

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA:**

**“CAMILLA ARTICULADA PARA MOVILIZACIÓN Y BIPEDESTACIÓN DE  
PACIENTES”**

**AUTOR: AMILCAR FABRICIO ANGAMARCA BURGOS**

**DIRECTOR: Ing. DAVID ALBERTO OJEDA PEÑA, PhD**

**Ibarra, Agosto 2018**

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100365217-7		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Angamarca Burgos Amilcar Fabricio		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Santa Rosa del Tejar – Ibarra - Imbabura		
<b>EMAIL:</b>	afangamarcab@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2 625 068	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0997750043

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	Camilla articulada para movilización y bipedestación de pacientes.
<b>AUTOR:</b>	Angamarca Burgos Amilcar Fabricio
<b>FECHA:</b>	03 de Agosto de 2018
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Mecatrónica
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. David Ojeda

## AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Amilcar Fabricio Angamarca Burgos con cédula de identidad Nro. 1003652177, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

### CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra, objeto de la presente autorización, es original y se la desarrolló sin violar derechos de autores de terceros, por lo tanto, la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 03 días de Agosto del 2018



Firma

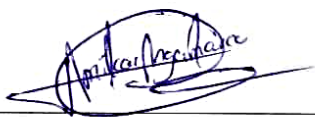
Nombre: Amilcar Fabricio Angamarca Burgos

Cédula: 100365217-7

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE****CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Amilcar Fabricio Angamarca Burgos, con cédula de identidad Nro. 1003652177, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: CAMILLA ARTICULADA PARA MOVILIZACIÓN Y BIPEDESTACIÓN DE PACIENTES, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 03 días del mes de agosto del 2017



Firma

Nombre: Amilcar Fabricio Angamarca Burgos

Cédula: 1003652177

## DECLARACIÓN

Yo, Amilcar Fabricio Angamarca Burgos, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte-Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



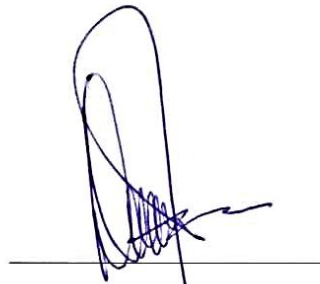
---

Nombre: Amilcar Fabricio Angamarca Burgos

Cédula: 1003652177

## CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: "CAMILLA ARTICULADA PARA MOVILIZACIÓN Y BIPEDESTACIÓN DE PACIENTES", certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Amilcar Fabricio Angamarca Burgos, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'D' followed by a series of loops and a horizontal line extending to the right.

Ing. David Ojeda, PhD

DIRECTOR DEL PROYECTO

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por la vida, por acompañarme en todo momento y darme la fortaleza necesaria para poder superar todas las dificultades que se presentan día a día.

A mis padres, hermanas, familiares y todas las personas que me ayudaron a lo largo de mi carrera para que este sueño se realice.

Al ingeniero David Ojeda por su importante y valiosa asesoría en el desarrollo del presente trabajo de grado.

De igual manera agradecer a la Universidad Técnica del Norte y a todos mis profesores, por el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su valioso tiempo, amistad y por todos los conocimientos compartidos.

Amilcar Angamarca

## **DEDICATORIA**

A mis padres Carlos Angamarca y Camila Burgos que son las personas más importantes para mí por los buenos valores que me han inculcado, por su apoyo incondicional durante toda mi vida y sobre todo por ser mi ejemplo de vida.

También a mis hermanas Cyntia y Ariela por brindarme su apoyo y siempre estar ahí en los buenos y malos momentos.

Amilcar Angamarca



## RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño de un nuevo prototipo de una camilla médica articulada que además de realizar los diferentes movimientos articulares en el somier también realiza el movimiento de la bipedestación y permite trasladar al paciente a diferentes ambientes. Este dispositivo se usa cuando una persona pasa la mayor parte del tiempo en una cama debido a una enfermedad, un traumatismo o una situación que lo conduzca a un estado de inmovilidad.

Para el desarrollo del nuevo prototipo se especifican las características de diseño considerando las necesidades del encargado de salud así como la función del dispositivo. El diseño mecánico se basa en un programa computacional que utiliza el Método de los Elementos Finitos (MEF) a fin de analizar los esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad de la estructura del aparato. Los resultados numéricos dan pie para realizar la selección de los diversos componentes de la camilla médica articulada como: material estructural, actuadores, tarjeta de control y demás componentes electrónicos.

Como resultado, el prototipo permite realizar los movimientos de: fowler, trendelenburg, flexión de rodillas, bipedestación, regulación de altura del somier en un rango de 70cm a 95cm y movilización del paciente a diferentes ambientes según sus necesidades.

Finalmente, se realizan las pruebas de validación del dispositivo obteniéndose resultados satisfactorios como una solución que beneficia a las personas que se encuentran en camas durante un largo tiempo.

## **ABSTRACT**

In this work we present the design of a new prototype of a stretcher medical articulated that make different articular movements in the slatted base and performs the movement of the standing; additionally, allows move the patient to different environments. This device is used when a person spends most of the time in a bed due to a disease, trauma or a situation that drive it to a state of immobility. For the development of the new prototype the design characteristics are specified considering the specifications of the health manager as well as the function of the device. The mechanical design is based on a computational program that uses the finite element method (FEM) in order to analyze the stresses, displacement and safety factors of the structure.

The numerical results give rise to make the selection of the various components of the medical table articulated as: structural material, actuators, control and other electronic components.

As a result, the prototype allows to perform the movements of: Fowler, Trendelemburg, knee bending, standing, height regulation of the base in a range of 70cm to 95cm and mobilization of the patient to different environments according to their needs.

Finally, the device's tests validation are performed obtaining satisfactory results as a solution that benefits the people who are in beds for a long time.

## TABLA DE CONTENIDO

### CONTENIDO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	i
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
TABLA DE CONTENIDO .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
INDICE DE TABLAS.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
ANTECEDENTES .....	2
JUSTIFICACIÓN.....	6
ALCANCE.....	7
CAPITULO 1 .....	8
1.1 TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LAS CAMILLAS PARA CUIDADOS INTENSIVOS.....	8
1.1.1 CAMILLAS BIPEDESTADORAS.....	8
1.1.2 CAMILLAS ARTICULADAS .....	10
1.2 SISTEMAS DE ELEVACION.....	11
1.2.1 SISTEMA DE ELEVACIÓN TIPO TIJERAS .....	12
1.2.2 SISTEMA DE ELEVACIÓN TIPO COLUMNA .....	12

1.2.3 SISTEMA DE ELEVACIÓN TIPO BARRAS EN PARALELO .....	13
1.3 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS CAMILLAS HOSPITALARIAS .....	14
1.4 CARACTERISTICAS ANTROPOMÉTRICAS .....	14
1.5 PESOS RELATIVOS DE LAS PARTES DEL CUERPO HUMANO .....	15
1.6 ACTUADOR LINEAL .....	15
1.7 BATERÍA .....	16
1.8 SISTEMAS DE CONTROL .....	17
1.8.1 SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO .....	17
1.8.2 SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO .....	17
1.9 TARJETA PROGRAMABLE ARDUINO .....	18
1.9.1 ARDUINO NANO .....	18
1.9.2 ARDUINO UNO .....	19
1.9.3 ARDUINO MEGA .....	20
1.10 SENSOR DE DISTANCIA ULTRASÓNICO HC-SR04 .....	21
1.11 RELÉ .....	22
1.12 ACERO ESTRUCTURAL .....	23
CAPITULO 2 .....	25
2.1 DEFICIENCIAS DEL PROTOTIPO ANTERIOR .....	25
2.2 CRITERIOS PARA EL NUEVO DISEÑO .....	25
2.3 DISEÑO MECÁNICO DE LA CAMILLA MÉDICA .....	25
2.4 DISEÑO ELECTRÓNICO DE LA CAMILLA MÉDICA .....	25
2.5 PLANOS .....	26
2.6 CONSTRUCCIÓN .....	26
2.7 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	26
CAPITULO 3 .....	27
3.1 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA A DISEÑAR .....	27

3.2 DIFERENTES SOLUCIONES.....	27
3.3 SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN .....	27
3.4 MODELO DE CAMILLA MÉDICA ARTICULADA .....	29
3.5 DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE.....	29
3.6 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS.....	33
3.6.1 MALLADO.....	33
3.6.2 ANÁLISIS DE CONVERGENCIA.....	34
3.6.3 ESFUERZOS MÁXIMOS .....	37
3.6.4 DESPLAZAMIENTOS.....	40
3.6.5 FACTOR DE SEGURIDAD.....	43
3.7 DISEÑO ELECTRÓNICO .....	46
3.7.1 SELECCIÓN DEL ACTUADOR LINEAL .....	46
3.7.2 SELECCIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL.....	46
3.7.3 SISTEMA DE CONTROL DEL PROTOTIPO.....	47
3.7.4 DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL .....	48
3.7.5 DISEÑO DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA.....	49
3.8 ANALISIS DE COSTOS DEL PROYECTO.....	49
3.8.1 COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN DEL DISPOSITIVO .....	49
3.8.2 COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN .....	50
3.8.3 COSTO TOTAL.....	50
3.9 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y VALIDACIÓN.....	51
CAPÍTULO 4 .....	54
4.1 CONCLUSIONES .....	54
4.2 RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS .....	56
ANEXOS.....	59
MANUAL DE USO.....	68

DESCRIPCIÓN Y SUGERENCIAS PARA EL DISPOSITIVO MÉDICO .....	68
DATOS TÉCNICOS .....	69
MONTAJE DEL DISPOSITIVO .....	69
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FUNCIONAMIENTO .....	70
MANUAL DE MANTENIMIENTO .....	72
PLANOS .....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CAMILLA PARA MOVILIZACIÓN Y BIPEDESTACIÓN DE PACIENTES.....	3
FIGURA 2. CAMA PARA CUIDADOS INTENSIVOS .....	3
FIGURA 3. CAMILLA ARTICULADA PARA CLÍNICAS.....	4
FIGURA 4. CAMILLA MULTIFUNCIÓN ARTICULADA TRANSFORMABLE.....	4
FIGURA 5. CAMILLA ARTICULADA Y PLEGABLE PARA TRATAMIENTOS CORPORALES .....	5
FIGURA 6. CAMA MÉDICA FABRICADA POR WISSNER-BOSSERHOFF. ....	5
FIGURA 7. CAMA MÉDICA FABRICADA POR LIKAMED. ....	6
FIGURA 1.1. CAMILLA BIPEDESTADORA MANUAL.....	9
FIGURA 1.2. CAMILLA BIPEDESTADORA ELÉCTRICA .....	9
FIGURA 1.3. CAMILLA ARTICULADA CON MANIVELA .....	11
FIGURA 1.4. CAMILLA ARTICULADA ELÉCTRICA .....	11
FIGURA 1.5. CAMILLA ELEVACIÓN TIPO TIJERA .....	12
FIGURA 1.6. CAMILLA ELEVACIÓN TIPO COLUMNA. ....	13
FIGURA 1.7. CAMILLA ELEVACIÓN CON BARRAS EN PARALELO .....	13
FIGURA 1.8. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS .....	14
FIGURA 1.9. ACTUADOR LINEAL ELÉCTRICO LINAK. ....	16
FIGURA 1.10. BATERÍA CONVENCIONAL (ÁCIDO-PLOMO).....	16
FIGURA 1.11. SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO.....	17
FIGURA 1.12. SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO.....	18

FIGURA 1.13. SENSOR ULTRASÓNICO DE DISTANCIA HC-SR04 .....	22
FIGURA 1.14. RELÉ .....	23
FIGURA 3.1. MODELO CAD DE CAMILLA MÉDICA ARTICULADA EN BIPEDESTACIÓN.....	28
FIGURA 3.2. MODELO CAD DE CAMILLA MÉDICA ARTICULADA. ....	29
FIGURA 3.3. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE, ESPALDAR.....	30
FIGURA 3.4. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE, TIJERAS. ....	31
FIGURA 3.5. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE, REPOSAPIÉS. ....	31
FIGURA 3.6. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE, BASE. ....	32
FIGURA 3.7. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE, BASE DESLIZANTE.....	33
FIGURA 3.8. MALLADO DE LAS TIJERAS.....	34
FIGURA 3.9. ESFUERZO MÁXIMO, BASE.....	37
FIGURA 3.10. ESFUERZO MÁXIMO, BASE DESLIZANTE. ....	38
FIGURA 3.11. ESFUERZO MÁXIMO, ESPALDAR. ....	38
FIGURA 3.12. ESFUERZO MÁXIMO, REPOSAPIÉS. ....	39
FIGURA 3.13. ESFUERZO MÁXIMO, TIJERAS. ....	40
FIGURA 3.14. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO, BASE.....	40
FIGURA 3.15. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO, BASE DESLIZANTE. ....	41
FIGURA 3.16. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO, ESPALDAR. ....	41
FIGURA 3.17. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO, REPOSAPIÉS.....	42
FIGURA 3.18. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO, TIJERAS.....	42
FIGURA 3.19. FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO, BASE. ....	43
FIGURA 3.20. FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO, BASE DESLIZANTE.....	44
FIGURA 3.21. FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO, ESPALDAR.....	44
FIGURA 3.22. FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO, REPOSAPIÉS.....	45
FIGURA 3.23. FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO, TIJERAS.....	45
FIGURA 3.24. TARJETA ARDUINO MEGA.....	47
FIGURA 3.25. DIAGRAMA DE BLOQUES LAZO CERRADO.....	48
FIGURA 3.26. DISEÑO ELECTRÓNICO DE CONTROL.....	48
FIGURA 3.27. DISEÑO ELECTRÓNICO DE POTENCIA.....	49
FIGURA 3.28. CAMILLA MÉDICA EN LA POSICIÓN BÍPEDA.....	51
FIGURA 3.29. CAMILLA MÉDICA EN LA POSICIÓN DECÚBITO SUPINO. ....	52
FIGURA 3.30. CAMILLA MÉDICA EN LA POSICIÓN FOWLER.....	52

FIGURA 3.31. CAMILLA MÉDICA EN LA POSICIÓN FLEXIÓN DE RODILLAS. .....	53
FIGURA 3.32. CAMILLA MÉDICA EN LA POSICIÓN TRENDELEMBURG.....	53

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACCIONAMIENTO DE CAMILLAS PARA BIPEDESTACIÓN.....	10
TABLA 1.2. PESOS RELATIVOS DE LAS PARTES DEL CUERPO HUMANO ....	15
TABLA 1.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ARDUINO NANO.....	19
TABLA 1.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ARDUINO UNO.....	20
TABLA 1.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ARDUINO MEGA .....	21
TABLA 1.6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SENSOR HC-SR04 .....	22
TABLA 1.7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL RELÉ.....	23
TABLA 1.8. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO ASTM A500 Y ASTM A36 .....	24
TABLA 3.1. ESFUERZO MÁXIMO DE LA BASE.....	35
TABLA 3.2. ESFUERZO MÁXIMO DE LA BASE DESLIZANTE. ....	35
TABLA 3.3. ESFUERZO MÁXIMO DEL ESPALDAR. ....	36
TABLA 3.4. ESFUERZO MÁXIMO DEL REPOSAPIÉS. ....	36
TABLA 3.5. ESFUERZO MÁXIMO DE LAS TIJERAS. ....	37
TABLA 3.6. ANÁLISIS DE LOS ACTUADORES LINEALES.....	46
TABLA 3.7. ANÁLISIS DE LAS TARJETAS ARDUINO.....	47
TABLA 3.8. COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN. ....	50
TABLA 3.9. COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN. ....	50
TABLA 3.10. COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN. ....	50



# INTRODUCCIÓN

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La pérdida de la función muscular se presenta cuando un músculo no trabaja y tampoco se mueve normalmente, esto puede ser causado por: Una enfermedad del músculo en sí (miopatía), una enfermedad del área en la que se encuentran el músculo y el nervio (unión neuromuscular), una enfermedad o un accidente que afecta al sistema nervioso (MedlinePlus, s.f.).

Por lo tanto la persona afectada está obligada a pasar largos períodos de tiempo en una sola posición, por lo que es importante que haga uso de un dispositivo el cual le permita desplazarse o cambiar de posición cada cierto tiempo.

Cuando una persona está postrada en una cama, el peso del cuerpo ejerce presión sobre la piel que se encuentra entre los huesos y el colchón. Esto puede provocar: La disminución o la obstrucción de la circulación sanguínea hacia el tejido cutáneo, la falta de aporte de oxígeno hacia la piel. Debido a esto se presentan problemas como las úlceras por presión o escaras y roturas en la piel (Fisioterapia para todos , s.f.).

En la Universidad Técnica del Norte se construye un primer prototipo de camilla para movilización y cambio de posición, desarrollado por Carvajal (Carvajal Flores, 2016), que a pesar de que dicho dispositivo se encuentra funcional de acuerdo a su diseño y requerimientos, tiene algunos aspectos que pueden optimizarse. El diseño que se implementa en este dispositivo tiene medidas que son realmente robustas, lo que dificulta la movilización en caso de ser necesario. Por otro lado el sistema de sujeción implementado que es necesario para la bipedestación del paciente se considera que se puede mejorar así como también el sistema de control que tiene la camilla. En general, la camilla se puede optimizar para ampliar su alcance y brindar una mejor atención a los pacientes que necesitan este tipo de terapias.

Por otra parte debido al precio de este tipo de camillas en el país y en el extranjero, los ecuatorianos que se encuentran sin movilidad total o parcial de su cuerpo y que necesitan este tipo de terapias no pueden acceder fácilmente a tener una de estas, ya que su precio es elevado para la economía de los ecuatorianos.

Para solucionar los problemas mencionados, se propone realizar un nuevo prototipo de camilla para movilización y cambio de posición de pacientes con materiales menos robustos y de fácil acceso en el medio para así obtener una camilla de más bajo costo en comparación con las camillas ya existentes. Sus dimensiones deben estar acorde a las medidas antropométricas del usuario y también brindar seguridad e higiene en el ambiente que se encuentre el paciente. El peso de la camilla tiene que ser lo más liviano posible para poder movilizar al paciente de un ambiente a otro con mayor facilidad. Todo esto, con el fin de brindar confiabilidad, comodidad y satisfacción al paciente y al responsable encargado de salud.

### **OBJETIVO GENERAL**

Implementar una camilla médica articulada para movilización y bipedestación de pacientes.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los criterios y lineamientos para el diseño del dispositivo.
- Rediseñar la camilla articulada que garantice seguridad y dimensionamiento.
- Construir una camilla articulada a partir del diseño realizado.
- Efectuar pruebas de funcionamiento.

### **ANTECEDENTES**

Con la finalidad de implementar un nuevo diseño de prototipo de camilla médica, se realiza una investigación de los diferentes trabajos desarrollados, los cuales sirven como base para el desarrollo del nuevo diseño de la camilla médica.

En la Universidad Técnica del Norte, se construye un primer prototipo de camilla médica, éste permite al paciente de escasa movilidad de su cuerpo moverse y cambiar de posición cuando sea necesario para evitar las escaras en distintas partes de apoyo de su cuerpo que están en contacto con el colchón, en el prototipo desarrollado por Carvajal (Carvajal Flores, 2016), se implementa un diseño mecánico bastante robusto, para realizar la bipedestación un sistema de sujeción como los cinturones de seguridad que se utilizan en los vehículos y un sistema de control para realizar los diferentes movimientos, como se observa en la figura (1). A partir de este trabajo se continúa con la investigación para

el desarrollo de un nuevo prototipo, el nuevo diseño se realiza debido a que el primer prototipo presenta algunos parámetros de diseño mecánico y de control que pueden ser optimizados para brindar una mejor atención a los pacientes que lo requieren y así logren tener un mejor estilo de vida.



*Figura 1. Camilla para movilización y bipedestación de pacientes (Carvajal Flores, 2016).*

En el trabajo que presenta Cevallos (Cevallos Arroyo, 2010), se realiza un rediseño mecánico y de control de una cama de cuidados intensivos, el cual puede realizar diferentes movimientos para dar movilidad al paciente, como se muestra en la figura (2). Esta cama no se implementa el movimiento para hacer la bipedestación al paciente.



*Figura 2. Cama para cuidados intensivos (Cevallos Arroyo, 2010).*

Otro tipo de camilla es la que se muestra en la figura 3, se caracteriza por que el bastidor inferior (1), se encuentra apoyado sobre ruedas de transporte en el que van montados dos motores eléctricos lineales (2), cuyos husillos accionan independientemente sendas articulaciones compuestas por los grupos de palancas y bielas (A) y (B) mediante las que se logra la elevación y descenso de otro bastidor superior (3),

esta camilla realiza múltiples movimientos a excepción de la bipedestación (España Patente nº 1028256, 1994).

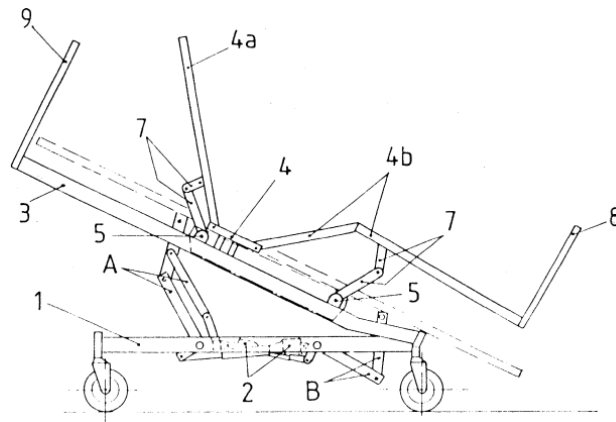


Figura 3. Camilla articulada para clínicas (España Patente nº 1028256, 1994).

La siguiente es una camilla multifunción, la cual se diseña para brindar descanso y soporte de aseo para el paciente, cuenta con dispositivos acoplados entre sí mecánicamente, mediante los cuales, la camilla se traslada en una silla y también se adapta sobre un lecho horizontal (España Patente nº 1048125, 2001). En la figura 4 se muestra la vista frontal de la camilla, ésta se convierte en silla, cuando el pistón (27) desciende según (C) y todos los movimientos que realiza se realizan mediante un dispositivo de control (25).

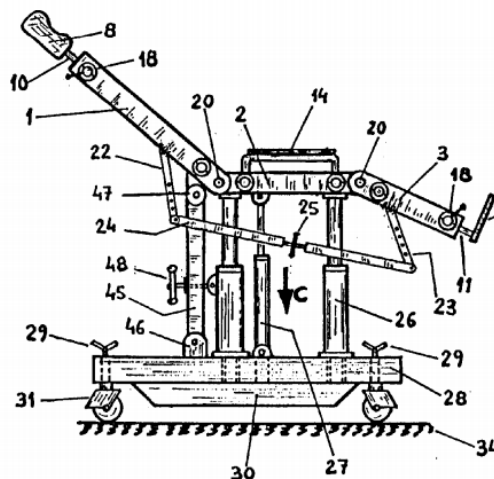
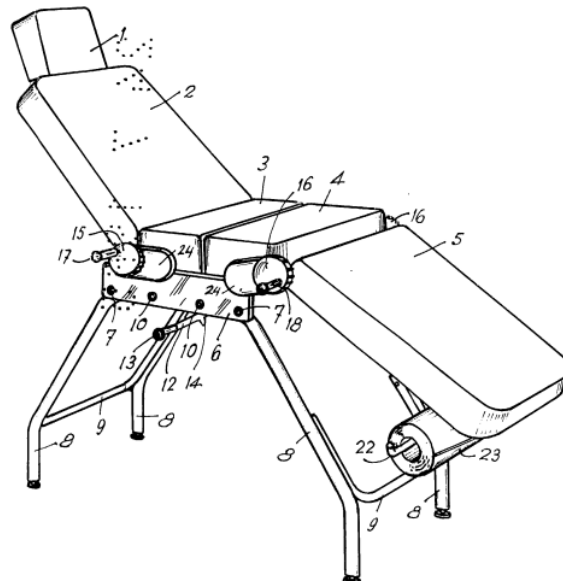


Figura 4. Camilla multifunción articulada transformable (España Patente nº 1048125, 2001).

La figura 5 es modelo que se refiere a una nueva camilla que se destina a tratamientos corporales diversos, especialmente de belleza, estética y corrección, dicha

camilla ofrece varias ventajas. Ésta camilla se caracteriza por su gran movilidad, y gracias a unos juegos de articulaciones en todas las partes fundamentales, articulaciones que hace posible un plegado total en el momento del no uso de la aludida camilla (España Patente nº 288342, 1985).



*Figura 5. Camilla articulada y plegable para tratamientos corporales (España Patente nº 288342, 1985).*

También hay diferentes empresas europeas como WISSNER-BOSSERHOFF, LIKAMED, SOMIMANCHA entre otras que se dedican al diseño y construcción de camas médicas como las que se muestran en la figura 6 y figura 7, De la misma manera que el anterior trabajo que se presenta, sirven para dar movilidad al paciente y cambiar de posición y evitar las úlceras por presión, pero con una característica particular, que todos estos diseños no hacen el movimiento de la bipedestación.



*Figura 6. Cama médica fabricada por WISSNER-BOSSERHOFF.*



*Figura 7. Cama médica fabricada por LiKAMED.*

## **JUSTIFICACIÓN**

Los problemas que se presentan cuando una persona tiene limitada total o parcialmente la posibilidad de moverse por sí solos son las escaras o también llamadas úlceras por presión ya que obliga al paciente a permanecer acostado o a estar en una sola posición durante largos periodos de tiempo (Matínez López, 2008).

Para evitar el problema de las escaras y lograr una pronta recuperación en pacientes encamados es necesario contar con equipos médicos adecuados y para esto la Universidad Técnica del Norte cuenta con una camilla para movilización y cambio de posición para pacientes que requieran este tipo de terapias.

El dispositivo existente requiere de un rediseño para ampliar su alcance y de ésta manera mejorar su funcionalidad y ampliar su impacto ya que según el punto de vista profesional de los docentes de la carrera de terapia física médica de la Universidad Técnica del Norte, es una necesidad de los terapeutas contar con una camilla articulada para los pacientes, la cual sea diseñada y construida bajo ciertas normas estandarizadas ya que de esta manera ayuda a mejorar las condiciones en la atención médica de pacientes que lo requieran.

El uso de este tipo de camillas, favorece al paciente, porque su recuperación será en un dispositivo confiable y así lograr la movilidad temprana, esto también contribuye a mejorar su calidad de vida.

Con el diseño y la construcción de este tipo de camillas se genera tecnología, por lo que se aprovecha la materia prima existente en el medio, lo cual provoca la reducción de los costos de fabricación y mayor accesibilidad al producto.

## **ALCANCE**

El nuevo prototipo debe superar las deficiencias que se encuentran en el prototipo anterior que realiza Carvajal (Carvajal Flores, 2016), el cual permita ajustarse a lo que el paciente y el encargado de salud lo requieran. Los materiales que se seleccionen deben ser los adecuados, los cuales garanticen un cómodo desplazamiento y movilidad de la camilla médica por parte del personal de salud.

Los actuadores de la camilla médica se deben seleccionar de acuerdo a un estudio, para la realización de los diferentes movimientos de la camilla y la bipedestación. El equipo médico se debe regir a ciertas normas las cuales garantizan los requisitos particulares para la seguridad básica y funcionamiento esencial de las camas de hospital.

El equipo médico debe estar bajo un estándar de las características antropométricas de la población latinoamericana, que según una investigación de la Universidad de Guadalajara señala que la estatura máxima equivalente entre personas de 18 a 30 años es de 1,82 m de estatura, y una masa corporal máxima de 87 kg aproximadamente (Ávila Chaurand, Prado León, & González Muños, 2007).

Con el nuevo diseño, también se propone un sistema de sujeción adecuado para cuando el paciente se encuentre en posición bípeda no pierda contacto con la camilla y permanezca el tiempo que sea necesario.

Los pacientes podrán realizar los siguientes movimientos en la camilla: decúbito supino o dorsal, posición fowler, posición de trendelenburg, flexión de rodillas, regulación de altura, bipedestación y movilización del paciente a diferentes ambientes de superficie plana según sus necesidades. La camilla médica también debe tener un dispositivo de control electrónico desde donde el empleado de salud puede controlar la posición que desea de la camilla articulada.

## **CAPITULO 1**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LAS CAMILLAS PARA CUIDADOS INTENSIVOS**

Las camillas médicas para las personas que requieren cuidados intensivos deben cumplir con ciertos requerimientos de acuerdo a la necesidad del paciente, y deben ser de fácil uso para el encargado de salud, por este motivo es importante elegir correctamente una camilla que se adapte a las necesidades del paciente.

Tener en cuenta que el encargado de la salud del paciente debe conocer perfectamente el uso del dispositivo médico, las patologías y la evolución de la recuperación.

Las diferentes posiciones que se logran a través de la automatización de las posiciones de la cama, ayudan a tratar diversos padecimientos y lesiones que se presenten en el paciente, se logra facilitar el trabajo de las personas encargadas del cuidado del paciente, así como evitar lesiones que se generan por movimientos bruscos (Cevallos Arroyo, 2010).

Para el tipo de terapia que necesita el paciente para su recuperación o a su vez tener un mejor estilo de vida existen básicamente dos tipos de camillas: camillas bipedestadoras y camillas articuladas.

##### **1.1.1 CAMILLAS BIPEDESTADORAS**

En la actualidad existen camillas que son accionadas de distinta forma, las que son accionadas mediante manivela (ver figura 1.1) y las camillas eléctricas que son accionadas mediante actuadores (ver figura 1.2). Se utilizan para la bipedestación y movilización temprana de pacientes; estos equipos son utilizados para mejorar la calidad de vida del paciente y favorecer el trabajo de los terapeutas. Pueden variar en forma, tamaño, tipo de accionamiento y a su vez presentar diferentes funciones (Carvajal Flores, 2016).





*Figura 1.1. Camilla bipedestadora manual (Nueva, 2015).*



*Figura 1.2. Camilla bipedestadora eléctrica (Nueva, 2015).*

De preferencia se requiere que las camillas médicas sean eléctricas, mediante la activación o desactivación de actuadores (ver figura 1.2), esto evita que el encargado de salud tenga que realizar demasiado esfuerzo físico lo cual con el pasar del tiempo afecta a su salud. Por lo tanto es necesario tener un equipo médico apropiado para este tipo de terapias y así ofrecer una mejor atención al paciente.

Hay camillas hospitalarias para la rehabilitación de los pacientes que pueden ser manuales o eléctricas que se accionan mediante actuadores, las cuales tienen sus respectivas ventajas y desventajas. En la tabla 1.1 se detallan las principales.

Tabla 1.1. Ventajas y desventajas del accionamiento de camillas para bipedestación (Carvajal Flores, 2016).

CAMILLAS HOSPITALARIAS		
Tipo de accionamiento	Ventajas	Desventajas
Accionamiento manual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se necesita una fuente externa de energía.</li> <li>• Menos sistemas a los cuales dar mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los empleados de salud pueden sufrir lesiones por el esfuerzo que realizan al accionar el mecanismo por su propia fuerza.</li> <li>• No se puede controlar con rapidez y eficacia el correcto posicionamiento de la camilla.</li> </ul>
Accionamiento mediante actuador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pueden controlar con precisión las diferentes posiciones que puede adoptar la camilla.</li> <li>• El empleado de salud no realiza esfuerzo físico para manipular la camilla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con más sistemas que necesitan mantenimiento.</li> <li>• El costo es mayor</li> </ul>

### 1.1.2 CAMILLAS ARTICULADAS

Hay camas hospitalarias articuladas que se manipulan mediante una manivela (ver figura 1.3) y también hay camillas eléctricas que se accionan por actuadores (ver figura 1.4) para hacer el cambio de posición y movilización del paciente, además debe congregarse una serie de características que posibiliten, por un lado, que el paciente se encuentre lo más cómodo posible, y por otro, que el personal auxiliar y sanitario pueda manejarse con facilidad (Ramírez Plaza, 2007). Las ventajas y desventajas por su tipo de accionamiento

de las camillas articuladas manuales y eléctricas son las mismas que las camillas para bipedestación (ver tabla 11.).



*Figura 1.3. Camilla articulada con manivela (Ramírez Plaza, 2007).*



*Figura 1.4. Camilla articulada eléctrica (Ramírez Plaza, 2007).*

Se puede conjugar en una misma camilla, la bipedestación y los movimientos articulares de las extremidades del paciente; esta integración genera beneficios en la movilidad y traslado del mismo. En el mercado existe poca oferta de este tipo de camillas y su costo es muy superior a las camillas bipedestadoras normales (Carvajal Flores, 2016).

## **1.2 SISTEMAS DE ELEVACION**

Hay diversos sistemas de elevación que permiten realizar una variación en la altura de una estructura determinada de la cual son parte. Se utilizan en gran medida en aplicaciones hospitalarias en las que se debe tener control sobre la altura de los pacientes para beneficio de estos y de los empleados de salud que se encargan de su cuidado y tratamiento (Carvajal Flores, 2016). Entre los principales se encuentran los siguientes:

### 1.2.1 SISTEMA DE ELEVACIÓN TIPO TIJERAS

El sistema de elevación tipo tijeras se forma por un mecanismo que utiliza barras articuladas para desplazarse, variando así la altura de la superficie que se encuentra sobre el sistema (Carvajal Flores, 2016). Para el funcionamiento del sistema de elevación tipo tijeras es necesario un solo actuador, como se muestra en la figura 1.5.



*Figura 1.5. Camilla elevación tipo tijera (Salud, s.f.).*

### 1.2.2 SISTEMA DE ELEVACIÓN TIPO COLUMNA

Las columnas de elevación son sistemas que permiten el control de la altura de una superficie que se encuentra sobre ellas. Están formadas por una estructura telescópica la cual a través de la acción de uno o varios actuadores lineales se eleva o desciende de acuerdo a las necesidades de su operador (Carvajal Flores, 2016). En la figura 1.6 se puede apreciar una camilla de tres cuerpos la cual cuenta con una columna de elevación para el control de su altura.



*Figura 1.6. Camilla elevación tipo columna (Tema, s.f.).*

### **1.2.3 SISTEMA DE ELEVACIÓN TIPO BARRAS EN PARALELO**

En este sistema de elevación, está formado por una estructura que cuenta con barras instaladas en paralelo entre la base y la superficie de la camilla (Carvajal Flores, 2016). Como se muestra la figura 1.7, el actuador ejerce la fuerza solamente sobre las barras de un extremo y las otras copian su movimiento al tener las mismas dimensiones.



*Figura 1.7. Camilla elevación con barras en paralelo (exámen, s.f.).*

### 1.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CAMILLAS HOSPITALARIAS

La geometría de las camillas hospitalarias puede variar de acuerdo a las medidas antropométricas de la población, pero deben estar enmarcadas dentro de una norma como la NBE-CPI/96 para garantizar su uso. Ésta norma indica que para uso hospitalario que la anchura libre en puertas de habitaciones, pasos y salidas será 1,05m mínimo. La anchura de cada hoja es 1,20 m. máximo.

Entonces las dimensiones de la cama deben ser:

- 90-105 cm de anchura.
- 190-200 cm de longitud.
- 70 cm de altura (sin colchón) (Pérez de la Plaza & Fernández Espinoza, 2011).

### 1.4 CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS

La Antropometría es la que se encarga de estudiar las dimensiones corporales de las personas, de acuerdo con las características de los grupos poblacionales (Ávila Chaurand, Prado León, & González Muños, 2007). Como se puede observar en la figura 1.8.

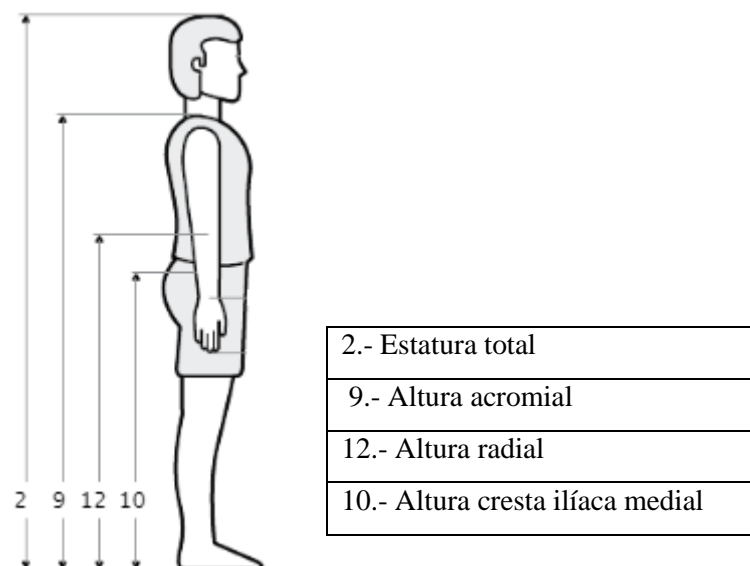


Figura 1.8. Medidas antropométricas (Ávila Chaurand, Prado León, & González Muños, 2007).

## 1.5 PESOS RELATIVOS DE LAS PARTES DEL CUERPO HUMANO

El peso relativo de cada parte del cuerpo humano, con relación al peso corporal total, se refleja en la tabla 1.2

*Tabla 1.2. Pesos relativos de las partes del cuerpo humano (Cabrera L. R., 2013).*

PARTE DEL CUERPO	Según FISCHER	Según BERNSHTEIN		Datos redondeados %
		hombre	mujer	
Cabeza	0,0706	0,0672	0,0812	7
Tronco	0,4270	0,4630	0,4390	43
Muslo	0,1158	0,1221	0,1289	12
Pierna	0,0527	0,0465	0,0438	5
Pie	0,0179	0,0146	0,0120	2
Brazo	0,0336	0,0265	0,0260	3
Antebrazo	0,0228	0,0182	0,0182	2
Mano	0,0084	0,0070	0,0055	1
Todo el cuerpo	1,0000	1,0000	1,0000	100

En la investigación de la tabla 1.2, se observa que el peso del tronco y sus valores relativos en hombres y mujeres, representa el 43%; sumando el peso relativo de la cabeza, se comprueba que el peso total del segmento suma el 50%. Lo que representa que el bloque central del tronco junto con la cabeza equivale a más de la mitad del sistema (Cabrera L. R., 2013).

## 1.6 ACTUADOR LINEAL

Un actuador lineal es un dispositivo que convierte el movimiento de rotación de un motor de corriente continua de baja tensión en movimiento lineal, es decir, los movimientos de empuje y halado (LINAK, s.f.). Con un actuador lineal eléctrico es posible elevar, ajustar, inclinar, empujar o halar objetos pesados o difíciles de alcanzar con sólo pulsar un botón. Adicionalmente, los actuadores ofrecen seguridad, movimiento silencioso, limpio y un control preciso (Pineda Vaca, 2016). El actuador lineal eléctrico que se fabrican en la empresa LINAK consta básicamente de tres partes principales que son: un motor, un engranaje y una rosca de eje que incluye una tuerca (ver figura 1.9).



Figura 1.9. Actuador lineal eléctrico LINAK. (LINAK, s.f.).

## 1.7 BATERÍA

La batería es un elemento fundamental, es la fuente de energía de todos los sistemas eléctricos. La batería convencional que más se utiliza es la de ácido – plomo la cual genera 12v, como se muestra en la figura 1.10. Los tres datos más importantes en los que se debe fijar son: Capacidad nominal (Ah), potencia de arranque(A) y voltaje (V), (CATSA, Amigos del motor CATSA, 2012).

**Capacidad nominal:** Cantidad de energía que puede suministrar la batería cuando está completamente cargada en un periodo de tiempo determinado.

**Potencia de arranque:** Capacidad de la batería para ofrecer un pico energía cuando sea necesario, normalmente en el arranque.

**Voltaje:** Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

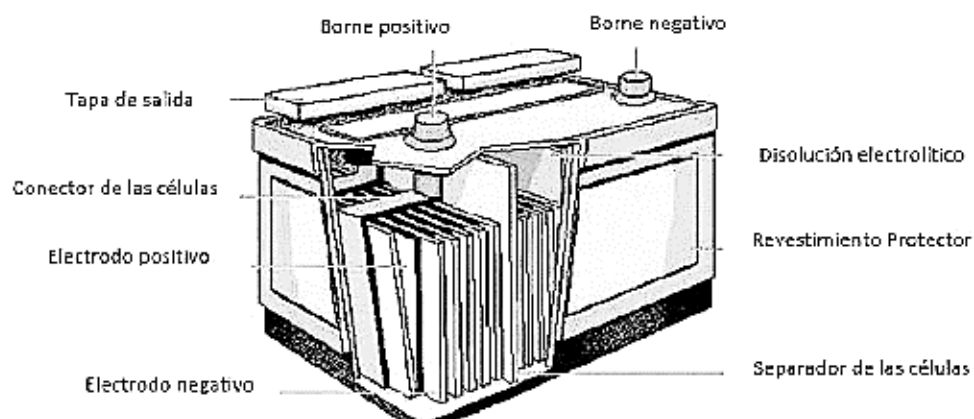


Figura 1.10. Batería convencional (ácido-plomo) (CATSA, Amigos del motor CATSA, 2012)



## 1.8 SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos que permiten manejar el comportamiento de un sistema, según los requerimientos, reduciendo sus fallas e indicando que trabaje de forma deseada (Conterón Carranco, 2016).

### 1.8.1 SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO

Este tipo de sistemas son aquellos en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control es decir el sistema de control en lazo abierto no mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas (Ogata, Ingeniería de control moderna, 2010), como se muestra en la figura 1.11.

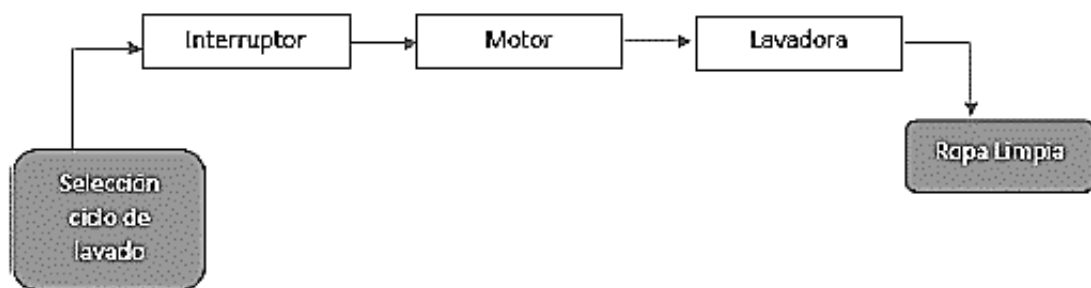


Figura 1.11. Sistema de control en lazo abierto (Pineda Vaca, 2016).

### 1.8.2 SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO

Estos sistemas son aquellos que se realimentan. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación, con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema (Ogata, Ingeniería de control moderna, 2010), se puede observar en la figura 1.12.

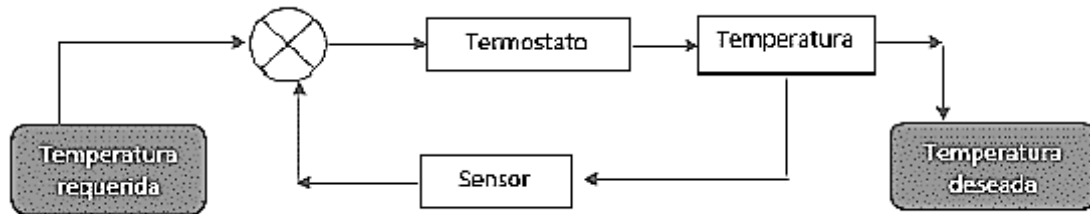


Figura 1.12. Sistema de control en lazo cerrado (Pineda Vaca, 2016).

## 1.9 TARJETA PROGRAMABLE ARDUINO

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) que se basa en hardware y software, son flexibles y fáciles de usar. Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo con Flash, Processing, MaxMSP, etc.) (ARDUINO, ARDUINO.cl, s.f.).

Para el correcto funcionamiento del control de la camilla médica es necesario que la tarjeta controladora arduino tenga los suficientes pines, para que los criterios que se presentan a continuación se cumplan.

- Visualización de una pantalla LCD 16x2.
- Entradas para seis sensores de distancia.
- Salidas hacia los canales de los módulos relés para el control los diferentes actuadores que realizan las diferentes posiciones.
- Entradas de las señales de los diferentes pulsadores.
- Mediante los criterios anteriores se analiza las posibles tarjetas arduino para su implementación.

### 1.9.1 ARDUINO NANO

El Arduino Nano es placa pequeña, completa y compatible con ATmega328 (Arduino Nano 3.x). Su funcionalidad es parecida al Arduino Duemilanove, pero en un paquete diferente. Le falta solo un conector de alimentación de CC, y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar (ARDUINO, ARDUINO.cl, s.f.).

En la tabla 1.3 se muestran las especificaciones técnicas del arduino nano.

*Tabla 1.3. Especificaciones técnicas del arduino nano (ARDUINO, ARDUINO.cl, s.f.).*

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Pines digitales I/O	22 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	8
Corriente continua por cada pin I/O	40 mA
Memoria flash	32 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el gestor de arranque.
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad del reloj	16 MHz
Longitud	45 mm
Ancho	18 mm
Peso	7 g

## **1.9.2 ARDUINO UNO**

El arduino uno es una placa de microcontrolador basada en ATmega328P, contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente hay que conectar a una computadora con un cable USB o con un adaptador de CA a CC o batería para comenzar. Se puede utilizar el ONU sin preocuparse demasiado por hacer algo incorrecto, en el peor de los casos, se reemplaza el chip y se comienza nuevamente (ARDUINO, ARDUINO.cl, s.f.). En la tabla 1.4 se muestran las especificaciones técnicas del arduino uno.

Tabla 1.4. Especificaciones técnicas del arduino uno (ARDUINO, ARDUINO.cl, s.f.).

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Pines digitales I/O	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua por cada pin I/O	20 mA
Corriente continua por cada pin de 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0.5 KB son utilizados por el gestor de arranque.
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad del reloj	16 MHz
Longitud	68.6 mm
Ancho	53.4 mm
Peso	25 g

### 1.9.3 ARDUINO MEGA

El Arduino Mega 2560 es una placa de microcontrolador basado en el ATmega2560, contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente hay que conectar a una computadora con un cable USB o con un adaptador de CA a CC o batería para comenzar. La placa Mega 2560 es compatible con la mayoría de los escudos diseñados para el Uno y las placas anteriores Duemilanove o Diecimila (ARDUINO, ARDUINO.cl, s.f.). En la tabla 1.5 se muestran las especificaciones técnicas del arduino mega.

Tabla 1.5. Especificaciones técnicas del arduino mega (ARDUINO, ARDUINO.cl, s.f.).

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Pines digitales I/O	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente continua por cada pin I/O	20 mA
Corriente continua por cada pin de 3.3V	50 mA
Memoria flash	256 KB (ATmega328P) de los cuales 8 KB son utilizados por el gestor de arranque.
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad del reloj	16 MHz
Longitud	101.52 mm
Ancho	53.3 mm
Peso	37 g

### 1.10 SENSOR DE DISTANCIA ULTRASÓNICO HC-SR04

El HC-SR04 (ver figura 1.13), es un sensor de distancias por ultrasonidos capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 1.7 a 450 cm. El sensor funciona por ultrasonidos y contiene toda la electrónica encargada de hacer la medición. Su uso es sencillo como enviar el pulso de arranque y medir la anchura del pulso de retorno. El HC-SR04 se destaca por su bajo consumo, gran precisión y bajo precio (ELECTRONILAB, s.f.). En la tabla 1.6, se detallan las especificaciones técnicas del sensor HC-SR04.

Tabla 1.6. Especificaciones técnicas sensor HC-SR04 (ELECTRONILAB, s.f.).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Dimensiones del circuito	(43 x 20 x 17) mm
Tensión de alimentación	5 V
Frecuencia de trabajo	40 KHz
Rango máximo	4.5 m
Rango mínimo	1.7 cm
Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL)	10 $\mu$ S
Duración del pulso eco de salida (nivel TTL)	100-25000 $\mu$ S
Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra	20 mS

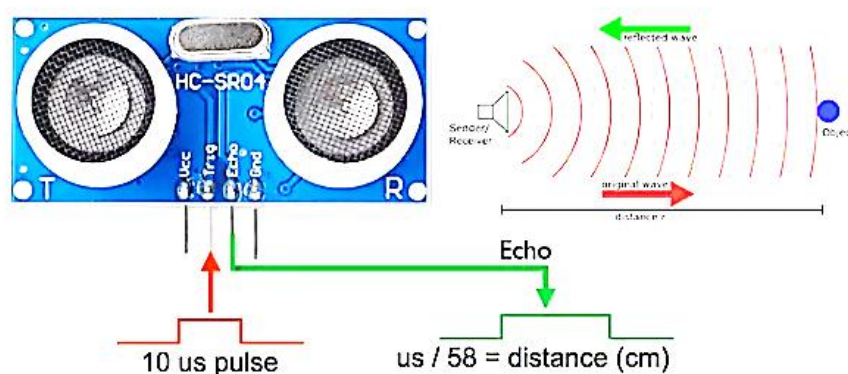


Figura 1.13. Sensor ultrasónico de distancia HC-SR04 (hacks.io, s.f.).

## 1.11 RELÉ

Un relé es un dispositivo electromecánico (ver figura 1.14), que permite la conmutación de una línea eléctrica de media o alta potencia a través de un circuito electrónico de baja potencia. La principal ventaja y el motivo por el que se usa bastante en electrónica es que la línea eléctrica está completamente aislada de la parte electrónica que controla el relé. Es decir, se puede construir un circuito electrónico (un temporizador, una fotocélula, etc.) y, a través de un relé, controlar cualquier tipo de aparato conectado a la red eléctrica (INVENTABLE.en, s.f.). En la tabla 1.7 se ilustran las principales especificaciones técnicas del relé.



Figura 1.14. Relé (ELECTRONICS, s.f.).

Tabla 1.7. Especificaciones técnicas del relé (ELECTRONICS, s.f.).

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
Alimentación	5V
Corriente para activación	(15 a 20)mA
Corriente de salida de cada relé	250Vca 10A ó 30Vcc 10A
Fácilmente manejable con Arduino o con cualquier otro microcontrolador	

## 1.12 ACERO ESTRUCTURAL

El Acero estructural es uno de los materiales básicos que se utilizan en la construcción de estructuras. Se produce en una amplia gama de formas y grados, lo que permite una gran flexibilidad en su uso. Es relativamente barato de fabricar y es el material más fuerte y más versátil disponible para la industria de la construcción (Allstudies).

Se presentan los tipos de aceros y las características mecánicas que se utilizan para la fabricación de la camilla médica, hay que tener en cuenta que el equipo médico va a estar sometido a la carga distribuida del paciente, que según las características antropométricas de la población latinoamericana una persona de 18 a 30 años tiene una masa corporal de 87kg (Ávila Chaurand, Prado León, & González Muños, 2007), por lo tanto se debe considerar la rigidez, peso, costo y que sea de fácil acceso. Se hace un análisis y se determina que el material que cumple con las condiciones requeridas es el acero ASTM A36 y el acero ASTM A500 (Cházaro Rosario, Alvarez Valadez, & Uribe Pérez, El acero hoy), los cuales poseen las propiedades mecánicas adecuadas, en la tabla 1.8 se muestra más detalles.

*Tabla 1.8. Propiedades mecánicas del acero ASTM A500 y ASTM A36 (Cházaro Rosario, Alvarez Valadez, & Uribe Pérez, El acero hoy).*

<b>PROPIEDADES MACÁNICAS</b>			
<b>Material</b>	<b>Esfuerzo de fluencia (MPa)</b>	<b>Peso específico (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Costo</b>
Acero ASTM A500	318,82	7,85	Medio
Acero ASTM A36	250	7.85	Medio



## **CAPITULO 2**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 DEFICIENCIAS DEL PROTOTIPO ANTERIOR**

Para continuar con la investigación del mejoramiento de la camilla médica articulada primeramente se analizan las deficiencias del primer prototipo que realiza Carvajal, y se definen, que correcciones son necesarias realizar para obtener un nuevo diseño mejorado el cual permita ampliar el alcance anterior.

#### **2.2 CRITERIOS PARA EL NUEVO DISEÑO**

Se definen los criterios y lineamientos del nuevo prototipo a realizar. En ésta fase se determinan: los diferentes movimientos que realiza el equipo médico, el peso máximo que soporta, las dimensiones de la camilla de acuerdo a las medidas antropométricas determinadas.

#### **2.3 DISEÑO MECÁNICO DE LA CAMILLA MÉDICA**

En primera instancia se hace una investigación de los diferentes tipos de camillas médicas articuladas con la finalidad de mejorar el diseño anterior, aquí se analizan diferentes mecanismos para hacer los movimientos del somier, regulación de altura y bipedestación. Después de un profundo análisis se selecciona la mejor alternativa.

Se realizan diferentes cálculos y simulaciones con el propósito de obtener el factor de seguridad que garantice que la estructura no falle y también se calcula la fuerza que necesita cada actuador para realizar los movimientos requeridos. Una vez desarrollado el nuevo diseño mecánico se seleccionan los materiales apropiados para la construcción de la estructura.

#### **2.4 DISEÑO ELECTRÓNICO DE LA CAMILLA MÉDICA**

Luego de haber finalizado el diseño mecánico, se seleccionan los actuadores lineales de acuerdo a los cálculos realizados y demás componentes electrónicos como: baterías, cables, módulos relés, etc. Seguidamente se realiza el diseño electrónico y la programación de acuerdo al flujo grama establecido para controlar al equipo médico. Y

para el fácil manejo del equipo se crea un instructivo ya que es importante para el encargado de salud.

## **2.5 PLANOS**

Se elaboran los respectivos planos correspondientes a cada pieza del equipo médico para que posteriormente sean construidas.

## **2.6 CONSTRUCCIÓN**

Una vez que se tienen listos los planos, materiales para la construcción de la estructura, componentes electrónicos, se procede a construir y ensamblar los diferentes sistemas que conforman el equipo médico. Esto da como resultado la creación de una camilla médica articulada para pacientes que necesitan rehabilitarse o mejorar su estilo de vida.

## **2.7 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

Después del ensamblaje y acoplamiento de todos los sistemas que conforman el equipo médico se ejecutan las pruebas de funcionamiento con un paciente para comprobar que todo funciona correctamente.

## **CAPITULO 3**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **3.1 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA A DISEÑAR**

Antes de comenzar con el nuevo diseño de la camilla médica, hay que tener claro las ventajas y desventajas del primer prototipo de camilla médica, esto va a servir como base para mejorar el siguiente prototipo de camilla médica. Seguidamente se detallan las características que debe tener el nuevo equipo médico a diseñarse, para satisfacer las necesidades que se presentan durante los procesos de rehabilitación.

- Fácil movilización a diferentes ambientes.
- Soporta un peso máximo de 90 kg.
- Fácil mantenimiento.
- Sus medidas son: 90 cm de ancho, 190 cm de longitud, altura regulable 70 cm – 95cm (sin colchón).
- Sistema de sujeción el cual permita al paciente no perder contacto con la camilla especialmente en la bipedestación.
- Realizar los siguientes movimientos: decúbito supino, fowler, trendelenburg, flexión de rodillas, regulación de altura de la camilla, bipedestación y movilización del paciente a diferentes ambientes.
- Sistema de control electrónico desde donde el empleado de salud podrá controlar la posición deseada de la camilla articulada.

#### **3.2 DIFERENTES SOLUCIONES**

En los antecedentes de ésta investigación se analizan las ventajas y desventajas en cuanto a su estructura, tipo de elevación y tipo de accionamiento que presenta cada tipo de camilla médica.

#### **3.3 SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN**

Luego de investigar y analizar los diferentes tipos de camillas médicas se elige la mejor alternativa como guía para el nuevo diseño teniendo en cuenta que la camilla debe

cumplir con los parámetros de diseño además brindar seguridad e higiene a los pacientes y que sea de fácil mantenimiento.

Entonces la mejor alternativa resulta ser como el modelo de la camilla que se muestra en la figura 1.5, una camilla médica con un sistema de elevación tipo tijeras ya con este diseño hay espacio entre el piso y la base de la camilla lo cual resulta beneficioso para hacer algún tipo de limpieza si es necesario. En cambio en el diseño del primer prototipo que presenta Carvajal es un diseño de camilla médica con un tipo de elevación tipo columna lo cual dificulta un poco hacer la limpieza por debajo y en el interior de la camilla, como se observa en la figura 1.

Para hacer la bipedestación se diseña una pieza soporte (ver figura 3.1) la cual permite hacer la bipedestación y así cumplir con los parámetros de diseño.

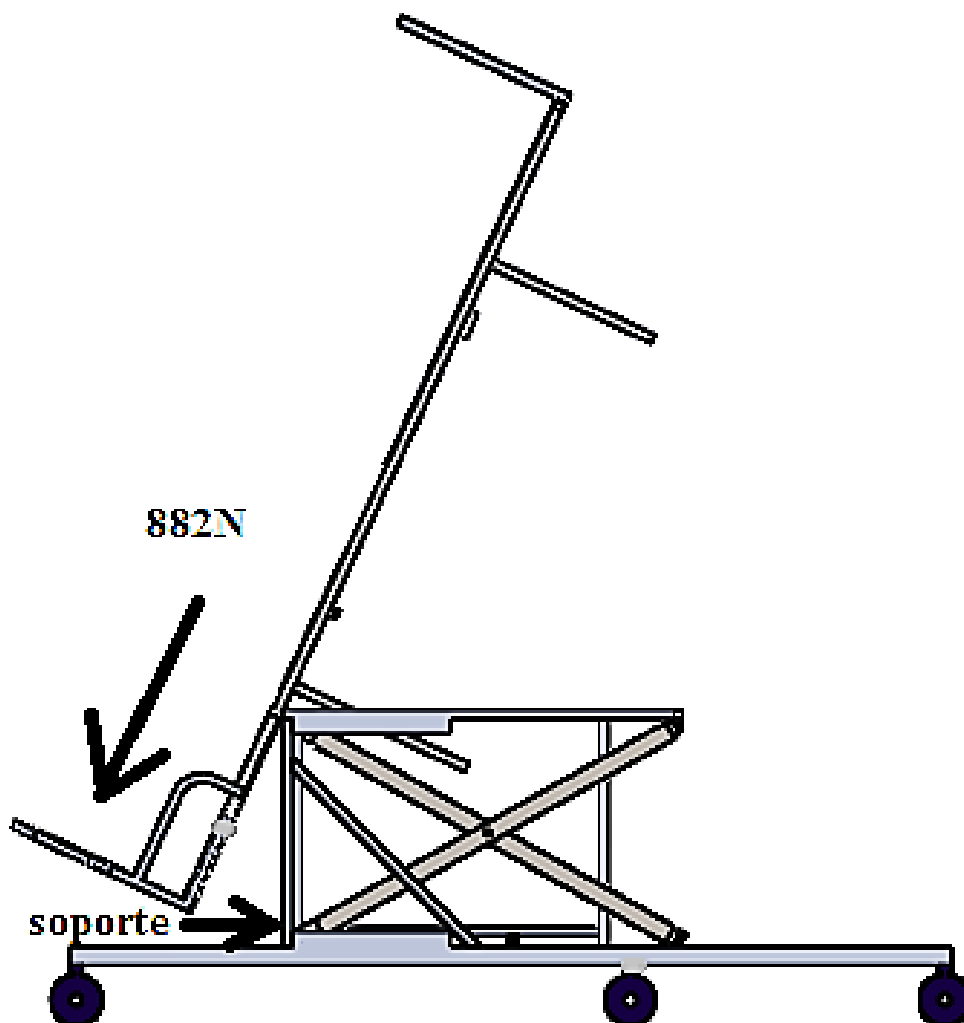


Figura 3.1. Modelo CAD de camilla médica articulada en bipedestación.

### 3.4 MODELO DE CAMILLA MÉDICA ARTICULADA

Una camilla médica articulada está compuesta de diferentes piezas para realizar su ensamblaje (ver figura 3.2). Las principales piezas que conforman este dispositivo médico son: 1. Base, 2. Ruedas, 3. Cabecera, 4. Sección espaldar, 5. Sección fija, 6. Sección fémur, 7. Sección tibia y peroné, 8. Reposapiés, 9. Base deslizante, 10. Tijeras, 11. Soporte bipedestación.

Su montaje no es de mayor dificultad ya que su acoplamiento es mediante colocación de pernos y es de fácil mantenimiento en caso de ser necesario.

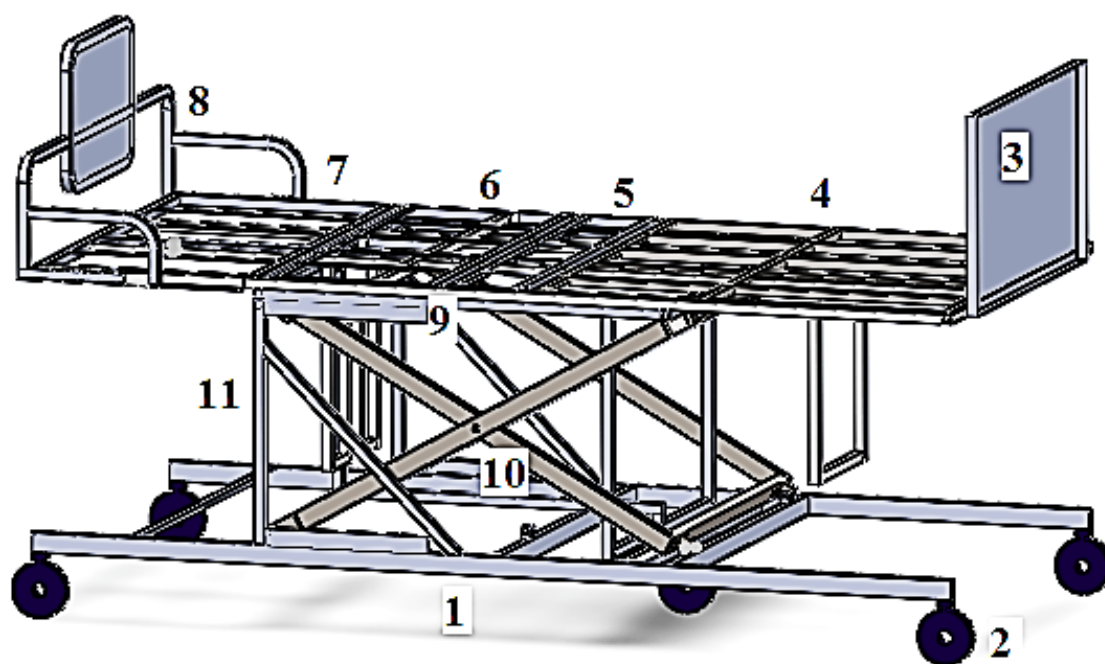


Figura 3.2. Modelo CAD de camilla médica articulada.

### 3.5 DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE

A continuación se muestran los diagramas de cuerpo libre de las piezas que soportan los esfuerzos máximos en las posiciones más críticas.

En la figura 3.3 se muestra el diagrama de cuerpo libre del espaldar en su punto más crítico, que es cuando el espaldar se ha elevado y su ángulo de elevación es mayor a  $0^\circ$  con respecto al soporte de las cuatro rejillas, las cuales conforman el somier.

La fuerza distribuida que soporta el espaldar según el peso relativo de las partes del cuerpo humano como se muestra en la tabla 2.1 es de  $W1$ ,  $W1 = 632,24 \text{ N/m}$ .  $M$  y  $N$  son puntos fijos.

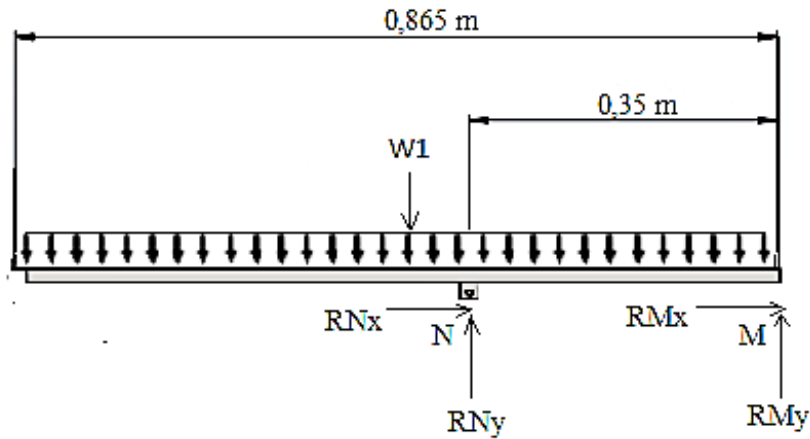


Figura 3.3. Diagrama de cuerpo libre, espaldar.

En la figura 3.4 se puede observar el diagrama de cuerpo libre de las tijeras para la regulación de la altura de la camilla médica articulada, las tijeras están en su punto más crítico y es cuando la altura de la camilla ha alcanzado su punto máximo de elevación. En donde  $W$ , es la carga distribuida máxima del paciente sobre la camilla y aplicando las ecuaciones de equilibrio se obtienen las siguientes reacciones.

$$W = 464,21 \text{ N/m}$$

$$F_{pis} = 980 \text{ N.}$$

$$R_{Ay} = 577,31 \text{ N.}$$

$$R_{Bx} = 880,82 \text{ N.}$$

$$R_{By} = 576,13 \text{ N.}$$

$$R_{Ex} = 880,82 \text{ N.}$$

$$R_{Ey} = 0,82 \text{ N.}$$

$$R_{Cy} = 576,95 \text{ N.}$$

$$R_{Dx} = 880,82 \text{ N.}$$

$$R_{Dy} = 578,13 \text{ N.}$$

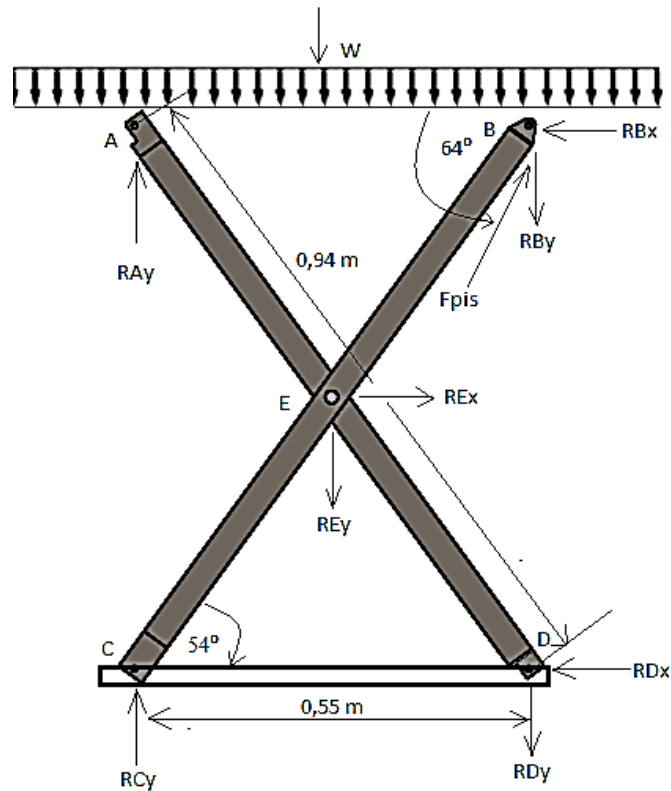


Figura 3.4. Diagrama de cuerpo libre, tijeras.

En la figura 3.5 se muestra el diagrama de cuerpo libre del reposapiés en su punto más crítico y es cuando la bipedestación llega a su punto máximo, es decir el paciente está sobre la pieza. En donde  $W_2$ , es la carga distribuida máxima del paciente sobre el reposapiés.  $W_2 = 2940\text{ N/m}$ . O y P son puntos fijos.

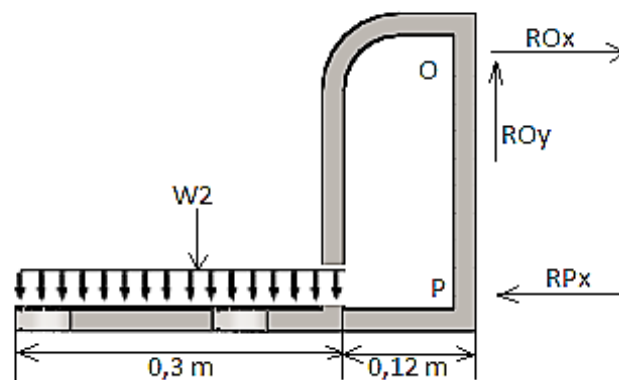


Figura 3.5. Diagrama de cuerpo libre, reposapiés.

En la figura 3.6 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la base de la estructura total. Dicha pieza está en su punto más crítico cuando la elevación de la camilla médica

ha alcanzado los 95cm desde el piso hasta la superficie del somier (libre del colchón), ésta es su máxima altura. Los puntos G, K y L son puntos fijos. Y las reacciones para la base de la estructura total son las siguientes.

$$R_{Cy} = 576,95 \text{ N.}$$

$$R_{Dx} = 880,82 \text{ N.}$$

$$R_{Dy} = 578,13 \text{ N.}$$

$$R_{Lx} = 879,82 \text{ N.}$$

$$R_{Ly} = 429,61 \text{ N.}$$

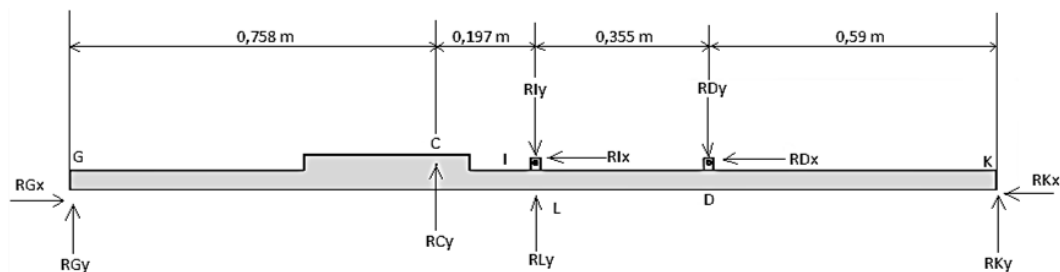


Figura 3.6. Diagrama de cuerpo libre, base.

En la figura 3.7 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la base deslizante, la cual está en contacto con los rodamientos de las tijeras para realizar la regulación de la altura de la camilla. La base deslizante está en el punto crítico cuando la elevación de la camilla médica ha alcanzado su máxima altura. En donde  $W_3$  es la carga distribuida máxima que soporta la pieza. El punto T es fijo y las reacciones para la base deslizante son las siguientes.

$$W_3 = 1025,58 \text{ N/m.}$$

$$R_{Ay} = 577,31 \text{ N.}$$

$$R_{Lx} = 879,82 \text{ N.}$$

$$R_{Ly} = 429,61 \text{ N.}$$



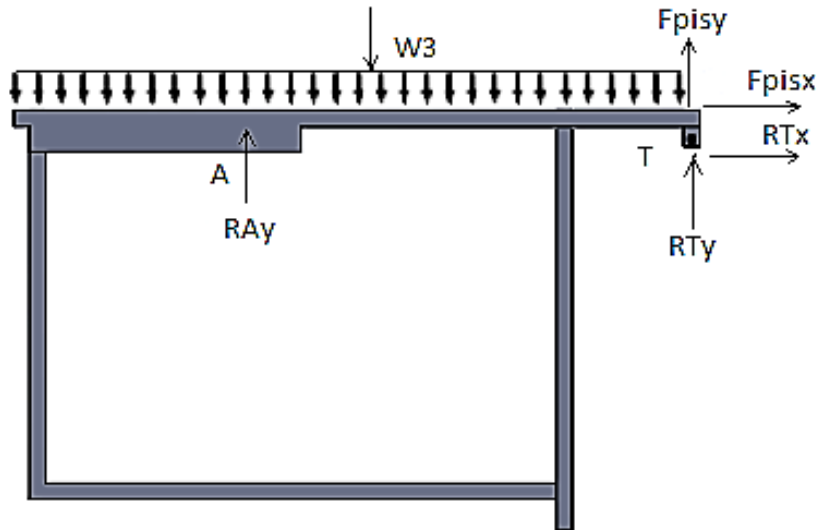


Figura 3.7. Diagrama de cuerpo libre, base deslizante.

### 3.6 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS

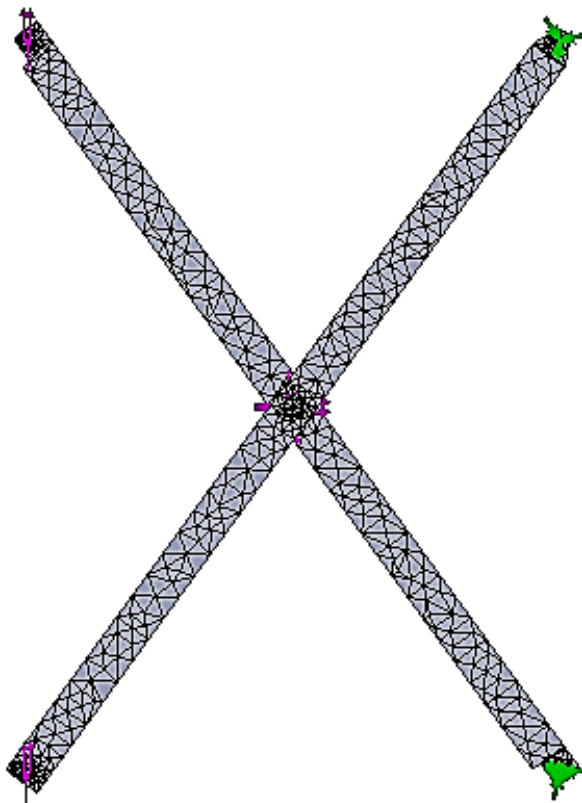
Para realizar el análisis de las piezas se utiliza un software comercial llamado SolidWorks mediante el método de elementos finitos. Para realizar el análisis hay que poner las condiciones de contorno en cada una de las piezas tomando en cuenta principalmente el peso corporal que se distribuye relativamente a lo largo de las diferentes secciones de la camilla (Cházaro Rosario, Alvarez Valadez, & Uribe Pérez, El acero hoy).

También hay que asignar el material seleccionado de acuerdo a la tabla 2.1, para cada una de las piezas que conforman la estructura de la camilla médica. Debido a que la estructura está formada de varias piezas, se realiza el análisis de elementos finitos de las principales piezas en las posiciones que soportan el esfuerzo máximo.

#### 3.6.1 MALLADO

El mallado que se realizan en las diferentes piezas de la estructura es un paso esencial en el análisis de elementos finitos, ya que la precisión de la solución depende de la calidad de la malla que se use. Cuanto más fina es la malla, mayor es la precisión (Dassault Systemes, s.f.). Un ejemplo de mallado de una de las piezas de la estructura de la camilla médica se muestra en la figura 3.8.

Hay ocasiones por la complejidad de la pieza y para tener una mayor precisión en los datos es necesario aplicar un control de malla, con esto se logra dividir la malla en partes más pequeñas y así obtener mayor precisión en los resultados.



*Figura 3.8. Mallado de las tijeras.*

### **3.6.2 ANÁLISIS DE CONVERGENCIA**

Con la finalidad de obtener resultados más confiables se realizan diferentes simulaciones, para esto se aplica diferentes tamaños de malla, y así ir variando el número de elementos para obtener diferentes datos de esfuerzos máximos en cada iteración y luego realizar el análisis de convergencia de las diferentes piezas.

En los resultados que se obtienen, se muestra que para un número de elementos entre 56686 y 64493 en la tabla 3.1, 13496 y 18686 en la tabla 3.2, 20881 y 24220 en la tabla 3.3, 30074 y 33382 en la tabla 3.4, 136347 y 207709 en la tabla 3.5, en estos valores se obtienen resultados más confiables, ya que la variación del esfuerzo tiene un error porcentual menor al 5%.

*Tabla 3.1. Esfuerzo máximo de la base.*

<b>NUMERO DE ELEMENTOS</b>	<b>ESFUERZO MÁXIMO (MPa)</b>	<b>ERROR PORCENTUAL %</b>
17938	78,15	
18848	77,46	0,88
20244	84,44	9,01
26185	90,5	7,18
28409	90,55	0,06
32655	115,07	27,08
35975	104,64	9,06
47976	130,99	25,18
56686	133,27	1,74
64493	134,46	0,89
714842	132,31	1,60

*Tabla 3.2. Esfuerzo máximo de la base deslizante.*

<b>NUMERO DE ELEMENTOS</b>	<b>ESFUERZO MÁXIMO (MPa)</b>	<b>ERROR PORCENTUAL %</b>
10463	73,13	
11190	70,93	3,01
11774	71,87	1,33
12792	64,18	10,70
13496	74,56	16,17
18686	73,80	1,02
20427	71,70	2,85
21907	70,91	1,10
31751	72,04	1,59
34809	74,42	3,30

*Tabla 3.3. Esfuerzo máximo del espaldar.*

<b>NUMERO DE ELEMENTOS</b>	<b>ESFUERZO MÁXIMO (MPa)</b>	<b>ERROR PORCENTUAL %</b>
7943	87,28	
8411	90,84	4,08
8723	95,72	5,37
9235	98,81	3,23
12161	102,82	4,06
13225	108,77	5,79
19029	110,36	1,46
20881	117,12	6,13
24220	119,45	1,99
27582	117,04	2,02

*Tabla 3.4. Esfuerzo máximo del reposapiés.*

<b>NUMERO DE ELEMENTOS</b>	<b>ESFUERZO MÁXIMO (MPa)</b>	<b>ERROR PORCENTUAL %</b>
16916	128,14	
18026	135,37	5,64
18928	135,44	0,05
19984	139,44	2,95
23241	142,98	2,54
24978	163,38	14,27
30074	161,03	1,44
33382	160,35	0,42
37352	164,54	2,61
44100	161,52	1,84

Tabla 3.5. Esfuerzo máximo de las tijeras.

NUMERO DE ELEMENTOS	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	ERROR PORCENTUAL %
15201	44,72	
17127	44,41	0,69
26140	66,06	48,75
34378	84,69	28,20
39896	69,06	18,46
85381	97,18	40,72
109146	101,75	4,70
136347	108,31	6,45
207709	108,65	0,31
240583	107,26	1,28

### 3.6.3 ESFUERZOS MÁXIMOS

El esfuerzo máximo que se genera en la pieza base es de 134,46 MPa esto ocurre cuando la regulación de la altura llega al punto máximo que es 95cm, como se observa en la figura 3.9. Ésta medida es la altura entre el piso y el somier de la camilla médica

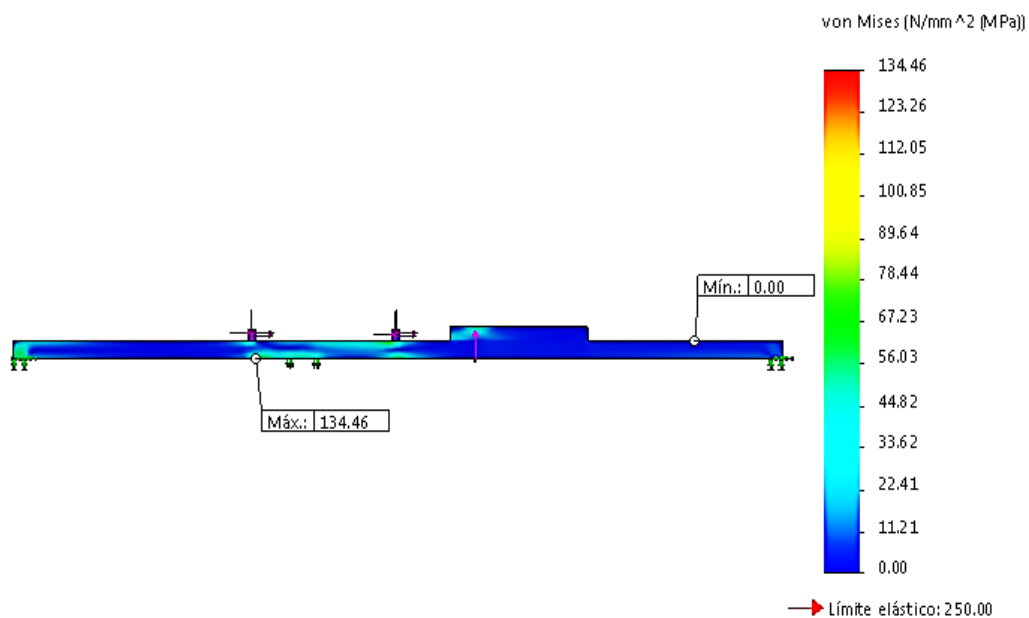


Figura 3.9. Esfuerzo máximo, base.

En la base deslizante de la camilla médica el esfuerzo máximo que se genera es de 73,80 MPa esto ocurre cuando la regulación de la altura de igual manera llega al punto máximo que es 95cm, como se observa en la figura 3.10.

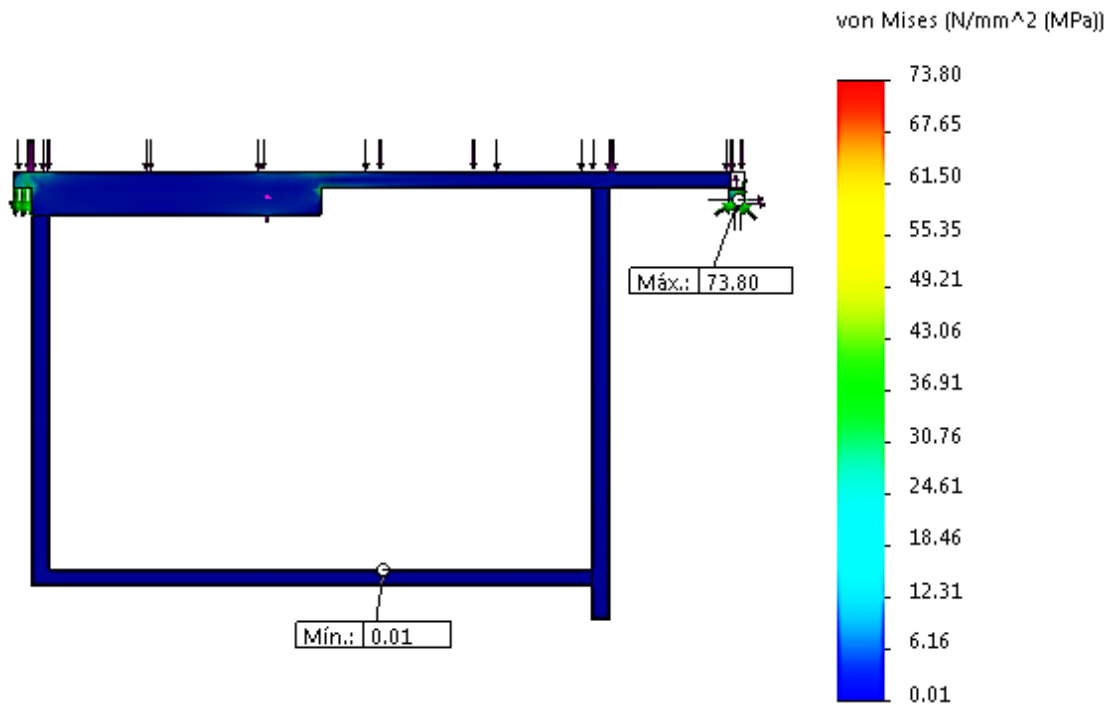


Figura 3.10. Esfuerzo máximo, base deslizante.

Para el espaldar de la camilla médica el esfuerzo máximo que se genera es de 119,45 MPa, como se observa en la figura 3.11.

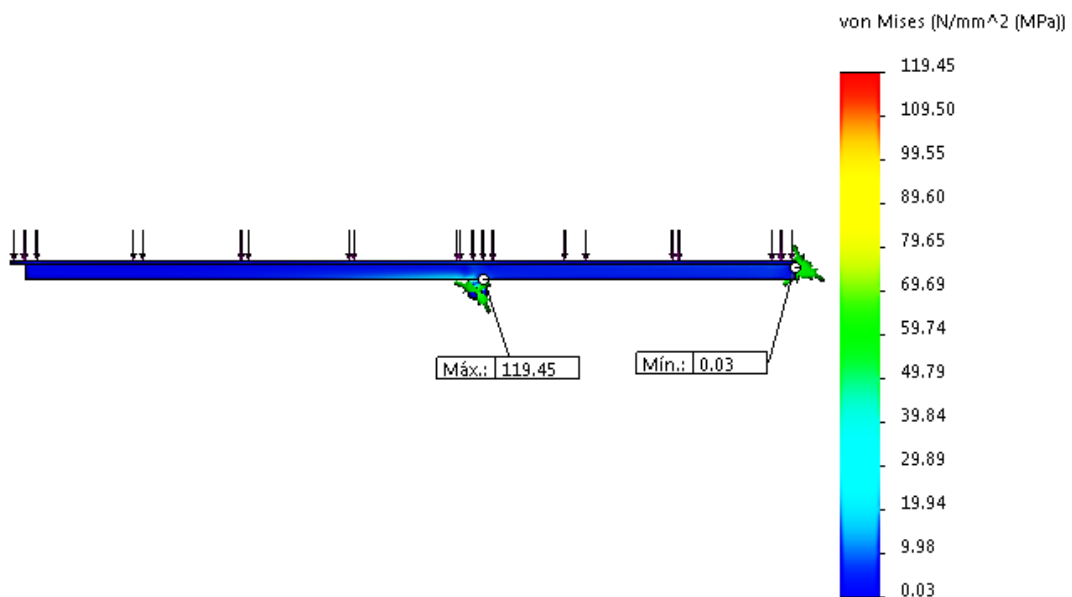


Figura 3.11. Esfuerzo máximo, espaldar.

Para el reposapiés de la camilla médica el esfuerzo máximo que se genera es de 160,35 MPa, esto ocurre cuando la bipedestación llega a su punto máximo y el reposapiés soporta los 882N que es el peso total de la persona, como se observa en la figura 3.12.

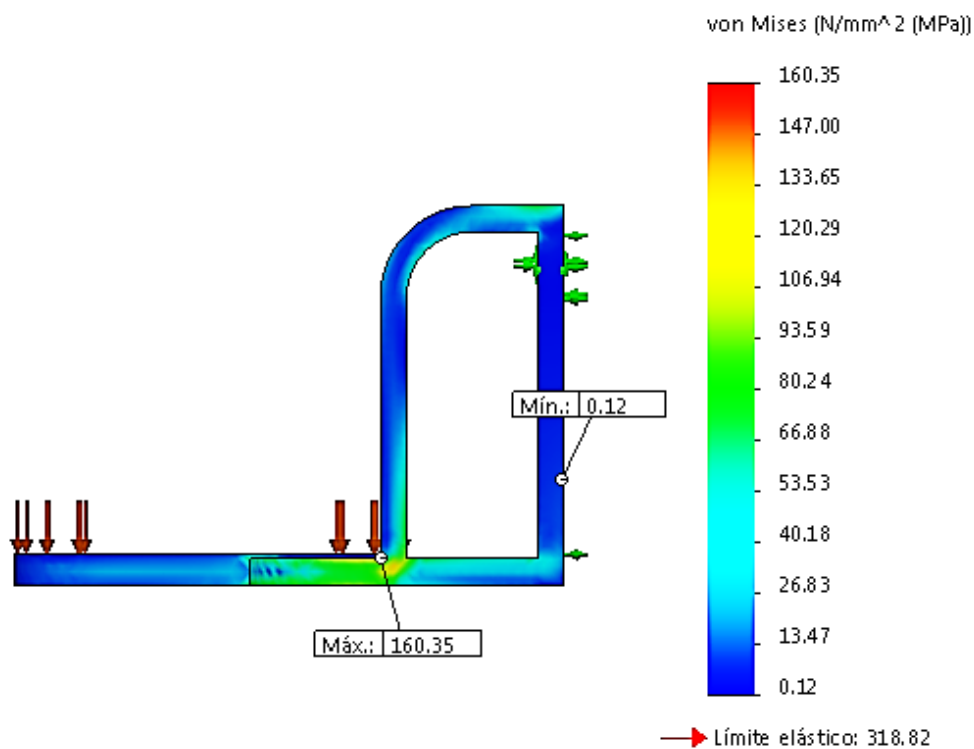


Figura 3.12. Esfuerzo máximo, reposapiés.

En las tijeras de la camilla médica el esfuerzo máximo que se genera es de 108,65 MPa, esto ocurre cuando la regulación de la altura llega al punto máximo que es 95cm entre el piso y el somier (libre del colchón), como se observa en la figura 3.13.

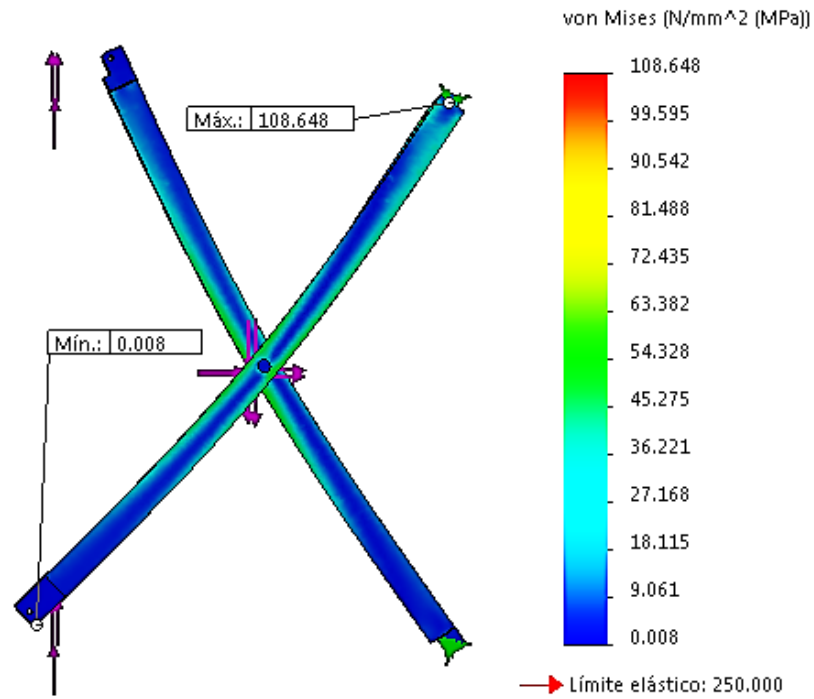


Figura 3.13. Esfuerzo máximo, tijeras.

### 3.6.4 DESPLAZAMIENTOS

El desplazamiento máximo en la pieza base es de 2,22 mm, lo que significa que existen desplazamientos pequeños, garantizando un buen funcionamiento, en la figura 3.14 se muestra los resultados de desplazamiento del análisis.

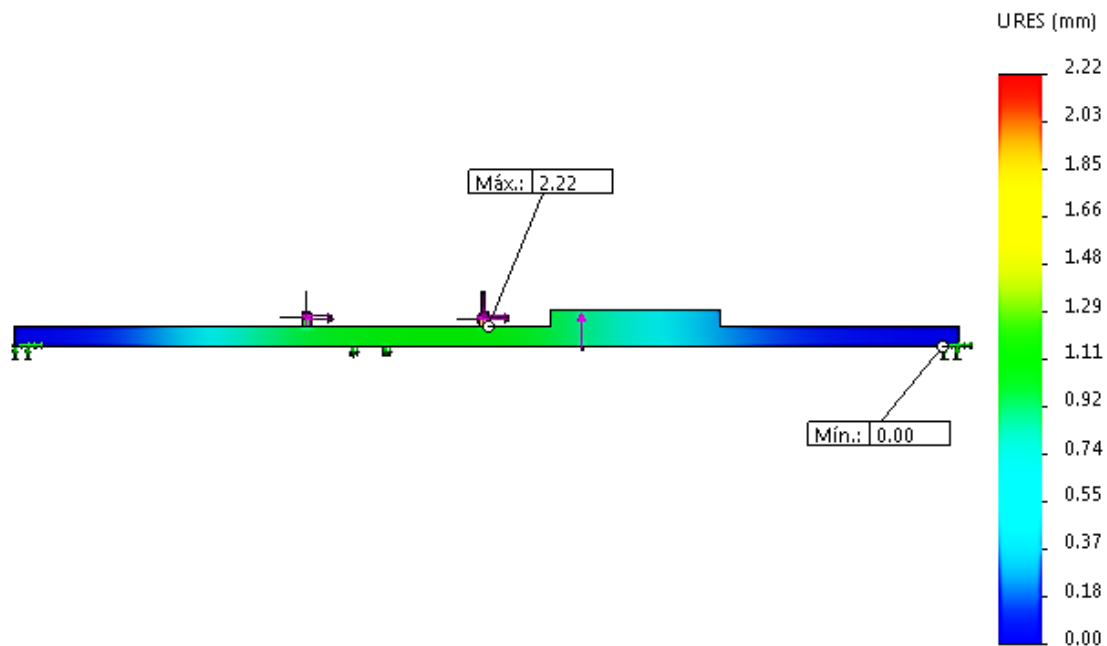


Figura 3.14. Desplazamiento máximo, base.



El desplazamiento máximo en la pieza base deslizante es de 0,20 mm, lo que significa que también existen desplazamientos pequeños, lo cual garantiza un buen funcionamiento, en la figura 3.15 se muestra los resultados de desplazamiento del análisis.

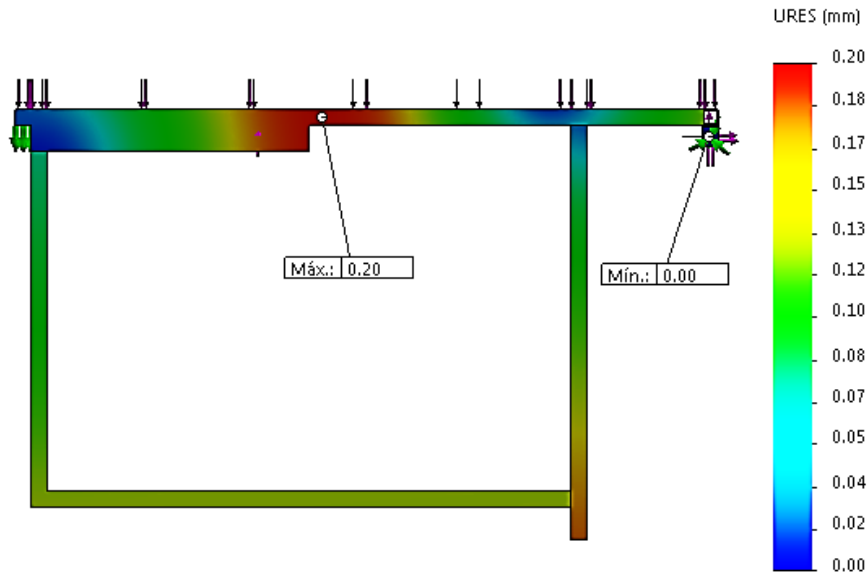


Figura 3.15. Desplazamiento máximo, base deslizante.

El desplazamiento máximo en la pieza espaldar es de 2,16 mm, esto quiere decir que los desplazamientos son pequeños y garantizan un buen funcionamiento, en la figura 3.16 se muestra los resultados de desplazamiento del análisis.

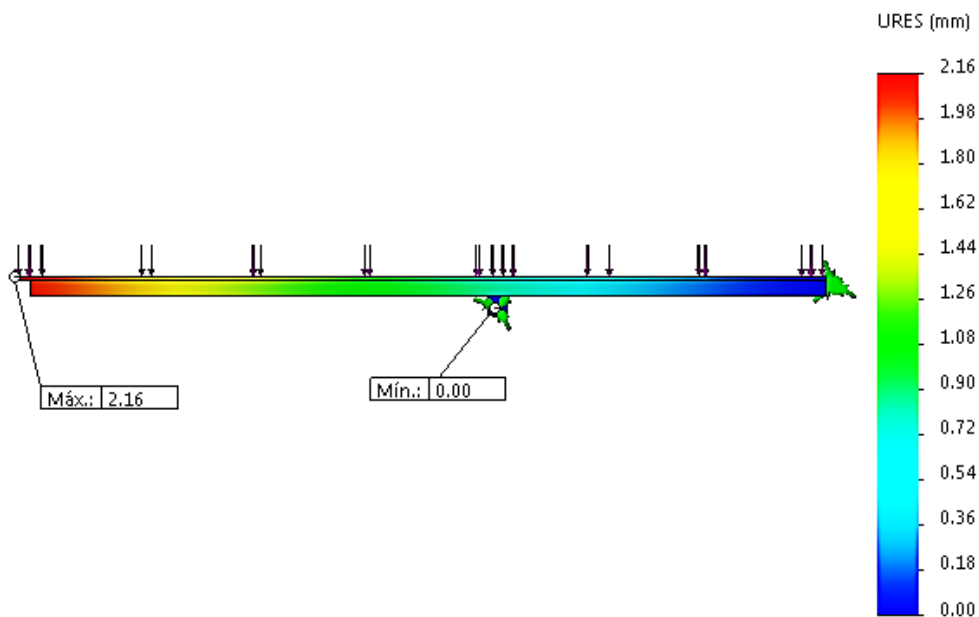


Figura 3.16. Desplazamiento máximo, espaldar.

El desplazamiento máximo en la pieza reposapiés es de 4,93 mm, esto quiere decir que los desplazamientos son un poco mayores a los anteriores pero tiene un factor de seguridad que garantiza que la pieza no falla, en la figura 3.17, se observan los resultados de desplazamiento del análisis.

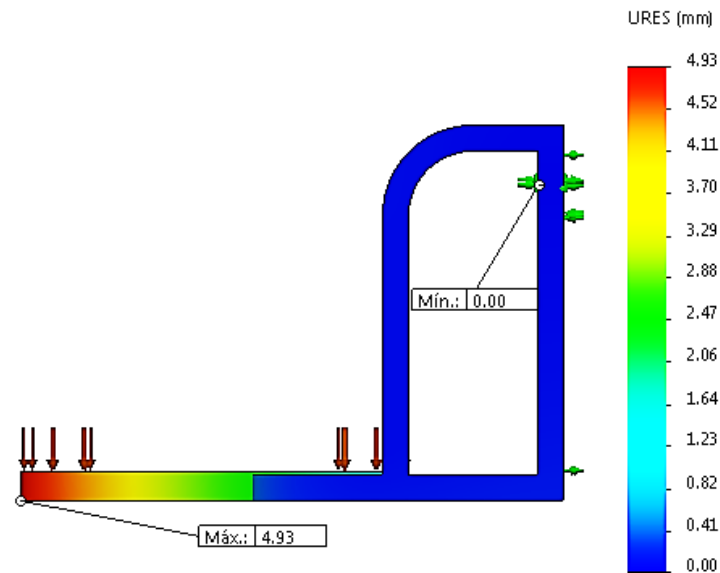


Figura 3.17. Desplazamiento máximo, reposapiés.

Por último se tiene el valor del desplazamiento máximo en las tijeras y este es de 0,78 mm, este desplazamiento es pequeño, lo cual garantiza un buen funcionamiento, en la figura 3.18, se muestra los resultados de desplazamiento del análisis.

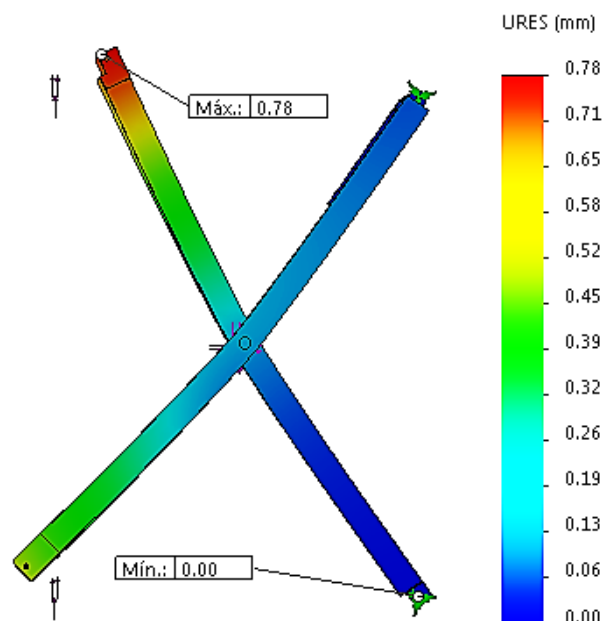


Figura 3.18. Desplazamiento máximo, tijeras.

### 3.6.5 FACTOR DE SEGURIDAD

En el resultado del análisis de las piezas que soportan el esfuerzo máximo se tienen los siguientes resultados: para la base el factor de seguridad mínimo es de 1,9 ver figura 3.19, para la base deslizante el factor de seguridad mínimo es de 4,3 ver figura 3.20, para el espaldar el factor de seguridad mínimo es de 2,09 ver figura 3.21, para el reposapiés el factor de seguridad mínimo es de 2,0 ver figura 3.22, para las tijeras el factor de seguridad mínimo es de 2,3 ver figura 3.23.

Con los resultados que se obtienen en los factores de seguridad de las diferentes piezas se asegura que el esfuerzo máximo no supera al límite elástico del material, entonces se puede decir que el prototipo es capaz de soportar las cargas aplicadas sin que ocurra una falla estructural.

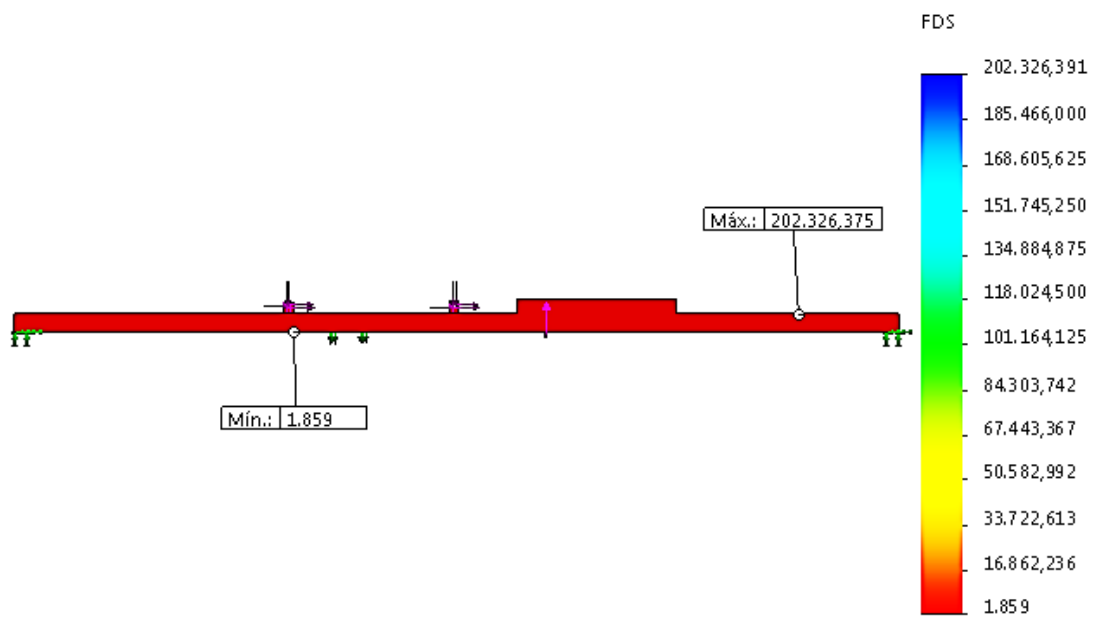


Figura 3.19. Factor de seguridad mínimo, base.

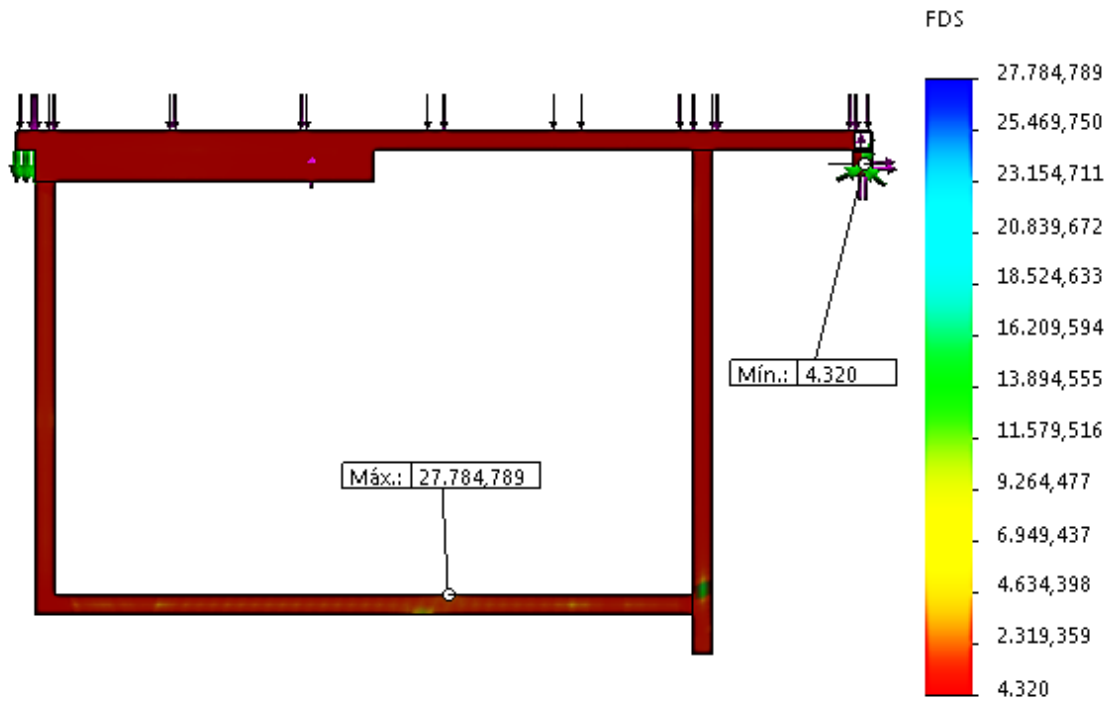


Figura 3.20. Factor de seguridad mínimo, base deslizante.

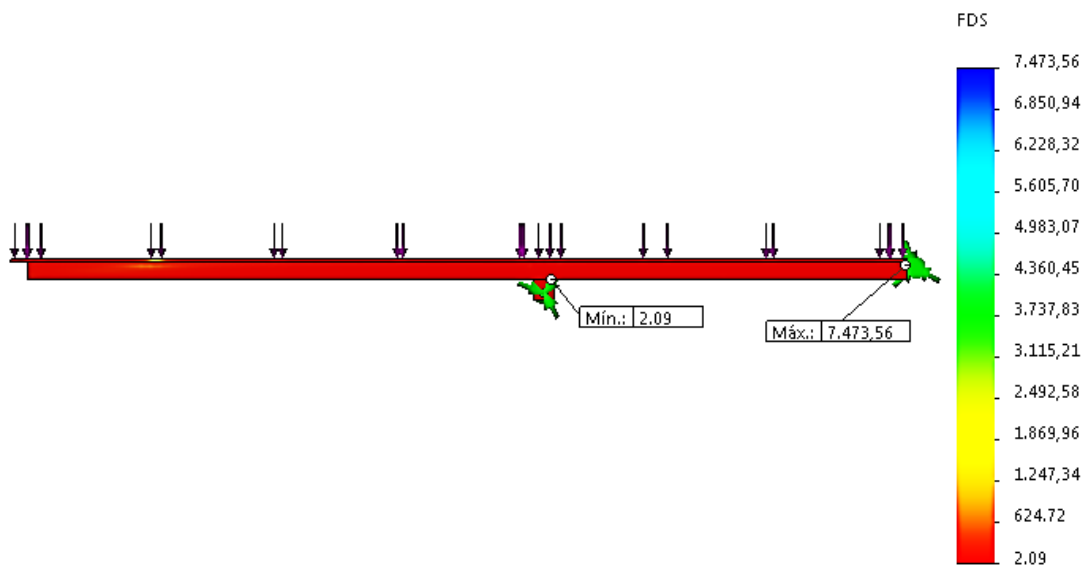


Figura 3.21. Factor de seguridad mínimo, espaldar.

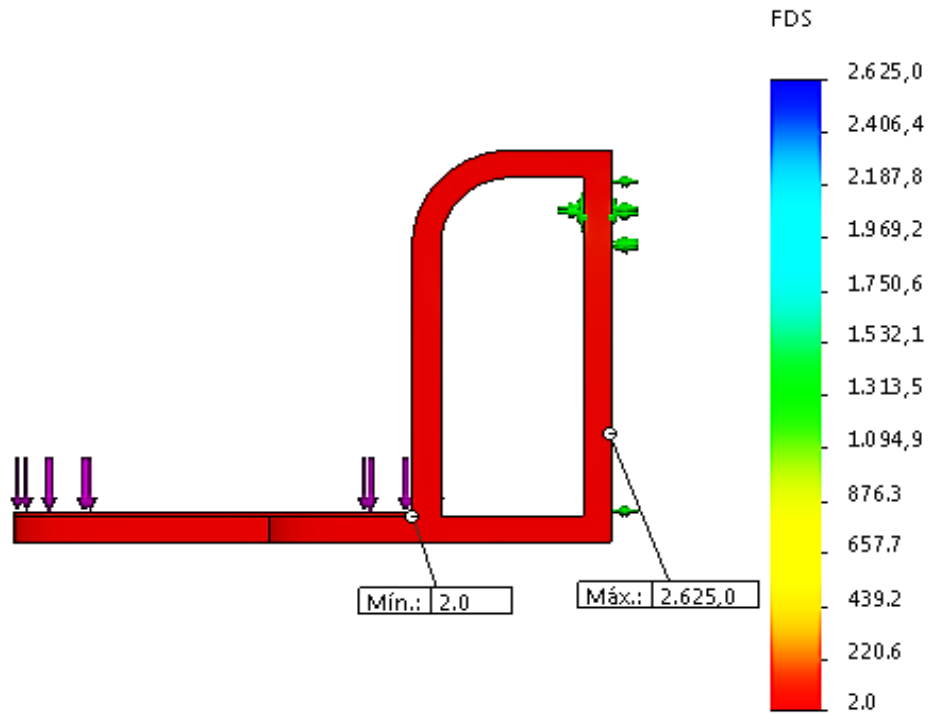


Figura 3.22. Factor de seguridad mínimo, reposapiés.

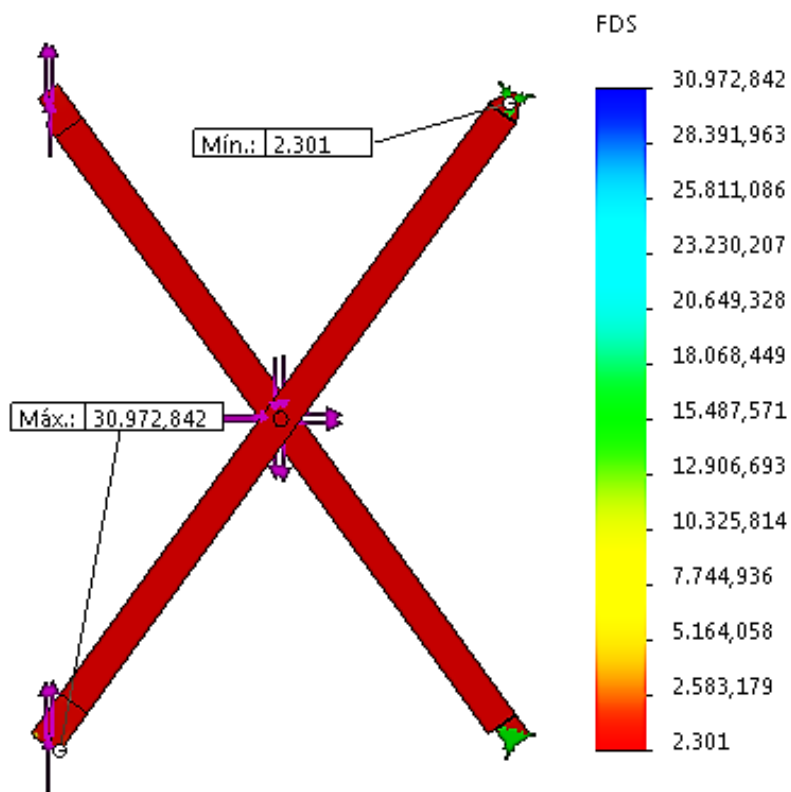


Figura 3.23. Factor de seguridad mínimo, tijeras.

### 3.7 DISEÑO ELECTRÓNICO

#### 3.7.1 SELECCIÓN DEL ACTUADOR LINEAL

Se evalúan los diferentes actuadores lineales los cuales deben cumplir ciertas características como: limpieza, precisión, fácil mantenimiento, fácil traslado, optimización del espacio y fácil control.

Para la elección del actuador, se hace una investigación de una tabla comparativa 3.6 para ver si cumplen con los requerimientos propuestos. Ésta tabla comparativa se evalúa en una escala entre 1 y 10, siendo 10 el más conveniente (Carvajal Flores, 2016).

*Tabla 3.6. Análisis de los actuadores lineales (Carvajal Flores, 2016).*

<b>ACTUADORES LINEALES</b>			
<b>Características</b>	<b>Neumáticos</b>	<b>Hidráulicos</b>	<b>Eléctricos</b>
Limpieza	8	7	10
Precisión	7	7	9
Mantenimiento	8	7	10
Espacio	7	6	9
Fácil traslado	6	6	10
Fácil control	8	8	9
<b>TOTAL</b>	<b>44</b>	<b>41</b>	<b>57</b>

De acuerdo a los resultados de la tabla comparativa 3.6 que se realiza el actuador eléctrico es el más conveniente ya que cumple con los requerimientos deseados.

#### 3.7.2 SELECCIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL

Para el correcto funcionamiento del control de la camilla médica es necesario que la tarjeta controladora arduino tenga los suficientes pines, para que los criterios que se presentan a continuación se cumplan.

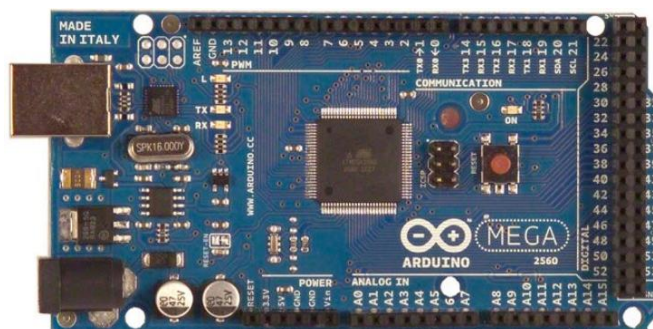
- Visualización de una pantalla LCD 16x2.
- Entradas para seis sensores de distancia.
- Salidas hacia los canales de los módulos relés para el control los diferentes actuadores que realizan las diferentes posiciones.
- Entradas de las señales de los diferentes pulsadores.

Se tiene en cuenta las características de cada una de las posibles alternativas y se elige la adecuada mediante una tabla comparativa 3.7.

*Tabla 3.7. Análisis de las tarjetas arduino.*

<b>TARJETAS ARDUINO</b>			
<b>Características necesarias</b>	<b>NANO</b>	<b>UNO</b>	<b>MEGA</b>
30 E/S Digitales	NO	NO	SI
3 Salida PWM	SI	SI	SI
Conexión fuente externa	NO	SI	SI

Se puede ver en la tabla comparativa 3.7, que la tarjeta arduino MEGA (ver figura 3.24), cumple con todos los requerimientos para el diseño, por lo tanto es la que se ha seleccionado.



*Figura 3.24. Tarjeta arduino Mega.*

### 3.7.3 SISTEMA DE CONTROL DEL PROTOTIPO

El dispositivo médico cuenta con un sistema de control en lazo cerrado en la figura 3.25 se muestra el diagrama del proceso que cumple el sistema de control para el posicionamiento de los diferentes movimientos que realiza la camilla médica. Este sistema cuenta con una retroalimentación a través de un sensor de distancia que es el que censa y envía esta señal al controlador para que sea comparada con la posición de referencia seleccionada por el encargado de salud. Así se logra que el actuador llegue a la posición requerida que se encuentra predeterminada en el programa de control.

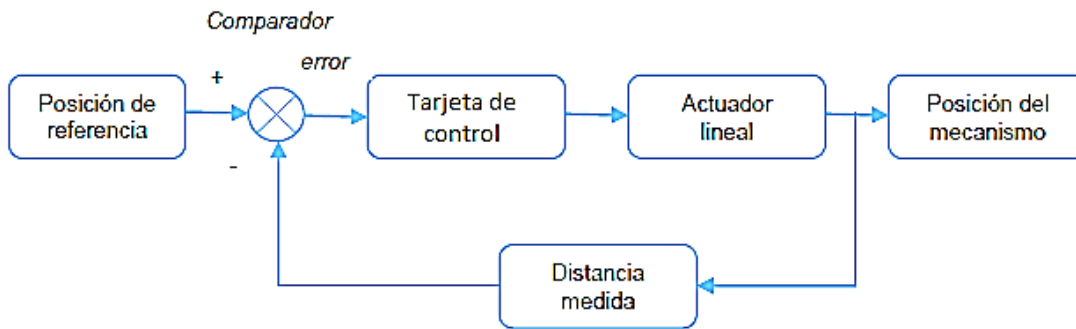


Figura 3.25. Diagrama de bloques lazo cerrado.

### 3.7.4 DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL

En la figura 3.26 muestra una tarjeta Arduino mega la cual controla el funcionamiento de la camilla médica mediante programación. La tarjeta de control devuelve una salida para la activación de los actuadores lineales y para el control del recorrido de salida y entrada del vástago de los actuadores lineales se usa sensores de distancia ultrasónicos los cuales son precisos y fáciles de usar.

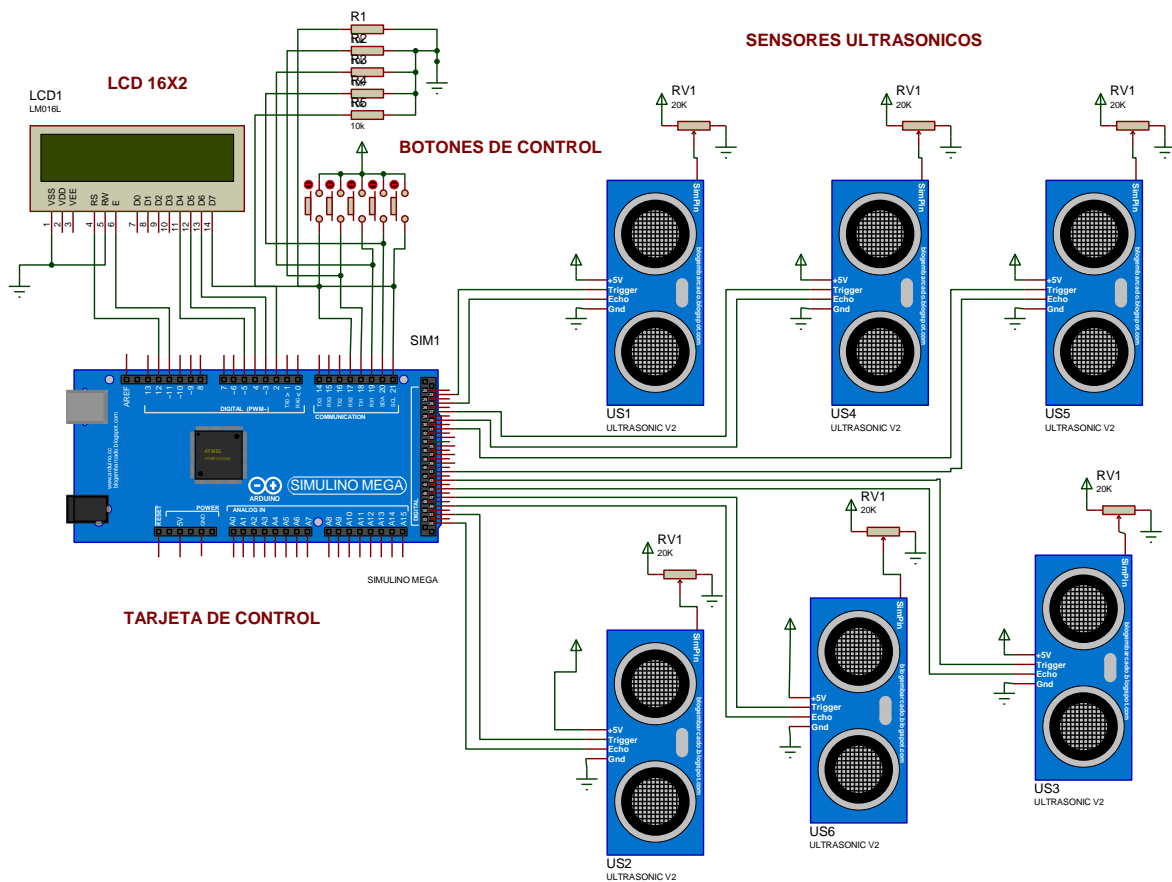


Figura 3.26. Diseño electrónico de control.



### 3.7.5 DISEÑO DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA.

En la figura 3.27 se observa la activación de un actuador lineal que se representa por un motor de corriente continua, para el funcionamiento del actuador lineal se usa módulos de relés. Estos módulos de relés están diseñados para separar el circuito de control y el circuito de electrónica de potencia mediante optoacopladores lo cual es importante para evitar interferencias magnéticas. En la figura 3.27 se puede observar el funcionamiento de un solo actuador, por lo tanto para el funcionamiento de los otros cinco actuadores se utiliza la misma lógica.

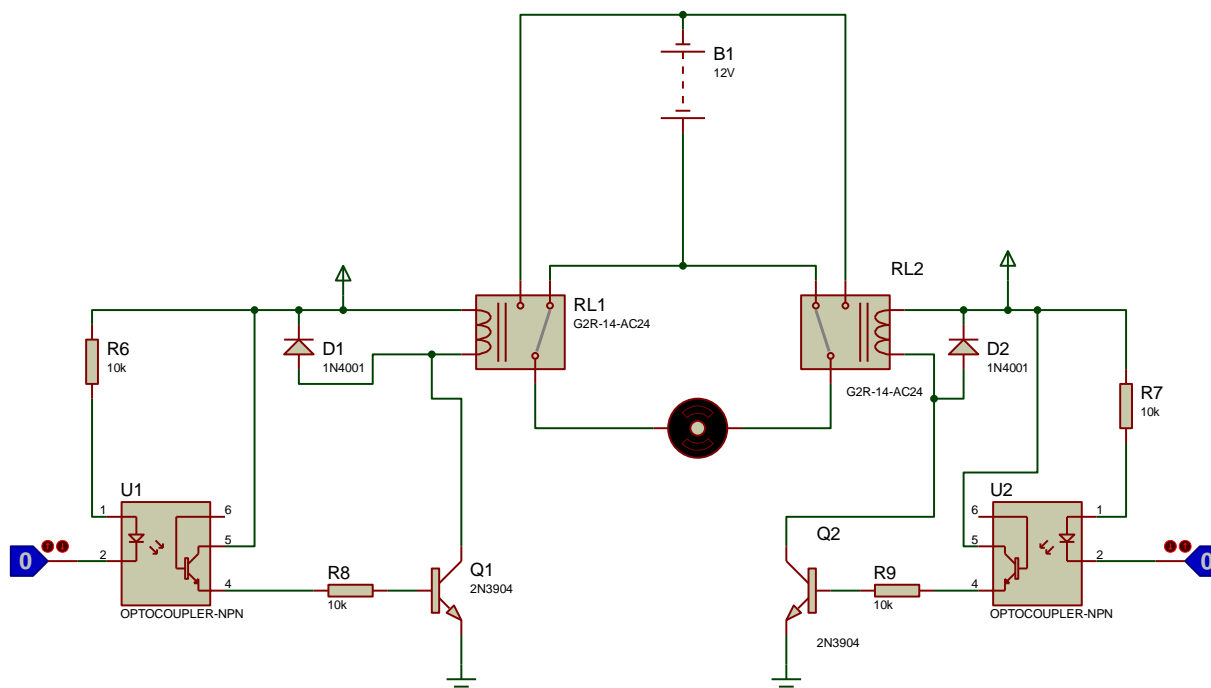


Figura 3.27. Diseño electrónico de potencia.

## 3.8 ANALISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

### 3.8.1 COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN DEL DISPOSITIVO

Los costos que intervienen directamente en la fabricación de la camilla médica, se muestran en la tabla 3.8.

*Tabla 3.8. Costos directos de fabricación.*

<b>DETALLES</b>	<b>COSTOS</b>
Actuador eléctrico lineal	\$ 300
Materiales	\$ 350
Mano de obra	\$ 1800
Insumos eléctricos	\$ 200
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2650</b>

### **3.8.2 COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN**

Costos que no intervienen directamente en la fabricación de la camilla médica se muestran en la tabla 3.9.

*Tabla 3.9. Costos indirectos de fabricación.*

<b>DETALLES</b>	<b>COSTOS</b>
Materiales de oficina	\$ 50
Internet	\$ 60
Transporte	\$ 100
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 210</b>

### **3.8.3 COSTO TOTAL**

Suma total de los costos directos y costos indirectos para la fabricación de la camilla médica se muestran en la tabla 3.10.

*Tabla 3.10. Costos indirectos de fabricación.*

<b>DETALLES</b>	<b>COSTOS</b>
Costos directos	\$ 2650
Costos indirectos	\$ 210
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2860</b>

### 3.9 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y VALIDACIÓN

Luego de ensamblar el dispositivo médico se procede a realizar diferentes pruebas con un paciente para verificar su correcto funcionamiento, en donde se demuestra que la camilla médica articulada cumple su función satisfactoriamente, como se muestra en las figuras 3.28 – 3.32.



*Figura 3.28. Camilla médica en la posición bípeda.*



*Figura 3.29. Camilla médica en la posición decúbito supino.*

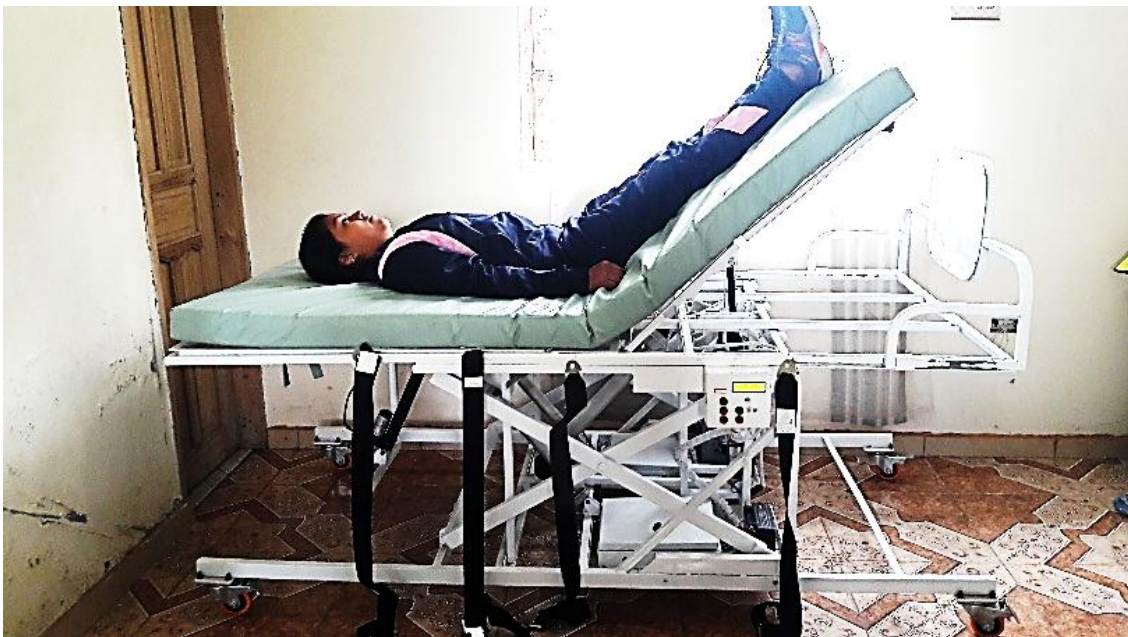


*Figura 3.30. Camilla médica en la posición fowler.*





*Figura 3.31. Camilla médica en la posición flexión de rodillas.*



*Figura 3.32. Camilla médica en la posición trendelemburg.*

## CAPÍTULO 4

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- Se realiza el rediseño del primer prototipo de camilla médica articulada la cual cumple con las características antropométricas latinoamericanas de acuerdo a la zona de influencia.
- El equipo médico cumple con las condiciones de operación para un óptimo desempeño en la rehabilitación de pacientes.
- La cinemática del sistema del equipo médico es el adecuado ya que realiza todos los movimientos que el paciente necesita para su recuperación sin ningún inconveniente.
- Se seleccionan los aceros ASTM A36 y ASTM A500, estos tipos de acero son económicos, resistentes, de fácil acceso en el medio y de buena soldabilidad lo que facilita la manufactura de las diferentes piezas.
- Para la simulación se utiliza una herramienta computacional que se basa en el Método de Elementos Finitos y mediante dicha herramienta se hace diferentes análisis a las diferentes piezas que soportan los esfuerzos máximos en las posiciones críticas. Luego de esto se observa que en ninguno de los casos el material supera su límite elástico y se obtiene un factor de seguridad mayor a 1, por tanto el diseño presenta un óptimo desempeño para las condiciones de cargas establecidas.
- Para el control del equipo médico se aplica un sistema de control en lazo cerrado, de esta manera mediante la retroalimentación que presenta el sistema se logra que el actuador llegue a la posición requerida por el encargado de salud.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- En trabajos futuros, continuar la línea de investigación enfocada a los diferentes tipos de materiales para la estructura del dispositivo médico, de esta manera mejorar la relación peso – costo de la camilla médica articulada para obtener mayores beneficios.
- Debido a que el diseño estructural se somete al análisis estático mediante el MEF, empleando el criterio de falla estática de Von Mises, es recomendable comprobar el diseño sometiéndolo a un análisis dinámico para comprobar el buen funcionamiento del dispositivo y obtener resultados más exactos.
- Para mejorar la estética y hacer que el dispositivo médico sea comercial es necesario cambiar ciertos componentes, principalmente el colchón el cual se acople de mejor manera a las partes del somier, panel de control, cinturones de sujeción, etc.
- Se plantea mejorar el sistema de control el cual permita controlar los movimientos no solo por el encargado de salud sino también pueda controlar el paciente ya que en muchas ocasiones el paciente está postrado en una camilla articulada pero se encuentra en perfectas condiciones para poder realizarse la terapia por su propia cuenta.

## REFERENCIAS

- Allstudies. (s.f.). Allstudies. <http://allstudies.com/acero-estructural.html>.
- ARDUINO. (s.f.). *ARDUINO.cl*. Recuperado el 27 de Mayo de 2018, de <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- ARDUINO. (s.f.). *ARDUINO.cl*. Recuperado el 7 de Junio de 2018, de <https://store.arduino.cc/arduino-nano>
- ARDUINO. (s.f.). *ARDUINO.cl*. Recuperado el 7 de Junio de 2018, de <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- ARDUINO. (s.f.). *ARDUINO.cl*. Recuperado el 7 de Junio de 2018, de <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>
- Arroyo Talledo, J. M. (16 de Junio de 2001). *España Patente nº 1048125*.
- Ávila Chaurand, R., Prado León, L., & González Muños, E. (2007). *Dimensiones antropométricas población latinoamericana*. Guadalajara: D. R.
- Cabrera, L. R. (2013). Modificaciones adaptativas en el sistema locomotor. *efdeportes.com*, 5-6.
- Cabrera, L. R. (2013). Modificaciones adaptativas en el sistema locomotor. *EFDeportes.com*, 4-6.
- Carvajal Flores, D. F. (2016). DISEÑO DE UNA CAMILLA PARA MOVILIZACIÓN Y BIPEDESTACIÓN DE PACIENTES. Ibarra.
- CATSA. (21 de Agosto de 2012). *Amigos del motor CATSA*. Recuperado el 4 de junio de 2018, de <http://amigosdelmotor.com/cambiar-bateria/>
- CATSA. (21 de Agosto de 2012). *Amigos del motor CATSA*. Recuperado el 3 de Junio de 2018, de <http://amigosdelmotor.com/cambiar-bateria/>
- Cevallos Arroyo, P. (2010). AUTOMATIZACIÓN DE UNA CAMA DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN. Quito.
- Cházaro Rosario, C., & Alvarez Valadez, O. (s.f.). *EL ACERO HOY*. México: Gerdau Corsa.



Cházaro Rosario, C., Alvarez Valadez, O., & Uribe Pérez, V. G. (s.f.). El acero hoy. México: imca.

Comas Carreras, J. (16 de Diciembre de 1985). *España Patente nº 288342*.

Conterón Carranco, E. R. (2016). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BASE PORTÁTIL PARA UN DISPOSITIVO PARA TRASLADO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ ENTRE SILLAS DE RUEDAS Y AUTOMÓVILES. Ibarra.

Dassault Systemes. (s.f.). *MySolidWorks*. Recuperado el 27 de Junio de 2018, de [http://help.solidworks.com/2017/spanish/SolidWorks/cworks/c\\_Background\\_on\\_Meshing.htm](http://help.solidworks.com/2017/spanish/SolidWorks/cworks/c_Background_on_Meshing.htm)

ELECTRONICS, i. (s.f.). *i2C ELECTRONICS*. Recuperado el 7 de Junio de 2018, de <http://i2celectronica.com/rele-modulo-rele/306-rele-de-5v-250vac-10a.html>

ELECTRONILAB. (s.f.). *ELECTRONILAB, Ingeniería y diseño electrónico*. Recuperado el 7 de Junio de 2018, de <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/>

exámen, C. d. (s.f.). *Camilla de exámen*. Recuperado el 13 de Enero de 2018, de <http://www.hidemar.com/novedadesF.asp?idioma=es&objeto=300&iNew=2>

*Fisioterapia para todos* . (s.f.). Recuperado el 15 de Diciembre de 2017, de <http://www.fisioterapiaparatodos.com/enfermedades-de-la-piel/escaras-en-la-piel-causas-y-grados/>

hacks.io. (s.f.). *hacks.io*. Recuperado el 7 de Junio de 2018, de <https://www.hackster.io/powerberry/like-a-bat-with-hc-sr04-829486>

INVENTABLE.en. (s.f.). *INVENTABLE.en*. Recuperado el 7 de junio de 2018, de <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>

LINAK. (s.f.). *EL ACTUADOR LINEAL*. (LINAK LATINOAMERICA.COM) Recuperado el 10 de Enero de 2018, de <http://www.linak-latinoamerica.com/about/?id3=7471>

Llamas, L. (s.f.). *EJERCER GRANDES FUERZAS CON ACTUADOR LINEAL Y ARDUINO*. Recuperado el 7 de Junio de 2018, de <https://www.luisllamas.es/arduino-actuador-lineal/>

Llamas, L. (s.f.). *Ingeniería, informática y diseño*. Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de <https://www.luisllamas.es/>

- Matínez López, J. F. (2008). *PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE ÚLCERAS Y ESCARAS*. Málaga: Publicaciones Vértice S. L. .
- MedlinePlus. (s.f.). Recuperado el 10 de Diciembre de 2017, de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003190.htm>
- Nueva, L. (23 de Marzo de 2015). Moderna camilla bipedestadora. *La Nueva*.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S. A.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S. A.
- Pardo Herrera, J. (16 de Diciembre de 1994). *España Patente nº 1028256*.
- Pérez de la Plaza, E., & Fernández Espinoza, A. M. (2011). *Auxiliar de enfermería*. España: Mc Graw Hill.
- Pérez Lafragua, N. R. (2012). DISEÑO DE ÓRTESIS ACTIVA DE CODO PARA REHABILITACIÓN DE PACIENTES ESPÁSTICOS. México.
- Pineda Vaca, D. (2016). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA TRASLADO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ ENTRE SILLAS DE RUEDAS Y AUTOMÓVILES. Ibarra.
- Ramírez Plaza, S. P. (2007). *Movilización del paciente*. España: Editorial Vértice.
- Salud, L. (s.f.). *Logar Salud*. Recuperado el 6 de Junio de 2018, de <https://www.logarsalud.com/mobiliario-clinico/camillas/camillas-electricas/camilla-electrica-ecopostural-respado-negativo-elevacion-en-tijera-y-periferica.html>
- Tema, F. (s.f.). *Fisio Tema*. Recuperado el 6 de Junio de 2018, de <https://www.fisiotema.com/camillas-y-complementos/camillas-ecopostural/camillas-electricas-ecopostural/camilla-electrica-d-columna-wengue-3-cuerpos-70x198-m6-t33refc6103wm66t33.html>

**ANEXOS**

## TUBO DE ACERO RECTANGULAR

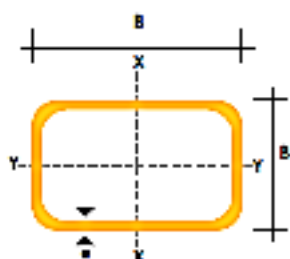
### TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

#### Especificaciones Generales

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



DIMENSIONES				AREA	EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	I cm	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	I cm
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,86	0,86	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,76	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,65	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,55	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,86	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,26	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,46	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,50	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,46	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,54	14,99	3,51	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	105,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,67	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15



## TUBO DE ACERO CUADRANGULAR

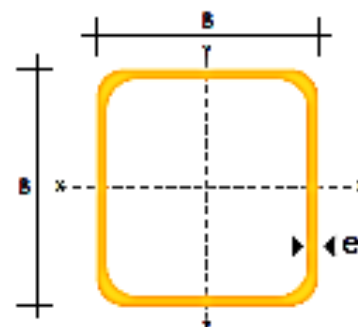
### TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

#### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A 500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6 mts.
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 20mm a 100mm
<b>Espesor</b>	Desde 2,0mm a 5,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,55
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,05	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,51	21,20	8,48	1,91
50	2,0	3,65	3,74	21,25	7,09	2,39
50	3,0	5,42	6,51	35,05	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,35	270,57	54,11	3,84



## PERFILES DE ÁNGULOS

### PERFILES IMPORTADOS ANGULOS

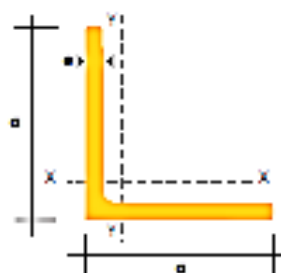
#### Especificaciones Generales

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



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm <sup>2</sup>
	a	e			
AL 20X2	20	2	0.50	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.35	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.65	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.54
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	5.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	5.78	40.65	8.54
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	55.60	11.50
AL 100X6	100	6	9.14	55.65	11.54
AL 100X8	100	8	12.05	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.25	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable



## PERFILES DE PLATINAS

### PERFILES LAMINADOS PLATINAS

#### Especificaciones Generales

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



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/5m	cm2
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.69	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.26
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.56	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00



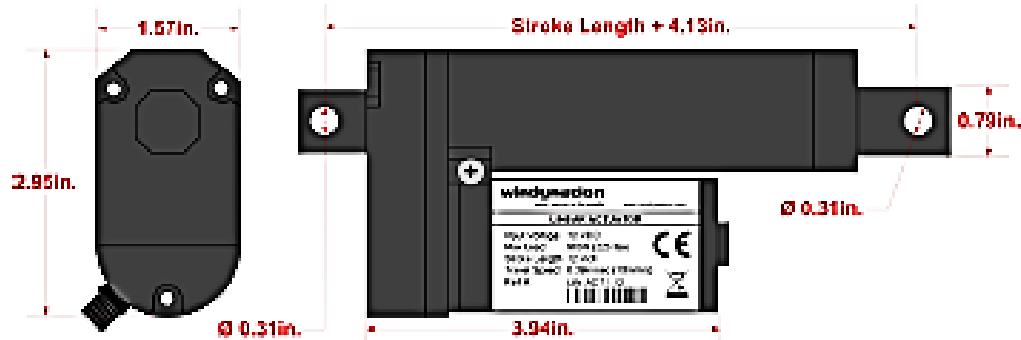
## ACTUADOR LINEAL ELÉCTRICO

# windy nation

## LIN-ACT1-XX Linear Actuators



SPECIFICATIONS	LIN-ACT1-02	LIN-ACT1-06	LIN-ACT1-08	LIN-ACT1-12	LIN-ACT1-16	LIN-ACT1-20
Stroke Length	2" (51mm)	6" (152mm)	8" (203mm)	12" (305mm)	16" (405mm)	20" (508mm)
Rated Load	225 lbs (900N)					
Travel Speed (Max)	0.38 in/sec (10 mm/sec)					
Rated Voltage	12VDC					
Minimum Install Dimension	Stroke Length + 4.33" (110mm)					
Mounting Holes	0.31" (8mm)					
Limit Switches	Fixed Inner (not adjustable)					
Operation Temperature	-14.8°F to +149°F (-25°C to +65°C)					
Protection Class	IP65					
Duty Cycle	25%					
Noise Level	≤ 50dB					



### INSTALLATION

**WARNING:** 1. The load added onto the actuator must be less than or equal to the rated load of actuator.

2. Install the actuator so the force of the load acts in the center of the extension tube and rear mounting adapter. Off-centered loads will cause the actuator shaft to rub against the housing and will damage the actuator.

3. Do not exceed the 25% duty cycle of the actuator: If the actuator is used at full load for 2.5 minutes, then it must remain off for 7.5 minutes. Exceeding the duty cycle will cause the actuator motor to overheat.

- Mount the actuator by securing the top and bottom mounting holes to two fixed positions. The stroke length of the actuator (e.g. 12 inches) and the limitations of the particular application will determine the location of the fixed mounting positions. **IMPORTANT:** Confirm up/down movement of actuator is smooth and within actuators stroke length after installation.
- Secure the top and bottom mounting holes of the linear actuator onto the two mounting fixtures using 5/16" diameter bolts.
- Connect the red wire to the positive post and the black wire to negative post of the 12 volt DC power supply.
- The operation of the linear actuator should be tested manually after the installation is completed. Users should use caution to ensure that:
  - The travel distance of the actuator satisfies the requirement of the structural design.
  - The extended and retracted limit switches operate normally (The limit switches should stop the motor when the extension tube is fully retracted or fully extended)
  - If the motor runs too slow or does not give full force, (1) the power supply is insufficient and needs to be increased or (2) the load being applied to the actuator is too great and needs to be reduced to less than or equal to 225 lbs.

### WARRANTY

Windy Nation warrants the item to be free of manufacturing flaws for a period of 90 days.

Windy Nation is not responsible for any injuries and/or damages caused as a result of not complying with the specifications stated.



## ARDUINO MEGA 2560



## Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Decimila.

## Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Environmental Policies half sqm of green via Impatto Zero®	Page 7



radiospares

RADIONICS



# Technical Specification

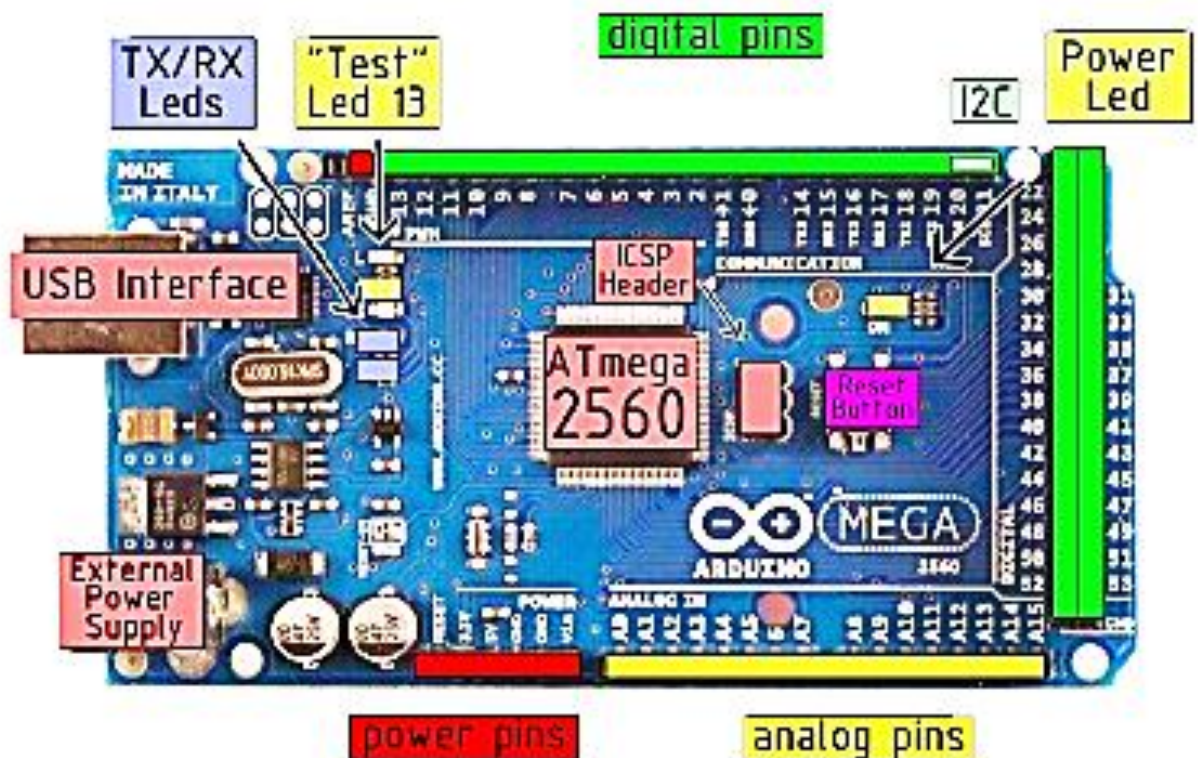


EAGLE files: [\\_arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [\\_arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

## Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	8-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

## the board



power pins

analog pins

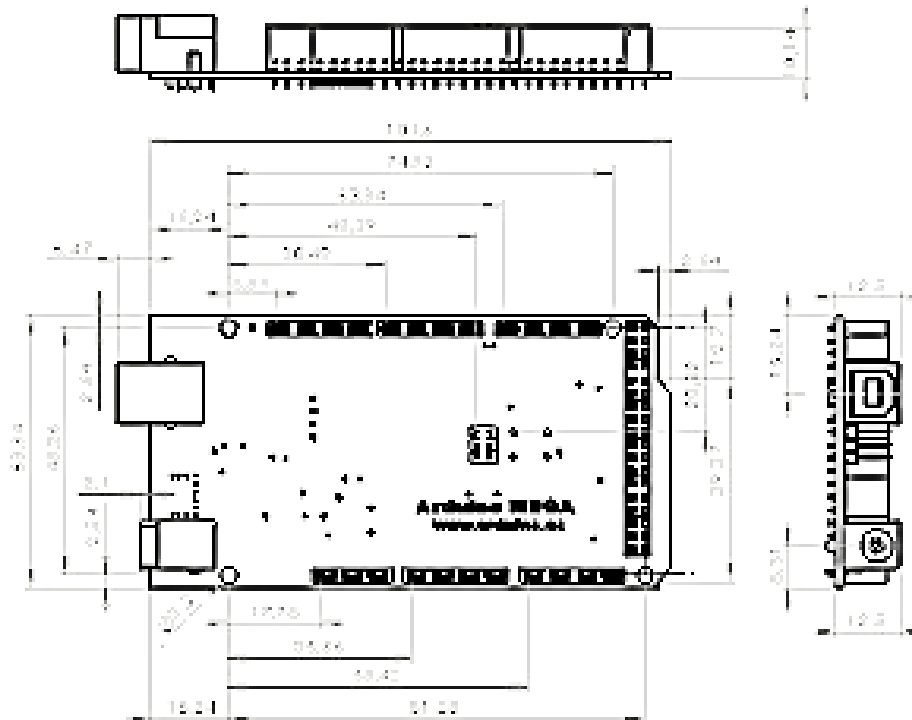
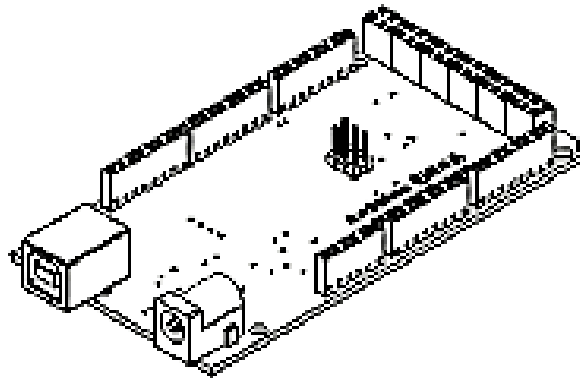


radiospares

RADIONICS



## Dimensioned Drawing



*radiospares* **RADIONICS**



## MANUAL DE USO

Antes de hacer uso de la camilla médica articulada lea detenidamente el manual de operación.

### DESCRIPCIÓN Y SUGERENCIAS PARA EL DISPOSITIVO MÉDICO

- ✓ La camilla médica articulada está construida con perfiles y tubos de acero en toda su estructura, este es un diseño el cual hace que el peso de la camilla sea el menos posible. El peso total aproximado de la camilla médica es de 68,04 kg (150 libras).
- ✓ El dispositivo médico está diseñado principalmente para la recuperación o para brindarles un mejor estilo de vida a las personas con movilidad reducida de su cuerpo. El dispositivo médico permite a la persona realizar las siguientes posiciones: fowler, trendelemburg, flexión de rodillas, regulación de altura, bipedestación y movilización de los pacientes a diferentes ambientes.
- ✓ Los actuadores eléctricos, el colchón, baterías, llantas de la camilla médica, las tijeras de la camilla, la base general que soporta todo el peso de la camilla y el somier se pueden desmontar con facilidad si es necesario para un posible reemplazo.
- ✓ No abra las cajas de control y de potencia, ni trate de desarmar o modificar de ninguna forma los componentes internos. En caso de anomalías en el funcionamiento, deje de utilizar el equipo inmediatamente.
- ✓ Para recargar las baterías únicamente utilice los puntos de energía de 110V.
- ✓ Evitar que el dispositivo médico esté en contacto con el agua, especialmente las cajas de control y potencia.
- ✓ No superar la carga máxima.
- ✓ Para desmontar las partes del dispositivo médico no es necesario una persona calificada y competente ya que no requiere mayor conocimiento técnico.
- ✓ El dispositivo médico debe ser manipulado únicamente por una persona capacitada que tenga conocimientos básicos de su funcionamiento para realizar todos los movimientos mencionados anteriormente.

## DATOS TÉCNICOS

Peso aproximado de la camilla médica articulada	68,04 kg (150 libras)
Peso máximo de la persona	90 Kg (198,42 lb)
Fuente de alimentación (Batería recargable)	12 V DC
Máximo consumo de corriente	10 A
Materiales del producto	ASTM A36 ASTM A500
Baterías	12V 42Ah 12V 6Ah
Actuador lineal eléctrico	4000 N 1500 N 900 N

## MONTAJE DEL DISPOSITIVO

- ✓ Poner el equipo médico sobre superficies planas para mejor comodidad del paciente.
- ✓ La camilla debe colocarse en un espacio amplio siempre verificando que el mando de control no quede obstruido.
- ✓ Se debe verificar que exista un tomacorriente con un voltaje de 110 V para recargar las baterías de la camilla si es necesario.
- ✓ Verificar que el colchón se encuentre sujeto a la estructura de la camilla.
- ✓ Una vez se encuentra ubicada en la posición requerida se debe accionar los frenos en cada una de las cinco llantas de la camilla.



## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FUNCIONAMIENTO

A continuación, Se detalla el funcionamiento de la camilla médica articulada.

- ✓ Para iniciar el funcionamiento de la camilla médica articulada encender la LCD.



- ✓ Encender los actuadores presionando el botón *ON/OFF ACTUADORES*.



- ✓ Seleccionar el modo de funcionamiento.

MANUAL: Se accionan los actuadores y se puede detener cuando el encargado de salud desee mediante el accionamiento de los botones *posición*.

AUTOMÁTICO: Se puede ingresar el valor de un ángulo mediante el accionamiento de los botones *posición* y posteriormente el actuador se acciona presionando el botón *play/pausa*.



- ✓ Únicamente para la bipedestación del paciente verificar que el reposapiés se encuentre perfectamente regulado según la estatura del paciente y colocar los pasadores en los agujeros del reposapiés para que de esta manera el paciente permanezca estable sobre el colchón. Además ajustar correctamente al cuerpo del paciente los cinturones de seguridad para que cuando la bipedestación llegue a su punto máximo el paciente no pierda contacto con el colchón.
- ✓ Para realizar los movimientos restantes desabrochar los cinturones de seguridad y en el caso del reposapiés soltar los pasadores y dejar que se deslice hasta el punto máximo.
- ✓ Teniendo en cuenta los pasos anteriores, la camilla médica está lista para realizar los diferentes movimientos.

## MANUAL DE MANTENIMIENTO

Para el correcto mantenimiento de la camilla médica articulada se debe contar con personal que tenga conocimientos básicos de mecánica y electrónica. En la siguiente tabla muestra los problemas que pueden presentarse al momento de utilizar el dispositivo médico y una lista de sus posibles soluciones.

<b>POSIBLES PROBLEMAS EN LA CAMILLA MÉDICA ARTICULADA</b>		
<b>Problemas</b>	<b>Causas</b>	<b>Posibles soluciones</b>
- Al accionar los pulsadores no varía el tipo de terapia que se muestra en la LCD.	- Cable de conexión de los pulsadores en mal estado. - Pulsadores dañados (no envía la señal).	- Reemplazar el cable de conexión de los pulsadores. - Cambiar el pulsador. -
- LCD no muestra mensajes claros.	- Fuente de alimentación. - Tarjeta de control.	- Recargar la batería que alimenta la LCD. - Resetear la tarjeta de control.
- No se activa el actuador que realiza la bipedestación.	- El vástago de alguno de los demás actuadores no se encuentra en su posición inicial.	- Revisar la conexión (posible cable suelto). - Revisar los demás actuadores y hacer que regresen a su posición inicial.
- Las señales que se envían a la tarjeta de control mediante el accionamiento de un pulsador para seleccionar una terapia o ingresar el valor de un ángulo, tardan demasiado tiempo en ejecutarlas.	- Alguno de los sensores ultrasónicos (HC-SR04) que están ubicados en el vástago de los actuadores se encuentran en mal estado.	- Revisar la fuente de alimentación de los sensores - Revisar la conexión (posible cable suelto). - Reemplazar el sensor ultrasónico HC-SR04.



<ul style="list-style-type: none"> <li>- LCD apagada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuente alimentación</li> <li>- Conexión a la tarjeta controladora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar la fuente de alimentación de la LCD.</li> <li>- Revisar la conexión entre la LCD y la tarjeta de control.</li> <li>- Reemplazar LCD.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los actuadores no se activan para realizar los diferentes movimientos de articulación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Batería descargada.</li> <li>- Cables de conexión en mal estado.</li> <li>- Módulos de relés en mal estado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recargar batería de alimentación.</li> <li>- Revisar la conexión (posible cable suelto).</li> <li>- Cambiar los cables que conectan a los actuadores.</li> <li>- Reemplazar el módulo de relés.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La camilla médica articulada no realiza el movimiento de regulación de altura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existencia de algún tipo de material en las rieles lo cual interrumpe el deslizamiento de los rodamientos.</li> <li>- Rodamientos en mal estado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpiar los cuatro rieles por las cuales se deslizan los rodamientos.</li> <li>- Engrasar los rieles para no tener rozamiento entre los rodamientos y los rieles.</li> <li>- Reemplazar los rodamientos.</li> </ul>

**PLANOS**