑO CONCURRENTES EN LA PYME CHILENA. 120 p.
- Jiménez R. (s.f) Automatización de la Manufactura.
- Laurig W. y Vedder J. (s.f) Ergonomía. 110 p.
- López P. (s.f) Manejo y elevación de Cargas. Universidad de Murcia. 32 p
- Manual de diseño en aluminio (2005). Especificaciones para estructuras de aluminio. 562 p.
- Martínez D., y Galán P. (2010) Innovación, Diseño e Ingeniería de Productos Plásticos. Trabajo especial de grado: inedito. Universidad politécnica de Cataluña.
- Martínez U. (2005) INGENIERIA CONCURRENTES. U.M.C. INGENIERIA INDUSTRIAL
- Méndez R. (2013) Bases Legales de la Atención Prehospitalaria en Venezuela. Sociedad Venezolana de Medicina de Emergencia y Desastres.
- Ministerio de trabajo y asuntos sociales. (s.f) Guía de actuación inspectora en factores de ergonomía. 12 p
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA EL TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL (2008) Resolución N° 6227. 32 p

- Mogollón F. M. (s.f) La Antropometría. 4 p
- Pinto R. (2011). Ciencia & Trabajo. Número 34.
- Prado M. (s.f) Higiene Postural. Edusport. 5 p.
- Quijorna A. (2007) Elementos de Máquinas. Universidad de Castilla-La Mancha. 68 p
- Reyes P. (2010) Análisis Morfológico. 11 p
- Riba C. (s.f) Diseño concurrente. Ediciones UPC. Universidad Politécnica de Cataluña. 11 p
- Riba C. (s.f) Metodologías de ingeniería concurrente. Universidad Politécnica de Cataluña. 71 p
- Rojas L. y Chacin B. (2000) Antropometría en los trabajadores y aspectos económicos de los puestos de la imprenta del gobierno del Edo. Zulia. 19 p
- Seguros Caracas (s.f) Trastornos Musculo-esqueléticos. Caracas: Biblioteca Digital de seguridad Laboral. 8 p
- Silveti S. e Idoate V. (2000) Posturas Forzadas. Madrid: MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO. 52 p
- Troconis F., Lubo A. y Montiel M. (2008) Valoración postural y riesgo de lesión musculo esquelética en trabajadores de una plataforma de perforación petrolera lacustre. 10 p.
- Universidad de Jaén. (s.f) Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. CÓMO PROTEGER LA ESPALDA EN EL TRABAJO. 12 p
- Villalba V. (s.f) Normativa EFHE. 23 p.
- Villarreal C. (s.f) La ergonomía es parte del diseño industrial. 18 p
- Departamento de Trabajo de los Estados Unidos Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (2002) Ley de seguridad y salud ocupacional. 64 p
- Estándares Británicos, BS EN 1865:2000 ESPECIFICACIONES

PARA CAMILLAS Y OTROS EQUIPOS DE MANIPULACION DE PACIENTES UTILIZADOS EN AMBULANCIAS. 30 p

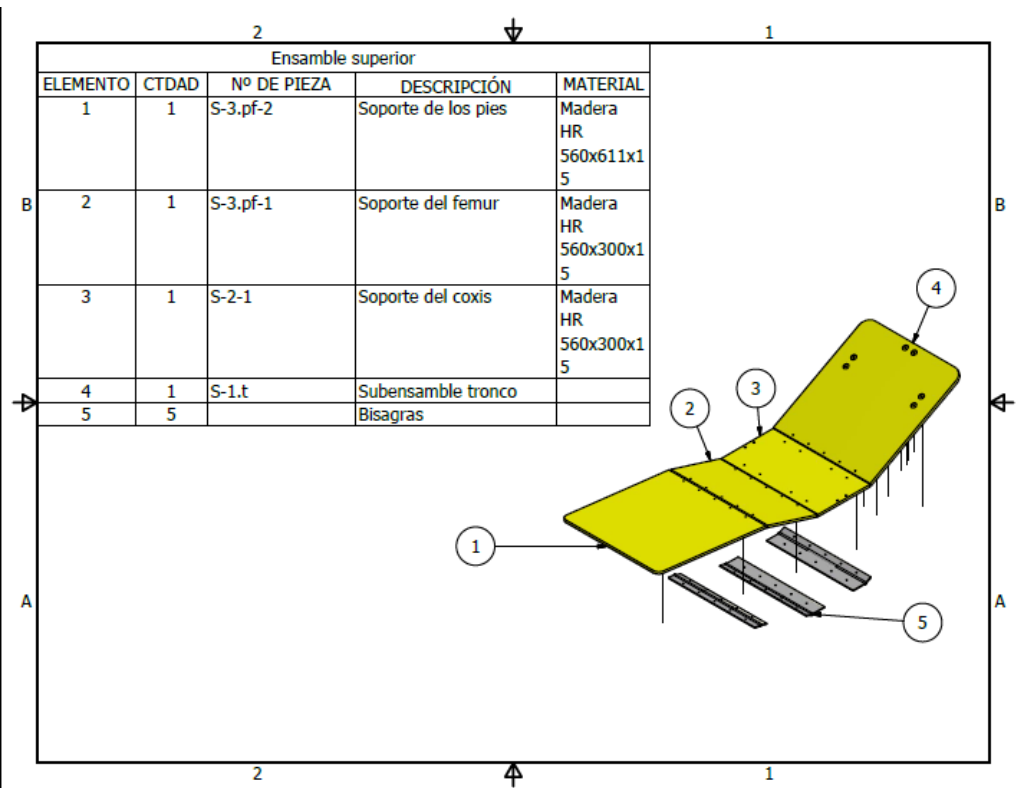
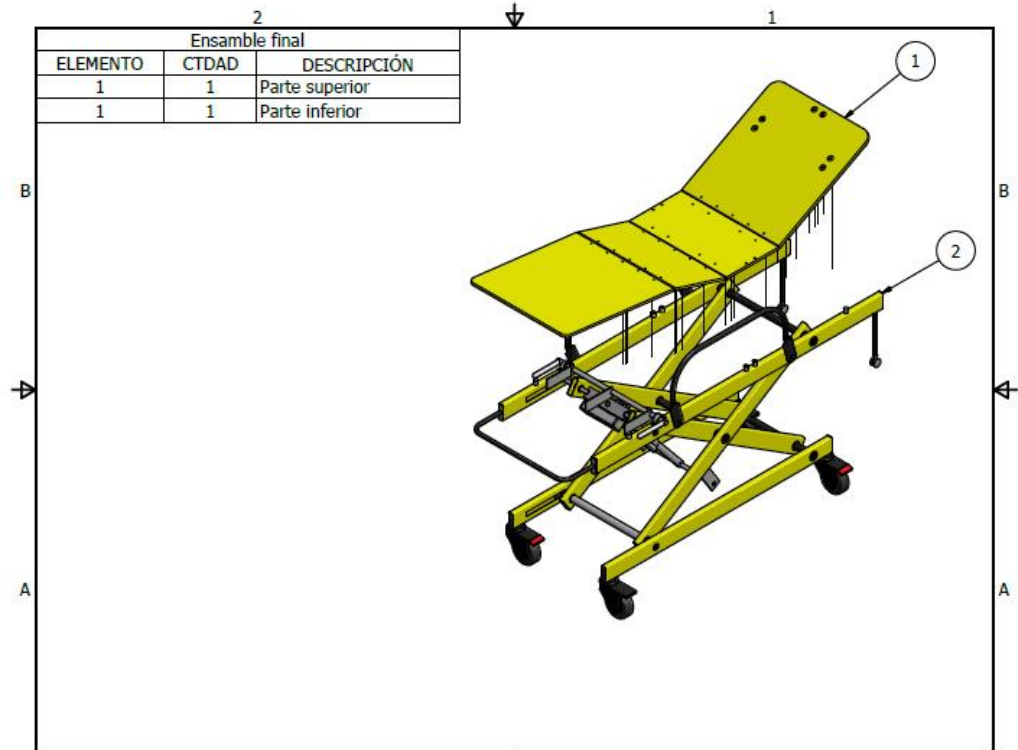
- INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN, SALUD Y SEGURIDAD LABORALES (2009) Anteproyecto de Norma Técnica para Control en la Manipulación, Levantamiento y Traslado de Cargas. Ministerio del poder popular para el trabajo y la seguridad social. 21 p
- INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN, SALUD Y SEGURIDAD LABORALES. (2009). Anteproyecto de Norma Técnica para Control en la Manipulación, Levantamiento y Traslado de Cargas. Caracas: Ministerio del poder popular para el trabajo y seguridad social. 21 p
- Norma sobre Programa de Seguridad y Salud Ocupacional de Departamento de Bomberos (2007). 45 p
- Norma sobre Programa de Seguridad y Salud Ocupacional de Departamento de Bomberos (2007). NFPA1500.
- REGLAMENTO DE LAS CONDICIONES DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO DECRETO NUMERO 1.564

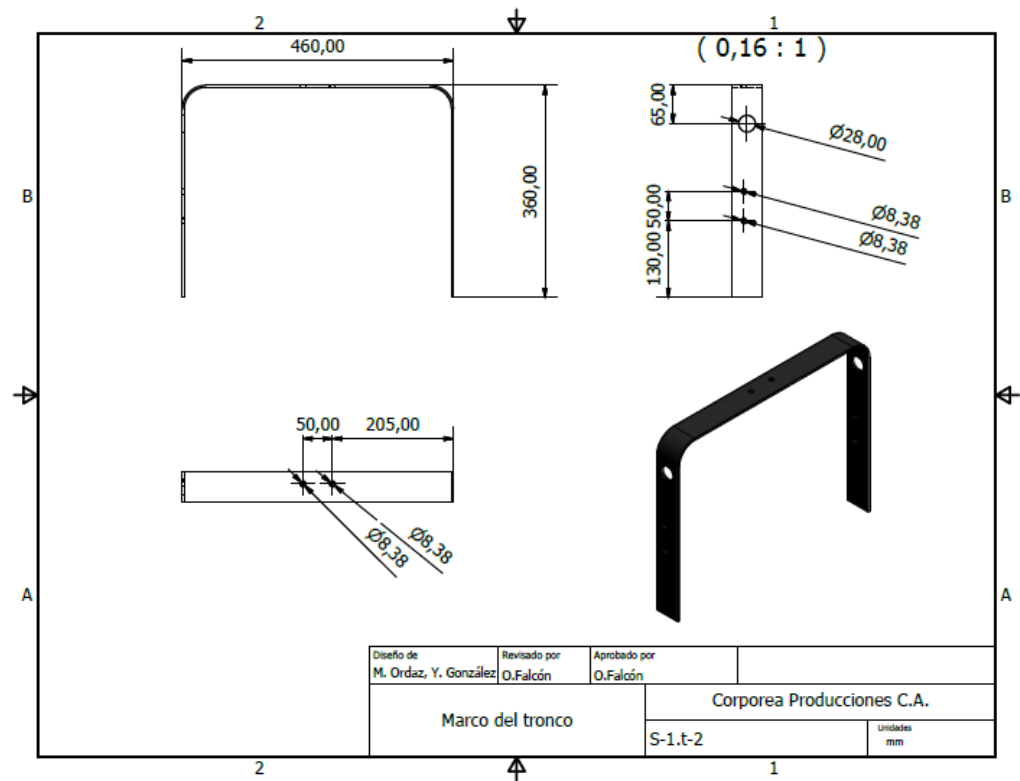
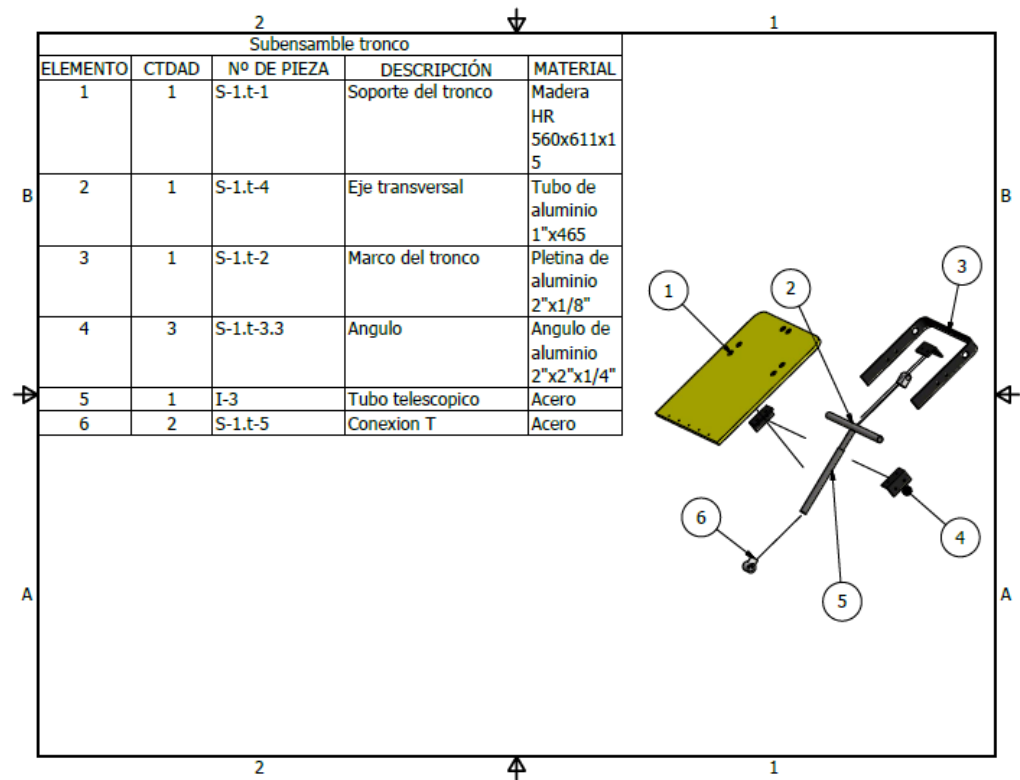
REFERENCIAS ELECTRONICAS

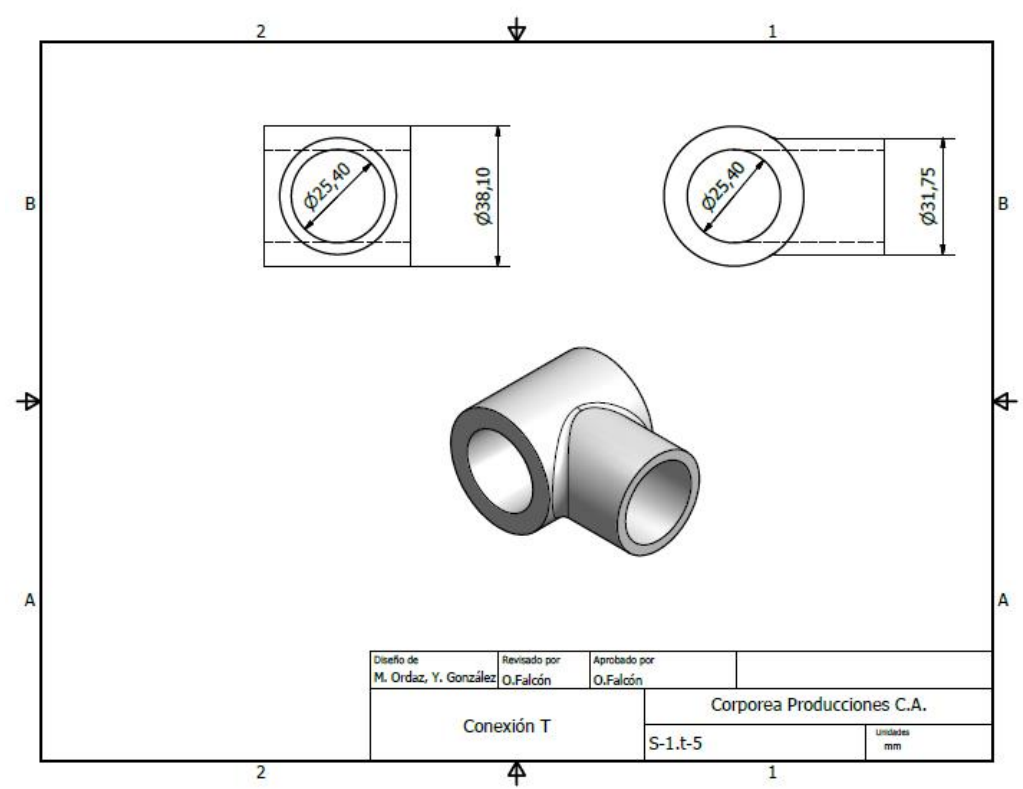
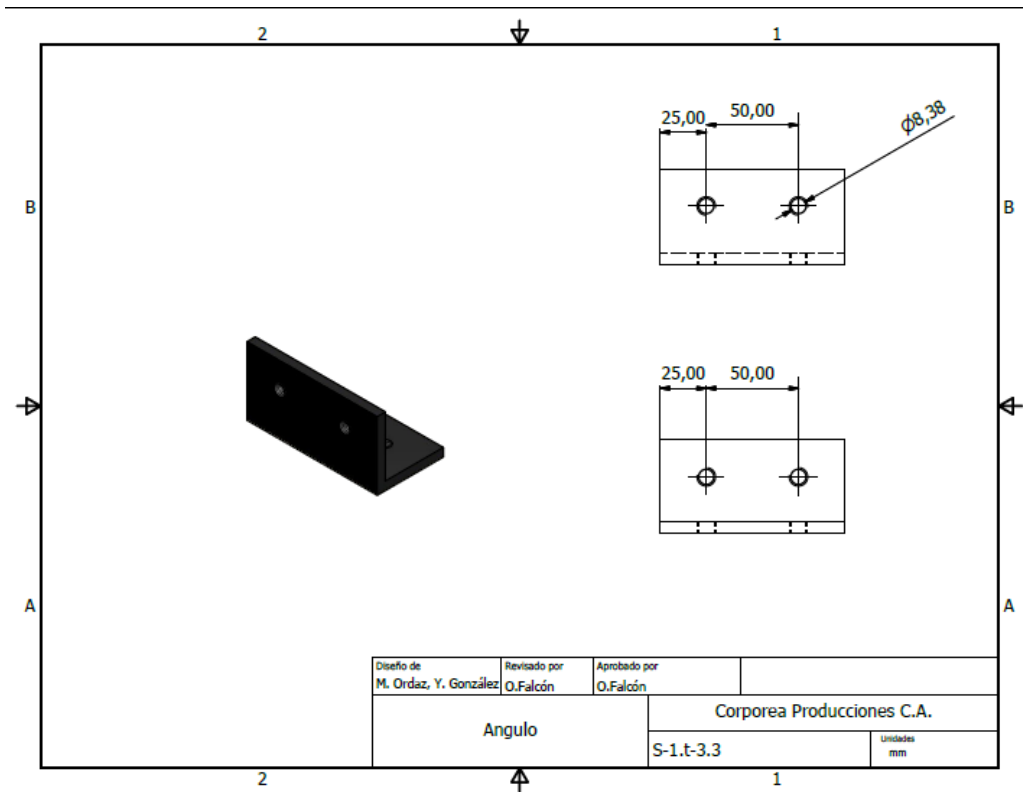
- Sociedad Venezolana de medicina de emergencia y desastres (2011) [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.svmed.org>
- Instituto Nacional de prevención, salud y seguridad laborales (2011) [Página web en línea]. Disponible en: www.inpsasel.gob.ve
- Universidad de Murcia (2011) (2011) [Página web en línea]. Disponible en: <http://ocw.um.es/cc.-sociales/actividad-fisica-para-la-salud>
- Asociación nacional de protección del fuego (2012) [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.nfpa.org/disclaimers>
- Instituto nacional para la seguridad y salud ocupacional (2012) [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/>
- La administración de seguridad y salud ocupacional (2012) [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.osha.gov/as/opa/spanish/index.htm>
- Ingeniería de sistemas y automática (2013) [Página web en línea]. Disponible en: <http://isa.umh.es>

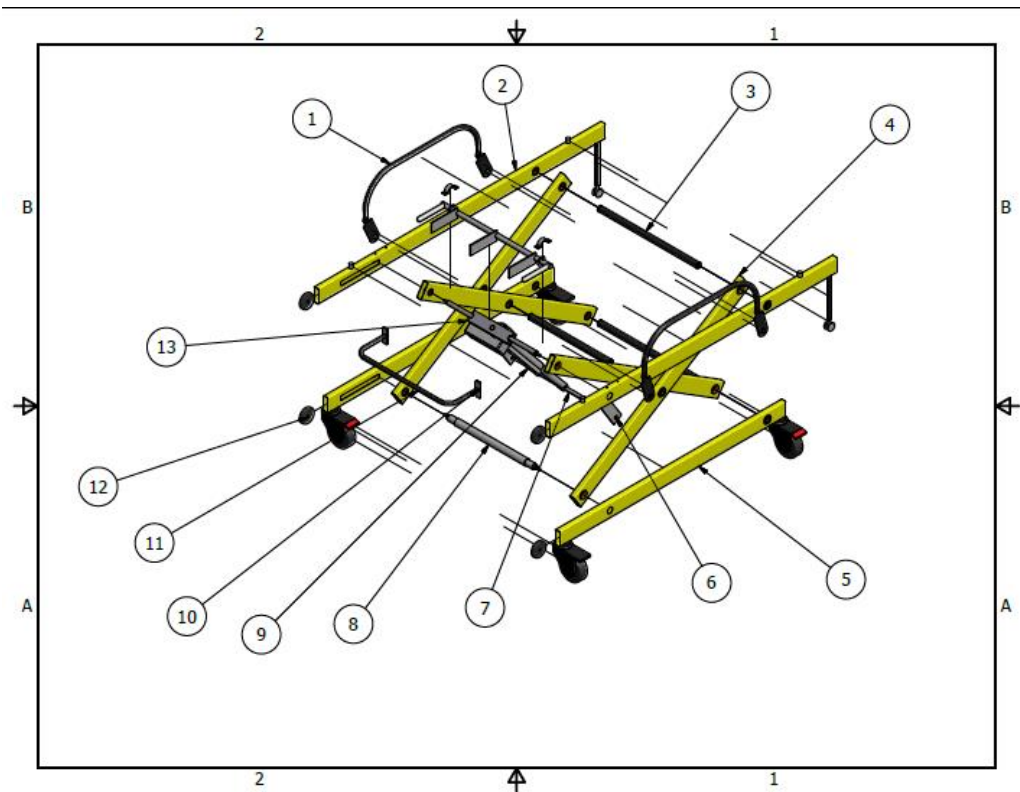
ANEXOS

Planos

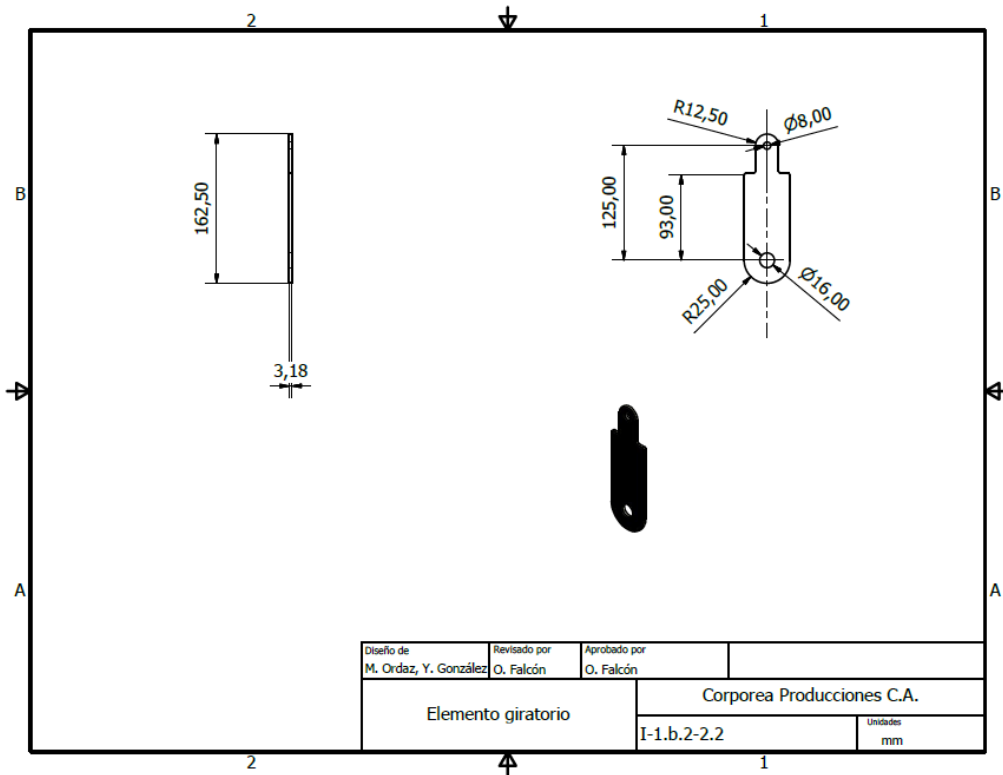
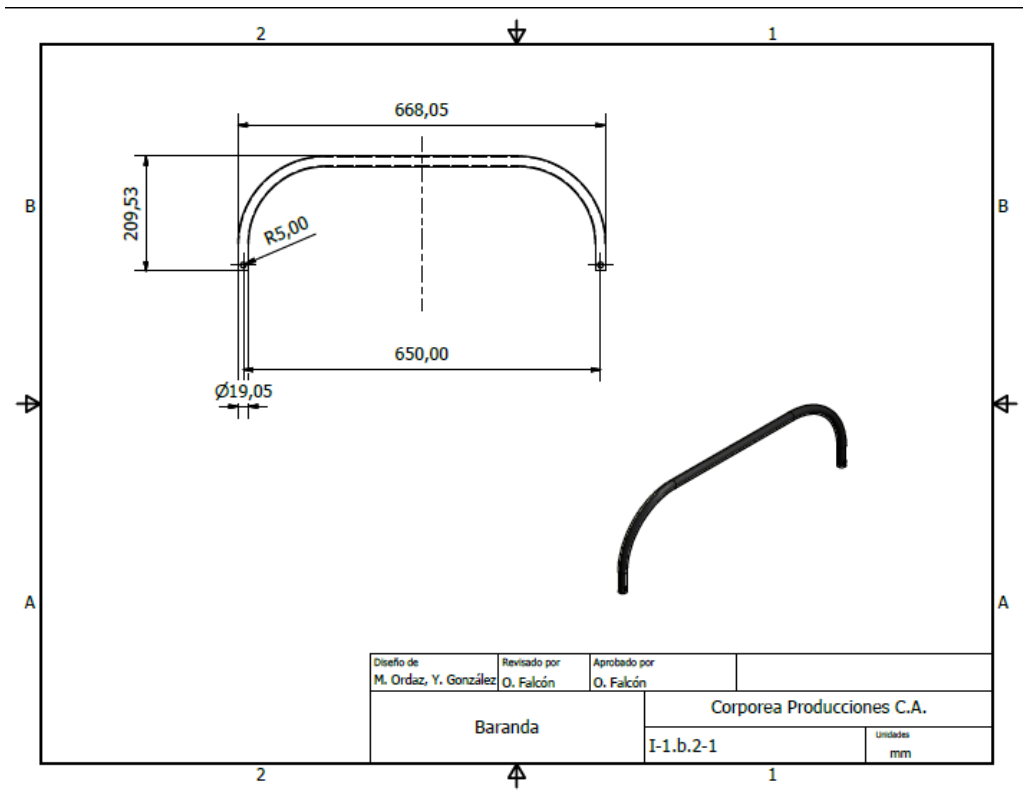


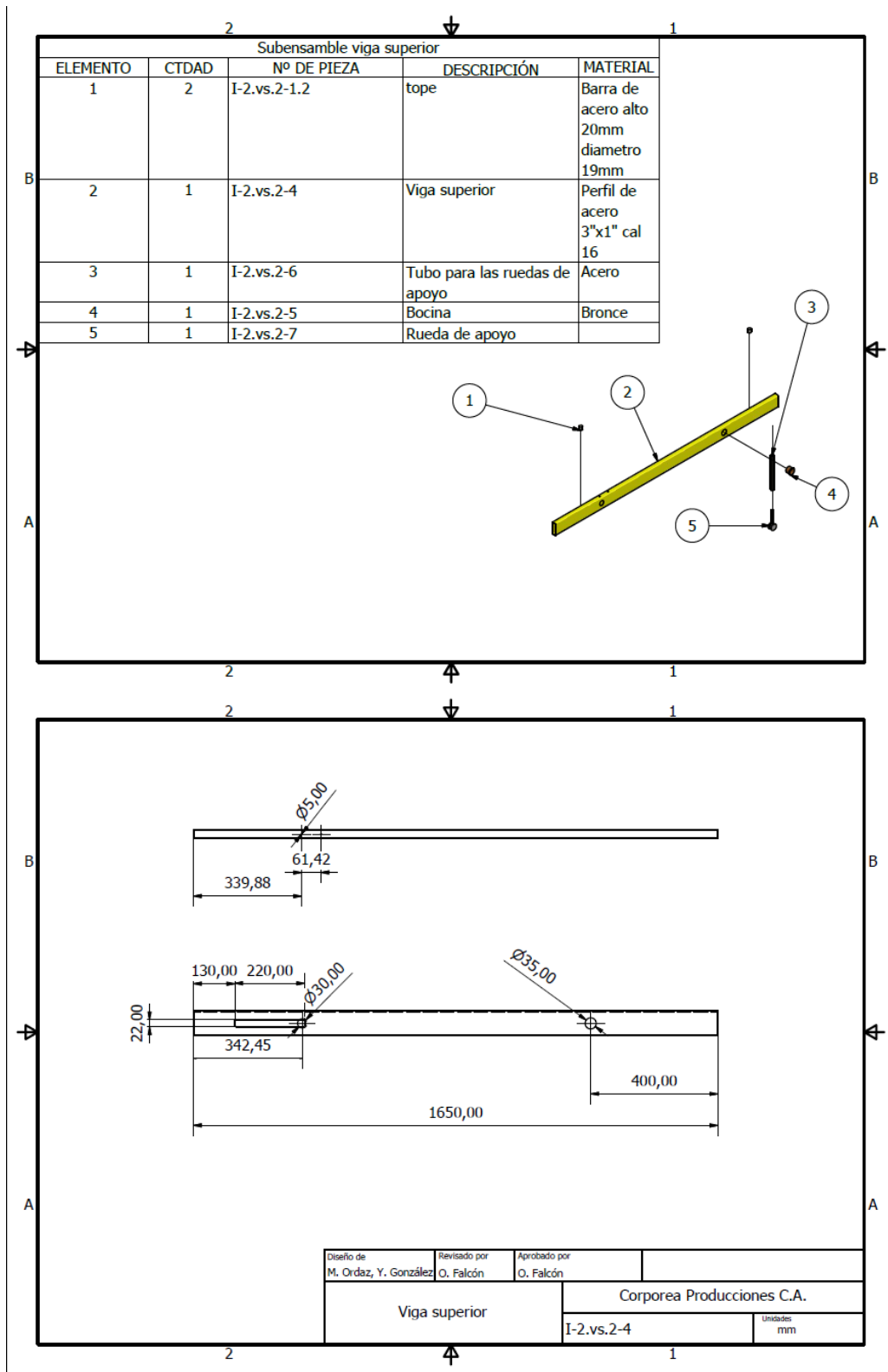


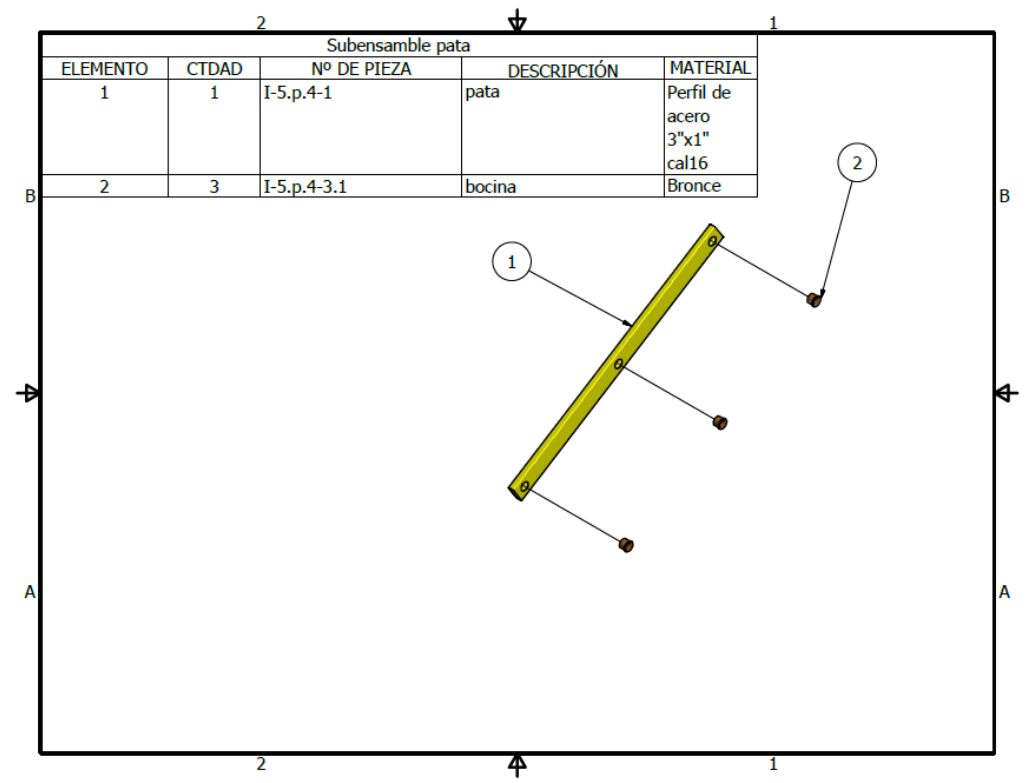
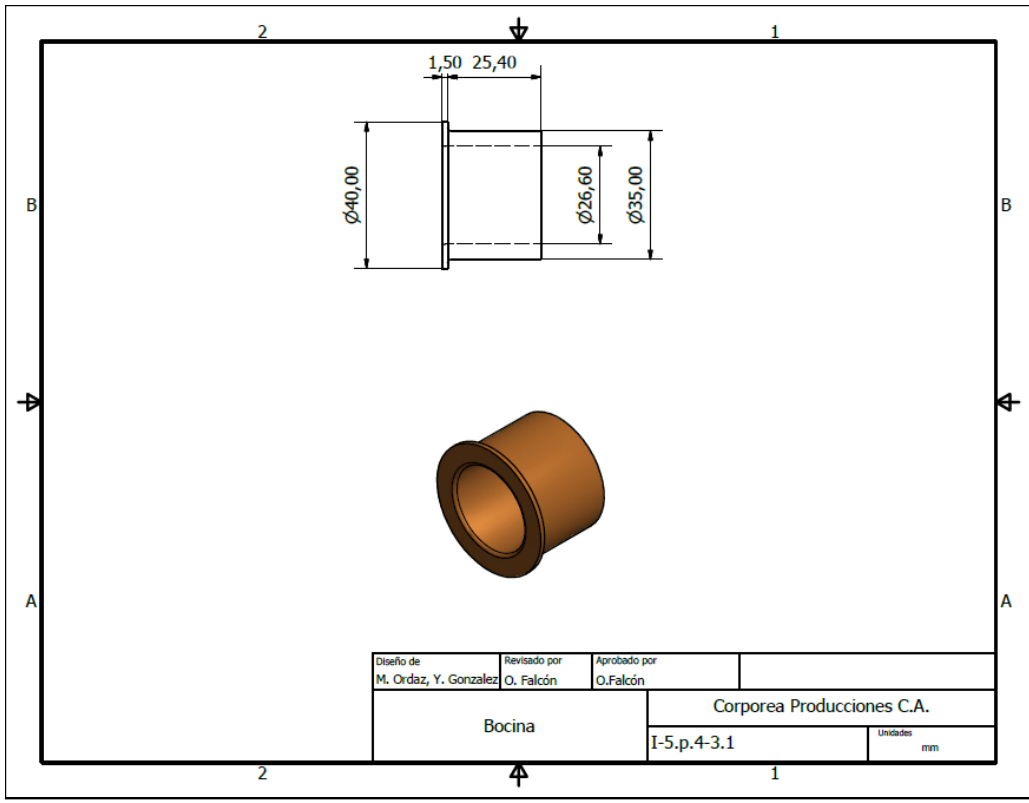


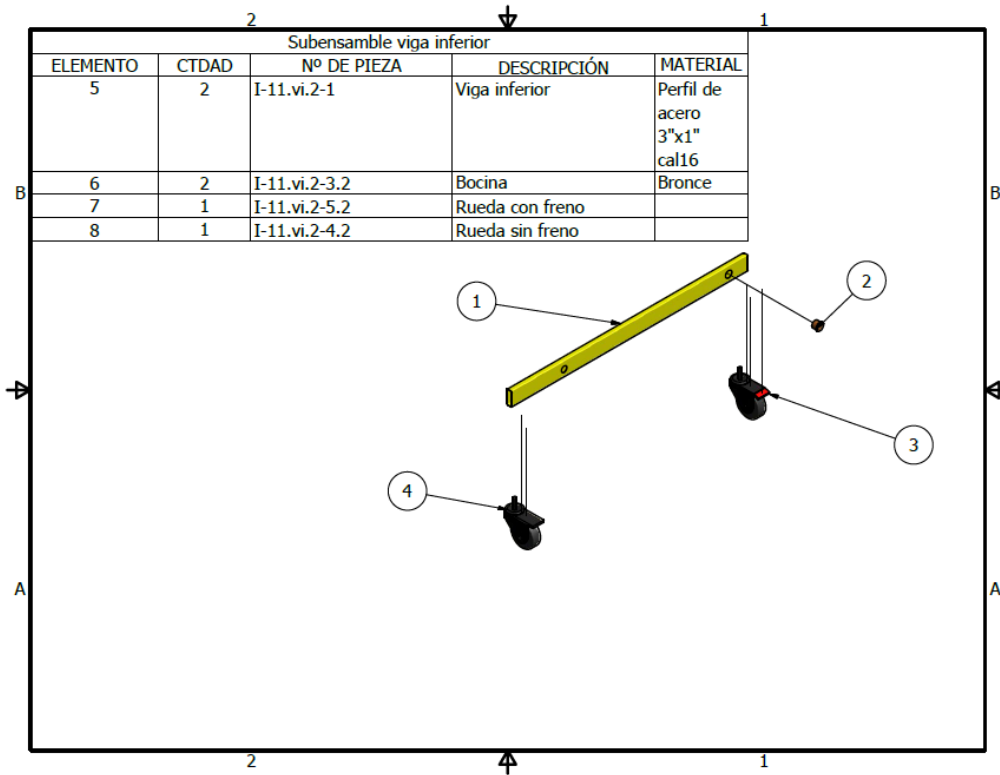
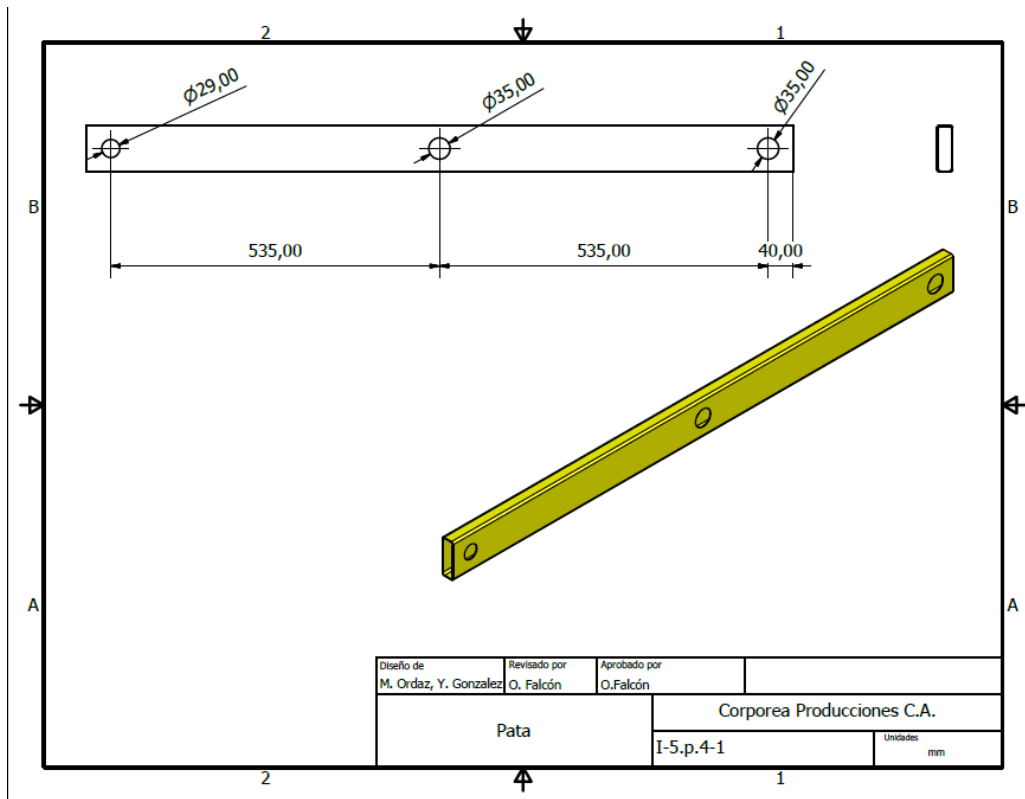


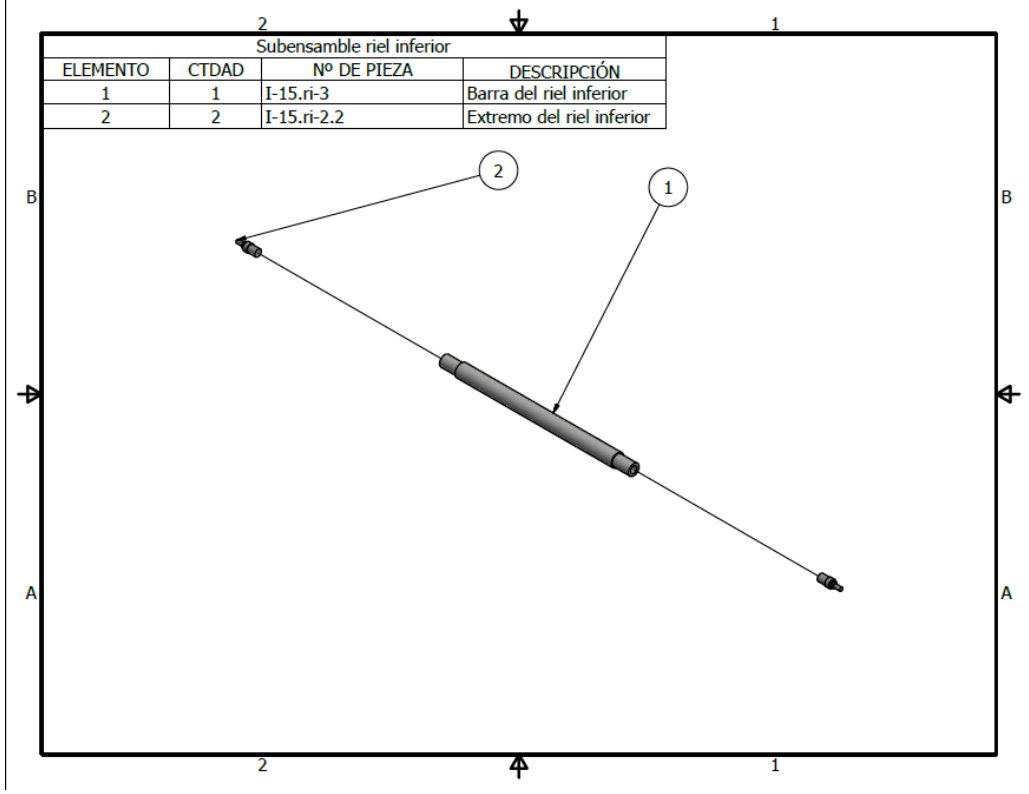
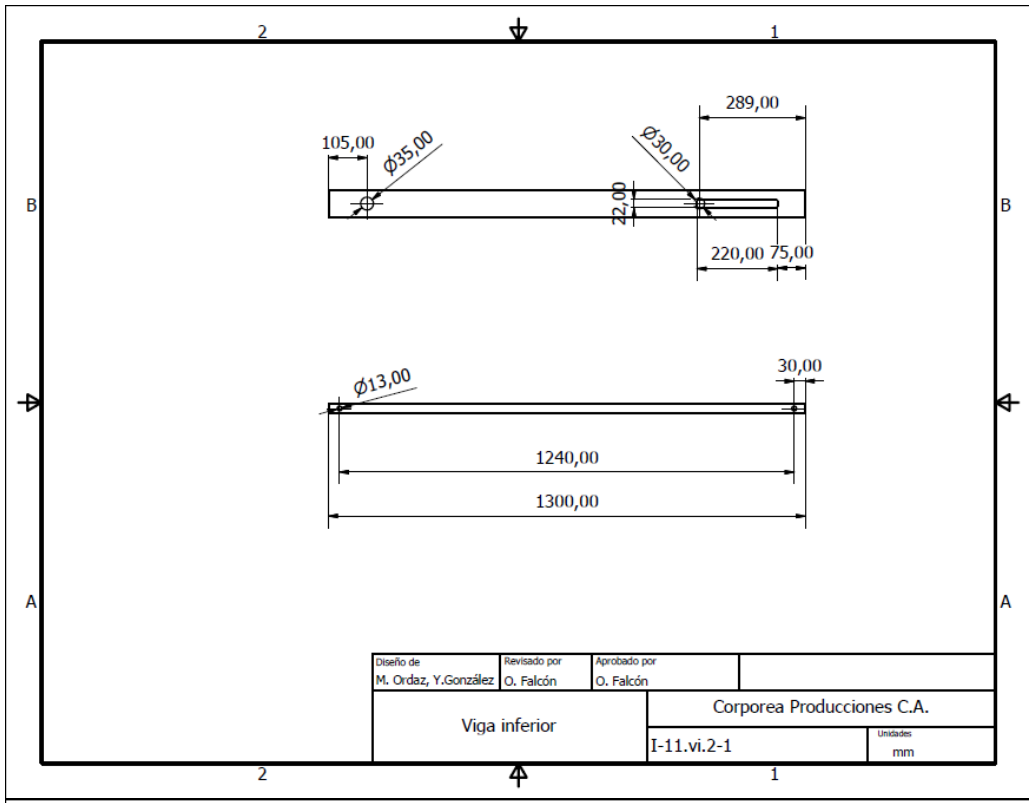
Ensamble inferior				
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	2	I-1.b.2	Subensamble barandas	
2	2	I-2.vs.2	Subensamble viga superior	
3	3	I-6.3	Eje transversal	Tubo IPS de aluminio 3/4" largo 564mm
4	4	I-5.p.4	Subensamble patas	
5	2	I-11.vi.2	Subensamble viga inferior	
6	2	I-17	Soporte lateral del actuador	Pletina HN 2"x3/16"x 180mm
7	1	I-12	Transversal sobre el que actua el actuador	Barra de acero 3/4" largo 401mm
8	1	I-14.ri-2.2	Subensamble riel inferior	
9	1	I-13	Actuador	
10	2	I-9	Base del manubrio	
11	1	I-9	Manubrio	
12	4	I-8.rs-2.2	Ruedas del riel	
13	1	I-8.rs	Subensamble riel superior	

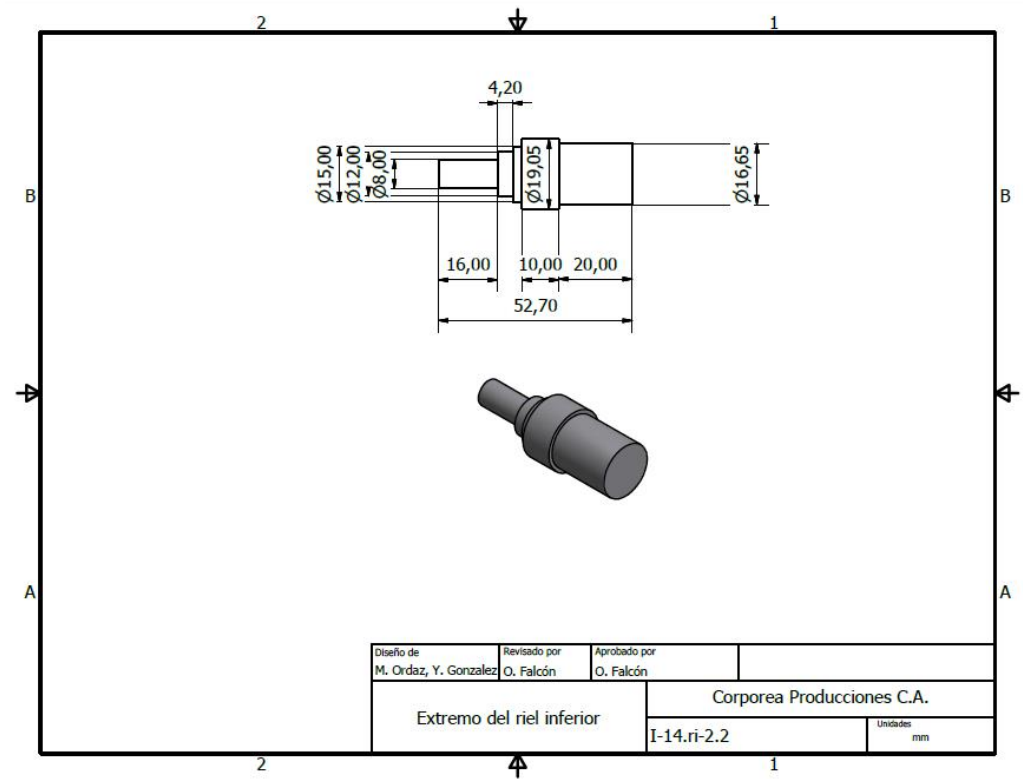
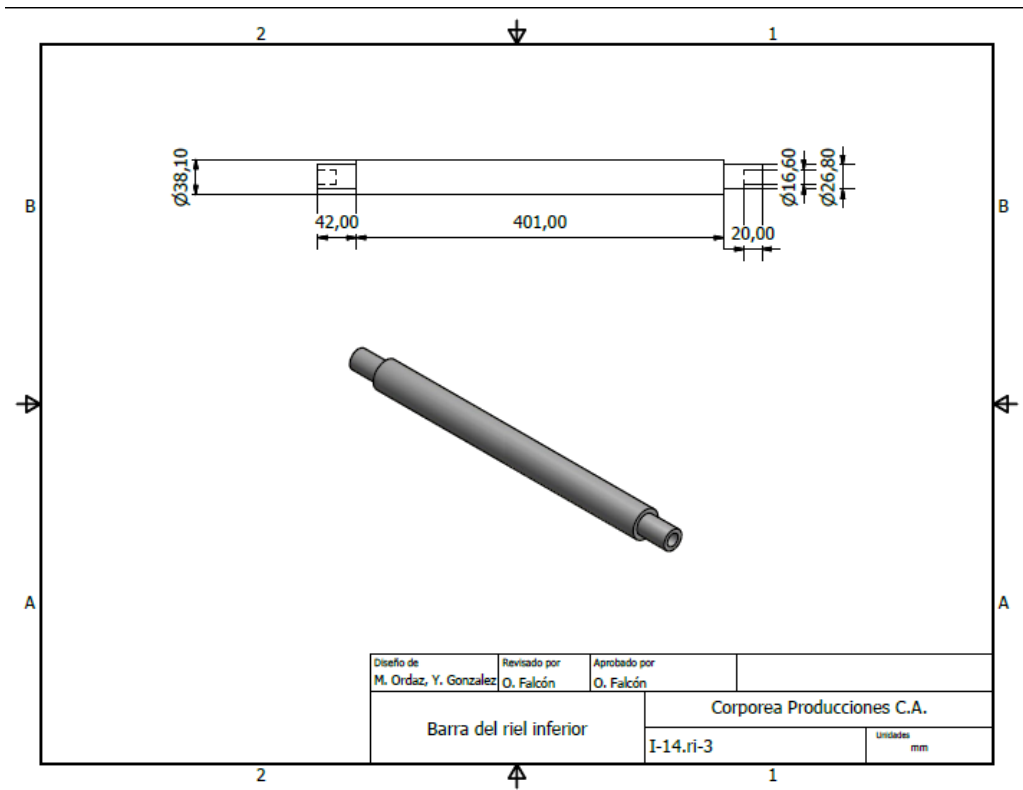


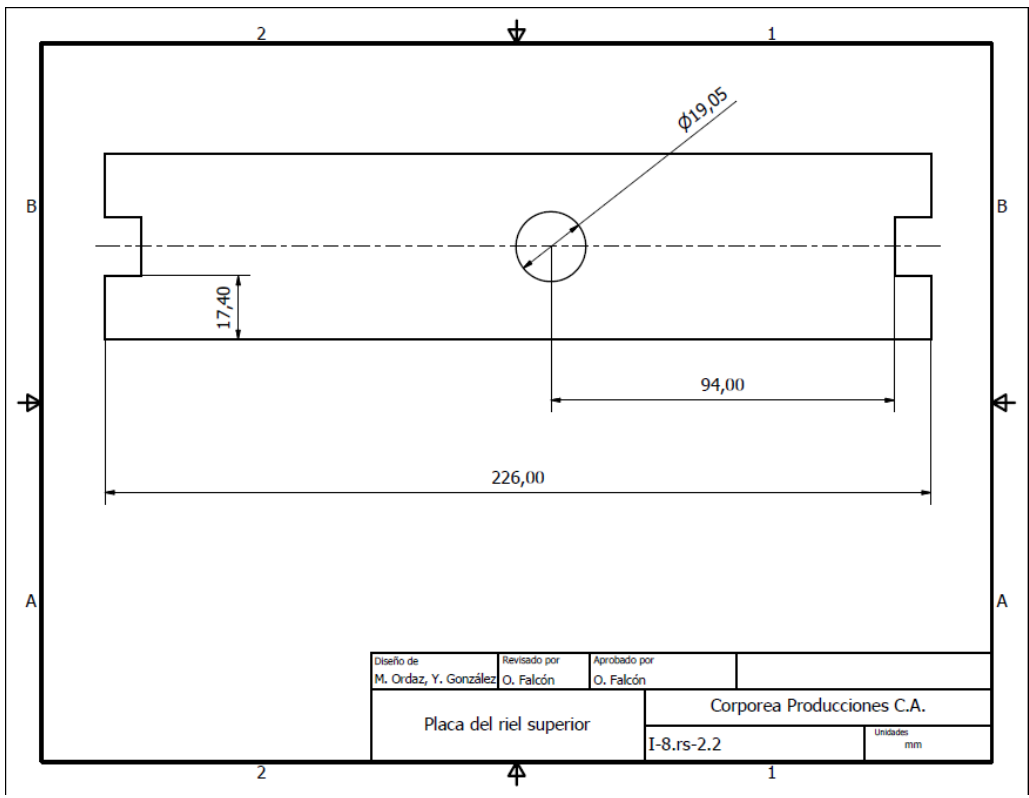
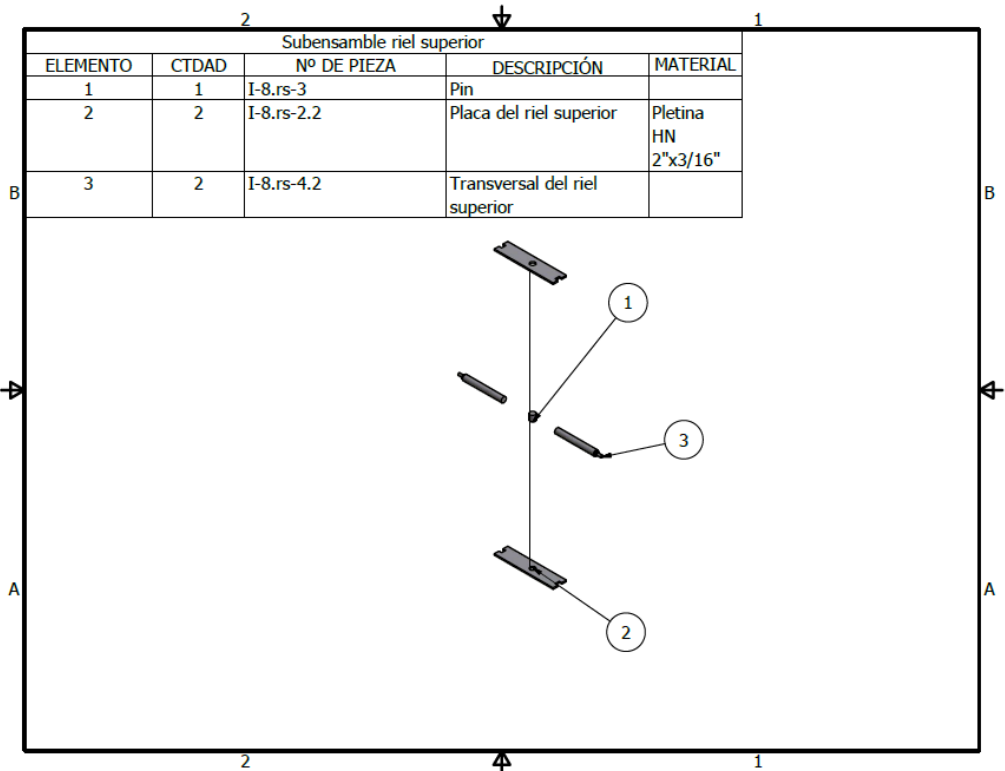


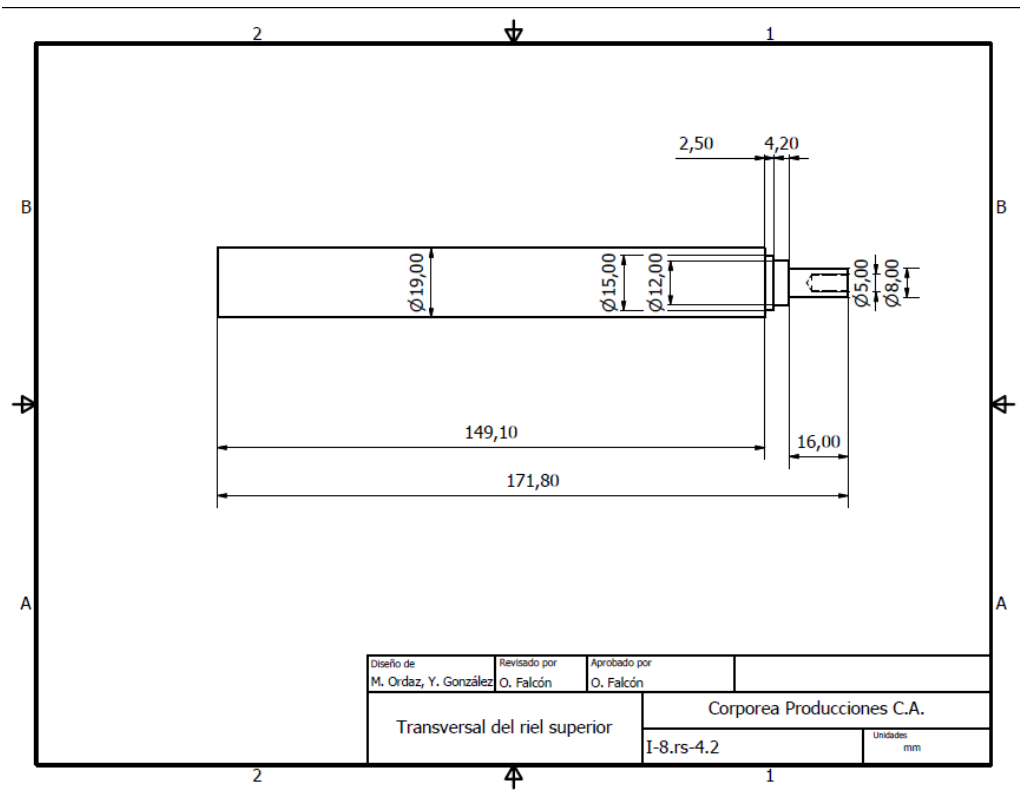












Imágenes reales del prototipo



Vista lateral derecha de la camilla



Detalle del tubo telescópico



Detalle del sistema para elevar los pies



Detalles del rotulado