



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIEROS EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA:**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS  
MOTORIZADA”**

**AUTORES: JÁCOME RECALDE CHRISTIAN OSWALDO**

**QUIROZ RUIZ STALIN ISIDRO**

**DIRECTOR: Msc. MARIO GRANJA**

**IBARRA – ECUADOR**

**2016**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital determina 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:

DATOS DE CONTACTO	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0401300645
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	JÁCOME RECALDE CHRISTIAN OSWALDO
<b>DIRECCIÓN:</b>	GUAYANAS Y BOLIVIA
<b>E-MAIL:</b>	<a href="mailto:jacomechristian3@gmail.com">jacomechristian3@gmail.com</a>
<b>TELÉFONO FIJO</b>	06-3011423
<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0998699641
DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS MOTORIZADA”
<b>AUTOR:</b>	JÁCOME RECALDE CHRISTIAN OSWALDO
<b>FECHA:</b>	MAYO DEL 2016
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
<b>DIRECTOR:</b>	Msc. MARIO GRANJA

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>	0401521919
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	QUIROZ RUIZ STALIN ISIDRO
<b>DIRECCIÓN:</b>	BOLIVAR Y ESPEJO SAN ISIDRO CARCHI
<b>E-MAIL:</b>	<a href="mailto:stalin_quiroz@hotmail.com">stalin_quiroz@hotmail.com</a>
<b>TELÉFONO FIJO</b>	06 2974079
<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0982585539
<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS MOTORIZADA”
<b>AUTOR:</b>	QUIROZ RUIZ STALIN ISIDRO
<b>FECHA:</b>	MAYO DEL 2016
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
<b>DIRECTOR:</b>	MSC. MARIO GRANJA

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros, Jácome Recalde Christian Oswaldo con cédula de identidad No 0401300645, Quiroz Ruiz Stalin Isidro, con cédula de identidad No 0401521919, en calidad de autores y titulares de los derechos Patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en forma 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.

## 3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor 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 la defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.



.....  
Firma

Nombre: Jácome Recalde Christian Oswaldo

Cédula: 0401300645

Ibarra, Mayo del 2016



.....  
Firma

Nombre: Quiroz Ruiz Stalin Isidro

Cédulas: 0401521919

Ibarra, Mayo del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

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

Nosotros, Jácome Recalde Christian Oswaldo con cédula de identidad No 0401300645, Quiroz Ruiz Stalin Isidro, con cédula de identidad No 0401521919 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 autores de la obra o trabajo de grado denominado: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS MOTORIZAD”**; que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIEROS EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ, en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

.....  
Firma

Nombre: Jácome Recalde Christian Oswaldo

Cédula: 0401300645

Ibarra, Mayo del 2016

.....  
Firma

Nombre: Quiroz Ruiz Stalin Isidro

Cédulas: 0401521919

Ibarra, Mayo del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Luego de haber sido designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra, he aceptado con satisfacción participar como director del Trabajo de grado titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS MOTORIZAD”**; de los señores egresados: Jácome Recalde Christian Oswaldo, Quiroz Ruiz Stalin Isidro, previo a la obtención del Título de Ingenieros en Mantenimiento Automotriz.

A ser testigo presencial, y corresponsable directo del desarrollo del presente trabajo de investigación, afirmo que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentado públicamente ante el tribunal que sea designado oportunamente.

Esto es lo que puede certificar por ser justo y legal.

---

MSC. MARIO GRANJA  
DIRECTOR DE GRADO



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACIÓN**

Nosotros, Jácome Recalde Christian Oswaldo, Quiroz Ruiz Stalin Isidro, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de la Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

.....  
Firma

Nombre: Jácome Recalde Christian Oswaldo

Cédula: 0401300645

Ibarra, Mayo del 2016

.....  
Firma

Nombre: Quiroz Ruiz Stalin Isidro

Cédulas: 0401521919

Ibarra, Mayo del 2016



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo va dirigido a nuestras familias por su apoyo y ayuda incondicional en los momentos más difíciles de nuestras vidas, por querer que la superación sea nuestra victoria. A todos ellos muchas gracias.

*Christian Oswaldo Jácome Recalde*

*Stalin Isidro Quiroz Ruiz*



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTO**

Al culminar el trabajo de grado con éxito no nos queda más que agradecer a la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra por acogernos desde nuestros indicios estudiantiles, a la carrera de Ing. en Mantenimiento Automotriz a nuestros docentes quienes compartieron sus conocimientos.

Un agradecimiento especial al Ing. Mario Granja, Director de Trabajo de Grado quien nos ha guiado permanentemente, de manera científica y con su experiencia profesional

*Christian Oswaldo Jácome Recalde*

*Stalin Isidro Quiroz Ruiz*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	V
CERTIFICACIÓN.....	VI
DECLARACIÓN.....	VII
DEDICATORIA.....	VIII
AGRADECIMIENTO.....	IX
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIV
RESUMEN.....	XVII
SUMMARY .....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.4.1 TEMPORAL.....	2
1.4.2 ESPACIAL.....	2
1.5 OBJETIVOS .....	2
1.5.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.6 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.7 JUSTIFICACIÓN .....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	4
2 MARCO TEÓRICO.....	4

X

2.1 INTRODUCCIÓN .....	4
2.2 TIPO DE DISCAPACIDADES .....	4
2.2.1 DISCAPACIDAD SENSORIAL.....	5
2.2.2 DISCAPACIDAD INTELECTUAL O MENTAL .....	5
2.2.3 DISCAPACIDAD MOTRIZ.....	5
2.3. PROBLEMÁTICA DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD .....	5
2.3.1 ÁMBITO FAMILIAR .....	5
2.3.2 ÁMBITO ESCOLAR .....	6
2.3.3 ÁMBITO LABORAL .....	6
2.3.4 ÁMBITO SOCIAL .....	6
2.3.5 ACCESIBILIDAD .....	6
2.4 SILLA DE RUEDAS.....	8
2.4.1 HISTORIA DE LA SILLA DE RUEDAS .....	8
2.4.2 MECANISMO DE LA SILLA DE RUEDAS.....	9
2.4.3 PARTES DE UNA SILLA DE RUEDAS .....	10
2.4.4 MEDICIONES.....	12
2.4.5 CONTROL ELECTRÓNICO PARA GENTE MÁS DISCAPACITADA .....	13
2.4.6 SILLAS MOTORIZADAS.....	14
2.5 CONSIDERACIONES GENERALES EN EL DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS .....	15
2.5.1 EL PROCESO DEL DISEÑO .....	16
2.5.2 NORMAS.....	17
2.5.3 RESISTENCIA Y DURABILIDAD.....	18
2.5.4 APTITUD PARA EL USO .....	18
2.5.5 ESTABILIDAD .....	19
2.5.6 MANIOBRABILIDAD .....	19
2.5.7 TRANSPORTACIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS .....	20
2.5.8 CONFIABILIDAD.....	21
CAPÍTULO III.....	22
3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	22

3.1.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	22
3.1.2 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA.....	22
3.2 MÉTODOS .....	22
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	23
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>24</b>
4 PROPUESTA .....	24
4.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	24
4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA SILLA DE RUEDAS .....	25
4.3 DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO O MAQUINA .....	25
4.3.1 CASA DE LA CALIDAD.....	26
4.3.2 LA VOZ DEL USUARIO .....	26
4.3.3 VOZ DEL INGENIERO.....	27
4.3.4 CONCLUSIONES DE LA CASA DE LA CALIDAD .....	27
4.4 DEFINICIÓN Y DISEÑO CONCEPTUAL.....	28
4.4.1 ANÁLISIS FUNCIONAL .....	28
4.4.2 DETERMINACIÓN DE SISTEMAS.....	28
4.4.3 ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES .....	29
4.4.4 SELECCIÓN DE TIPO DE SILLA SEGÚN LAS MATRICES DE CRITERIOS PONDERADOS.....	29
4.4.5 SELECCIÓN DE SISTEMAS .....	29
4.5 SIMULACIÓN DEL DISEÑO DEL CHASIS.....	53
4.5.1 ESPECIFICACIONES DE LAS FUERZAS .....	54
4.5.2 SIMULACIÓN EN INVENTOR DE ACUERDO AL MATERIAL USADO.....	55
4.5.3 UBICACIÓN DE RESTRICCIONES.....	56
4.5.4 ESFUERZOS BAJO LA TEORÍA DE VON MISES.....	58
4.5.5 TEORÍA DE TENSIÓN DE VON MISES.....	59
4.5.6 DESPLAZAMIENTO OCURRIDO EN EL CHASIS AL APLICAR LAS CARGAS.....	59
4.5.7 DEFORMACIÓN DEL CHASIS AL APLICAR CARGAS.....	60
4.5.8 PRESIÓN QUE SOPORTA EL CHASIS AL SER APLICADAS LAS CARGAS .....	61
4.6 CONSTRUCCIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS.....	61

<b>CAPÍTULO V</b> .....	65
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
5.1 CONCLUSIONES.....	65
5.2 RECOMENDACIONES .....	66
5.3 BIBLIOGRAFÍA .....	67
5.4 ANEXO.....	70
ANEXO 1: FOTOGRAFÍAS .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Rampa de acceso .....	7
<b>FIGURA 2:</b> Silla de ruedas.....	8
<b>FIGURA 3:</b> Tipos de chasis .....	10
<b>FIGURA 4:</b> Respaldo .....	12
<b>FIGURA 5:</b> Esquema de chasis de hierro soldado .....	30
<b>FIGURA 6:</b> Chasis de aluminio rígido .....	31
<b>FIGURA 7:</b> Chasis de aluminio rígido .....	32
<b>FIGURA 8:</b> Dirección de la silla .....	37
<b>FIGURA 9:</b> Tubo de la horquilla.....	37
<b>FIGURA 10:</b> Sistema de mando joystick .....	38
<b>FIGURA 11:</b> Perfil de acero .....	42
<b>FIGURA 12:</b> Perfiles de Aluminio.....	43
<b>FIGURA 13:</b> Perfiles de Titanio.....	45
<b>FIGURA 14:</b> Ruedas macizas.....	48
<b>FIGURA 15:</b> Ruedas Neumáticas .....	49
<b>FIGURA 16:</b> Ruedas tubulares .....	50
<b>FIGURA 17:</b> Ubicación de las fuerzas en el chasis .....	54
<b>FIGURA 18:</b> Restricciones.....	56
<b>FIGURA 19:</b> Esfuerzos de Von Mises .....	58
<b>FIGURA 20:</b> Desplazamiento.....	60
<b>FIGURA 21:</b> Deformación del chasis .....	60
<b>FIGURA 22:</b> Presión sobre el chasis .....	61
<b>FIGURA 23:</b> Corte manual de perfiles de acero .....	61
<b>FIGURA 24:</b> Taladrado de varias partes del chasis. ....	62
<b>FIGURA 25:</b> Biselado partes del chasis .....	62
<b>FIGURA 26:</b> Unión de las partes del chasis mediante soldadura MIG.....	63
<b>FIGURA 27:</b> Ensamblaje de la dirección al chasis .....	63
<b>FIGURA 28:</b> Silla de Rueda Motorizada Construida.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> Evaluación criterios diseño del chasis .....	34
<b>TABLA 2:</b> Evaluación de las soluciones de durabilidad de la silla .....	34
<b>TABLA 3:</b> Evaluación las soluciones de calidad de la silla .....	34
<b>TABLA 4:</b> Evaluación de las soluciones respecto al menor costo de la silla de ruedas .....	35
<b>TABLA 5:</b> Evaluación de las soluciones de acuerdo al menor espacio que se utiliza de la silla.	35
<b>TABLA 6:</b> Evaluación de las soluciones respecto al mantenimiento necesario para la silla. ....	35
<b>TABLA 7:</b> Conclusiones para el chasis a usarcé en la silla .....	36
<b>TABLA 9:</b> Evaluación de las soluciones de mando o dirección respecto a su comodidad o ergonomía. ....	39
<b>TABLA 10:</b> Evaluación de las soluciones de mando o dirección en cuestión de seguridad al momento de operar la silla. ....	39
<b>TABLA 11:</b> Evaluación de las soluciones de mando o dirección para su montaje en la silla de ruedas.....	40
<b>TABLA 12:</b> Evaluación de las soluciones de mando o dirección referente al mantenimiento que requiere. ....	40
<b>TABLA 13:</b> Evaluación de las soluciones de mando o dirección en cuestión de seguridad al momento de operar la silla. ....	41
<b>TABLA 14:</b> Conclusiones para el tipo de dirección a ser usado en la silla de ruedas.....	41
<b>TABLA 15:</b> Evaluación criterios materiales a usarse en la construcción del chasis de la silla de ruedas.....	46
<b>TABLA 16:</b> Evaluación de las soluciones de la facilidad de obtención de elementos de cada material.....	46
<b>TABLA 17:</b> Evaluación de las soluciones de la resistencia de cada.....	46
<b>TABLA 18:</b> Evaluación de las soluciones del peso de cada material. ....	47
<b>TABLA 19:</b> Evaluación de las soluciones de la resistencia de cada material.....	47
<b>TABLA 20:</b> Tabla de conclusiones para el material a usarse en la construcción de chasis de la silla .....	47
<b>TABLA 21:</b> Evaluación criterios de las ruedas que van a ser usadas en la silla de ruedas. ....	51
<b>TABLA 22:</b> Evaluación de las soluciones de la durabilidad de las ruedas .....	52
<b>TABLA 23:</b> Evaluación de las soluciones de la adherencia de las ruedas .....	52

<b>TABLA 24:</b> Evaluación de las soluciones de la facilidad de montaje de las ruedas en la silla ....	52
<b>TABLA 25:</b> Evaluación de las soluciones del mantenimiento que necesitan las ruedas .....	53
<b>TABLA 26:</b> Evaluación de las soluciones del costo de las ruedas .....	53
<b>TABLA 27:</b> Propiedades físicas.....	55
<b>TABLA 28:</b> Materiales .....	56
<b>TABLA 29:</b> Fuerza y pares de reacción en restricciones.....	57
<b>TABLA 30:</b> Resumen de resultados .....	57

## RESUMEN

La silla de ruedas se ha convertido para las personas con capacidades especiales en una herramienta fundamental para su movilidad, ya que la silla de ruedas que se elabora en el presente trabajo de investigación permitió el desplazamiento de aquellas personas con problemas de locomoción o movilidad reducida debido a una lesión o enfermedad física, el propósito de la construcción y elaboración de la silla de ruedas es brindar un traslado seguro, rápido y confortable permitiendo a la persona con capacidades especiales autonomía para realizar sus actividades diarias sin que sea dependiente de otra persona, sin que tengan restricciones y puedan integrarse a la sociedad, brindándoles un mejor estilo de vida, por tal razón el objetivo de la investigación fue el de diseño y construcción de la silla de ruedas y los específicos: diseñar una silla de ruedas de acuerdo a los resultados del estudio realizado, tomando en cuenta la motorización de esta: construir la silla de ruedas con las especificaciones del diseño, y con los materiales adecuados y comprobar el correcto funcionamiento y resistencia del proyecto realizado, además está constituida por seis capítulos, como es el primer capítulo el problema de investigación, el capítulo dos el marco teórico, el capítulo tres la metodología de la investigación, el capítulo cuatro marco administrativo, el capítulo cinco, conclusiones y recomendaciones, y el seis la propuesta alternativa que fue elaborada para dar una solución al problemas suscitado en la investigación, para así dar una equidad en la sociedad a las personas con capacidades especiales y su inclusión social que es política del estado ecuatoriano.

## SUMMARY

While it's true, the wheelchair has become an essential tool for disabled people. The wheelchair has been developed to allow the movement of those who have mobility problems or disabled people due to injury or physical illness.

The purpose of the construction and development of the wheelchair is to provide a safer, faster and more comfortable mobilization. It will provide these people the autonomy to do their daily activities without depending on someone else and without having restrictions, so they can integrate into society.

The research has a main objective and specific objectives. The main objective of this research is to design and build a wheelchair, and the specific objectives are: To design a wheelchair according to the results of the study taking into account the motorization of it, to build a wheelchair with the design specifications and with suitable materials, to check the correct functioning and resilience undertaken project.

This research is comprised of six chapters: the first chapter is the research problem, second chapter the theoretical framework, third chapter the research methodology, fourth chapter administrative framework, fifth chapter conclusions and recommendations and sixth chapter an alternative proposal is developed to provide a solution to aroused problems in the research in order to help to get an equitable society for disabled people because social inclusion is the policy of the Ecuadorian State

## INTRODUCCIÓN

La elaboración del trabajo de grado nace por la necesidad que tienen las personas con capacidades especiales y la necesidad que tienen estas para moverse, en la antigüedad era un tabú, pero en la actualidad la inclusión es una disposición de ley del estado ecuatoriano; por tal razón la elaboración y construcción de una silla de ruedas motorizada ayudó significativamente a la movilidad de las mismas, además es cómoda y fácil de maniobrar para poderla transportar, cabe indicar que el trabajo de grado estuvo conformado por los siguientes capítulos que se detallan a continuación.

El problema de investigación; los antecedentes que fue una narración de los hechos y sucesos que fueron desarrollándose para la elaboración y construcción de la silla de ruedas; el planteamiento del problema el cual demuestra la dificultad que se suscita en cuanto a las personas con capacidades especiales, ya que esta es una herramienta que provee a una persona con discapacidad, la oportunidad de incluirse a la sociedad y de moverse; la formulación del problema; delimitación espacial y temporal; objetivos general y específicos, preguntas de investigación y concluyendo con la justificación del por qué se desarrolló la investigación.

El marco teórico el cual es una readequación bibliográfica de los temas que se tratan en cuanto al diseño y construcción de una silla de ruedas motorizada, para luego seguir con el posicionamiento teórico personal y terminado este capítulo con la matriz categorial.

El tercer capítulo se fundamenta en la metodología de la investigación, tipos de investigación, métodos, recursos y materiales con los cuales se va elaborar la silla motorizada; la misma que es sustentada por los autores de este trabajo de investigación en su totalidad.

El cuarto capítulo se constituye por el marco administrativo el cronograma de actividades en el cual se detalla por meses como va a avanzar el desarrollo del trabajo de investigación en un tiempo determinado.

En el quinto capítulo se determina las conclusiones y recomendaciones a las que llega el trabajo investigativo luego de un análisis exhaustivo del mismo.

El sexto y último capítulo están estructurados por la propuesta alternativa, el título de la propuesta que es diseño y construcción de una silla de ruedas motorizada, la justificación de la propuesta, objetivos general y específicos, la ubicación sectorial y física, y el desarrollo de la propuesta, además cabe indicar que también el trabajo de investigación consta de bibliografía y anexos.

# CAPÍTULO I

## 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La primera silla de ruedas conocida y creada especialmente para ese propósito es la del rey Felipe II de España, que adolece de un trastorno motriz que le imposibilitaba el desplazamiento normal y adecuado cabe destacar que la implementación por aquella época de la silla de ruedas es casi injustificada, dado que los castillos medievales no cuenta con rampas de acceso ni interiores. (Medicina Auxiliar, 2013)

La primera patente sobre una silla de ruedas data de 1869. Se trata de un modelo bimanual impulsado por ruedas traseras. Al poco tiempo surgen nuevos modelos de tres ruedas y con otras modificaciones, como es la adaptación de las ruedas para poder ser utilizada mono manualmente o trimanualmente.

El primer modelo impulsado eléctricamente data de 1924. Este modelo no resulta llamativo para el público por el ruido que produce, que es comparado en muchas ocasiones con el cloqueo de las gallinas, y por eso es denominada la gallineta o el gallimóvil. La silla de ruedas, tal y como se la conoce hoy, es creada en 1932 por el ingeniero Harry Jennings para un amigo suyo. Juntos forman la compañía Everest & Jennings, que monopoliza el mercado hasta la década de los 60, época en la cual la compañía se declara en bancarrota a causa de la competencia oriental que brindaban productos más baratos y más fiables que los anteriores.

### 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se puede encontrar varios lugares de venta y/o alquiler de sillas de ruedas, pero en el Ecuador existe solo una fábrica de sillas, cuyos diseñadores y obreros son personas con discapacidad, los cuales usan sus conocimientos y experiencias propias en el diseño y construcción de modo que cada vez las sillas de ruedas son más livianas y confortables.

El avance de la ciencia, en el área de la mecánica ha ayudado en sí, al desarrollo de dispositivos para el mejoramiento y bienestar de personas con capacidades especiales.

Es en esta área en donde se encuentran las sillas de ruedas impulsadas por motores eléctricos y mandos para poder desplazarse en cualquier dirección. Estas nuevas posibilidades que brinda el avance tecnológico debe ser aprovechado, por esta razón los estudiantes de la carrera en Ingeniería en Mantenimiento Automotriz han visto conveniente, la construcción y elaboración de una silla de ruedas eléctrica para el desarrollo de la tecnología, con un fin social.

Es por esta razón que el proyecto está enfocado a realizarse, con materiales que se puedan encontrar en la industria nacional, con tecnología moderna y sobre todo, con un diseño que se enfoque en las necesidades del usuario nacional.

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo diseñar y construir una silla de ruedas motorizada?

### **1.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1 TEMPORAL**

Este proyecto se realiza en el año lectivo 2014-2015

#### **1.4.2 ESPACIAL**

La presente investigación se desarrolla en la ciudad de Ibarra, barrio el Olivo, Cantón Ibarra, en los talleres de la Universidad Técnica del Norte de la FICA carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

### **1.5 OBJETIVOS**

#### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir una silla de ruedas motorizada.

#### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diseñar una silla de ruedas de acuerdo a los resultados del estudio realizado, tomando en cuenta la motorización de esta.
2. Construir la silla de ruedas con las especificaciones del diseño y con los materiales adecuados.
3. Comprobar el correcto funcionamiento y resistencia del proyecto realizado.

## **1.6 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

1. ¿Cuáles son los parámetros de diseño de una silla de ruedas motorizada?
2. ¿Qué diseño es adecuado para una silla de ruedas motorizada?
3. ¿Cómo comprobar el buen funcionamiento y calidad del proyecto?

## **1.7 JUSTIFICACIÓN**

La idea de incluir igualmente a todos y a todas hace referencia a niveles que van más allá de los términos individuales, ya que contempla a la estructura social misma y a su posibilidad de cohesión. No hay que olvidar que se trata de políticas de carácter 'público' no sólo en el sentido estatal del término (es decir, que el Estado las financia, gestiona e implementa), sino que apuestan por una inclusión de toda la comunidad política.

Se trata de crear una ciudadanía con capacidad de tomar decisiones por fuera de la presión o la tutela del poder de unos pocos. Se apuesta por un modelo igualitario que propicie y garantice la participación de los sujetos, más allá de su condición de clase, del lugar ocupado en la estructura formal de trabajo o de su género, orientación sexual, etnia o credo.

Son políticas de y para la ciudadanía en general. Como reza el mensaje del Libertador Simón Bolívar: "Sin igualdad perecen todas las libertades, todos los derechos. (SEMPLADES, 2013)

La utilización de una silla de ruedas permite a la persona con capacidades especiales valerse por sí mismo, proporciona mayor seguridad y facilita la inclusión social con el entorno que los rodea, por lo que este proyecto se justifica socialmente.

Beneficia a los estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz para adquirir confianza y saber que lo aprendido a lo largo de la carrera sirve para aportar al mejoramiento de la vida de algunas personas que lo necesiten así como lo es las personas con capacidades especiales. Este diseño permite ayudar a personas que tienen problemas de deslizamiento en sus sillas de ruedas.

## **CAPÍTULO II**

### **2 MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

En el mundo que se desenvuelve está claro que las personas se diferencian en la forma de actuar, sentir y pensar; son diferentes en muchas características psicológicas como físicas.

Esta complejidad va de la mano con ideas de normalidad, tanto a nivel intelectual, social y motriz; cuando dicha complejidad no se relaciona con esos criterios, se habla de retraso, deficiencia y discapacidad.

Un correcto tratamiento de la diversidad, desde el punto de vista educativo, promueve el respeto y la atención de la misma, contribuyendo a potenciar y compensar las variables que originan diferencias que implican situaciones de desventaja respecto de los demás.

La visión que se tiene de la persona con discapacidad física ha variado con el paso de los años, anteriormente se veía que las personas que son aisladas a su hogar, sin posibilidades de socializar y mucho menos opciones laborales, esta condición día a día va mejorando, y los gobiernos van tomando mayor conciencia de implementar políticas que ayuden a que las ciudades sean lugares más amables hacia la persona que vive con una discapacidad.

La discapacidad hoy en día es un tema de derechos humanos, siempre lo ha sido pero no estuvo visualizado como hoy se lo reconoce en las nuevas leyes de la constitución.

#### **2.2 TIPO DE DISCAPACIDADES**

La clasificación de las discapacidades son criterios que se retomaron después de un proyecto censal, donde se denominan grupos correspondientes a discapacidades sensoriales intelectuales y motrices.

### **2.2.1 DISCAPACIDAD SENSORIAL**

Corresponde a las personas con deficiencias visuales, auditivas que ocasionan dificultades de comunicación en su entorno.

### **2.2.2 DISCAPACIDAD INTELECTUAL O MENTAL**

Se caracteriza por un funcionamiento intelectual inferior, limitaciones en las siguientes áreas: comunicación, cuidado propio, vida en el hogar, habilidades sociales, autodirección, salud y seguridad.

### **2.2.3 DISCAPACIDAD MOTRIZ**

Se puede definir como una desventaja resultado de una imposibilidad que limita el desempeño motor de la persona afectada.

Las causas de las dificultades físicas están relacionadas a problemas durante la gestación o por lesiones medulares con secuencia de accidentes o problemas del organismo.

Es así que el tema se enfoca a personas con discapacidad en los miembros inferiores; dicha discapacidad se llama paraplejia es un enfermedad que ocasiona que la parte inferior del cuerpo de la persona quede paralizada, careciendo de funcionalidad.

## **2.3. PROBLEMÁTICA DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD**

Las personas con discapacidad suelen encontrarse con dificultades sobreañadidas que impiden aún más la integración plena. Veamos algunas de ellas desde diferentes ámbitos:

### **2.3.1 ÁMBITO FAMILIAR**

- No aceptación de las deficiencias por parte de sus padres.
- Súper protección que limita su desarrollo.

### **2.3.2 ÁMBITO ESCOLAR**

- El profesorado no se adapta realmente a las características y ritmos de aprendizaje del alumno.
- No se favorece la autonomía personal y la integración social.
- Falta de colaboración continua de la familia.

### **2.3.3 ÁMBITO LABORAL**

- Dificultad de integración laboral.
- Se subestima la capacidad de la persona dándole un trabajo de menor cualificación.

### **2.3.4 ÁMBITO SOCIAL**

- Presencia de barreras de comunicación ante la falta de concienciación social, predominando la indiferencia, la ignorancia, y en ocasiones el prejuicio, creando un entorno de aislamiento psíquico y físico.
- Presencia de barreras arquitectónicas.

### **2.3.5 ACCESIBILIDAD**

Para mejorar la accesibilidad, en los establecimientos destinados a un uso público se deben tener en cuenta una serie de aspectos físicos pensando en la gente con deficiencias motrices:

Acceso a la entrada: se intenta evitar los desniveles, sin embargo si éstos existen, se debe contar con una rampa de una inclinación máxima del 8% y una anchura mínima de 9 dm de material antideslizante. Además es conveniente que vaya acompañada de una barandilla para personas ambulantes. En la Figura 1 se puede observar una rampa de acceso.

Puertas: la anchura mínima de la puerta ha de ser de 90 cm, además ha de ir acompañada de una manilla en forma de palanca o de una barra horizontal que se accione presionando.



**FIGURA 1:** Rampa de acceso

**Fuente:** Autores

- Pasillos y escaleras: es necesaria la instalación de pasamanos redondeados, separados 4 cm y colocados a dos alturas para poder ser utilizados por personas con marcha inestable y de diferentes edades.
- Baño: debe ser lo suficientemente ancho y amplio para que pueda acceder una silla de rueda. Además se recomienda disponer de barras de apoyo que faciliten el control del movimiento. Por otro lado el suelo ha de ser antideslizante, los sanitarios y accesorios deben estar a la altura de una silla de ruedas y la grifería ha de ser de fácil manejo.
- Interruptores: los enchufes e interruptores de la luz han de estar situados a la altura suficiente para que se pueda acceder a ellos desde una silla de ruedas.
- Cabinas de teléfono: de la altura para acceder desde una silla de ruedas.

## 2.4 SILLA DE RUEDAS

Una silla de ruedas es una ayuda técnica que consiste en una silla adaptada con al menos tres ruedas, aunque lo normal es que disponga de cuatro.

Estas sillas están diseñadas para permitir el desplazamiento de aquellas personas con problemas de locomoción o movilidad reducida, debido a una lesión, enfermedad física (paraplejía, tetraplejía, etc.) o psicológica. Casi todos los modelos de sillas son altamente adaptables: tamaño y posición de asiento y respaldo, apoyabrazos y apoyapiés regulables y extraíbles. Las sillas de ruedas están recogidas en la norma ISO 9999:2002.1. En la Figura 2 se puede observar una silla de ruedas común utilizada por las personas discapacitadas.



**FIGURA 2:** Silla de ruedas

**Fuente:** Ayudas dinámicas

### 2.4.1 HISTORIA DE LA SILLA DE RUEDAS

Los primeros registros encontrados de mobiliario con ruedas, son una especie de camilla infantil representada en un friso de una vasija griega y una inscripción sobre una losa de pizarra en China, ambos fechados en el siglo VI a.C. De tres siglos después, también en China, datan los registros de las primeras carretillas con ruedas utilizadas tanto para transportar personas incapacitadas como objetos pesados.

No es hasta siglos después, alrededor del 525 D.C, cuando se comienza a representar en el arte chino la diferencia de funciones de este asiento con ruedas para transportar personas. La primera silla de ruedas creada especialmente para ese propósito fue la del rey Felipe II de España en 1595.

La primera patente sobre una silla de ruedas data de 1869. Se trata de un modelo bimanual impulsado por ruedas traseras. Al poco tiempo surgen nuevos modelos de tres ruedas y con otras modificaciones. El primer modelo impulsado eléctricamente data de 1924.

La primera silla de ruedas ligera de acero y plegable es creada en 1933 por el ingeniero Harry Jennings para su amigo Herbert Everest, quien sufre un accidente minero, ambos eran ingenieros mecánicos. Juntos forman la compañía Everest & Jennings, que monopoliza el mercado hasta la década de los 60. (EcuRed, 2012)

#### **2.4.2 MECANISMO DE LA SILLA DE RUEDAS**

La movilidad varía en función del tipo de discapacidad y el grado de la misma desde una movilidad reducida hasta una inmovilización total. En función del nivel de independencia que proporciona, existen básicamente tres grandes tipos de silla de ruedas: (López, 2000)

- De movilidad dependiente
- De movilidad manual independiente
- De movilidad independiente asistida

Se habla de una silla de movilidad dependiente cuando para conseguir un desplazamiento el usuario necesita de una sustente que impulse la suelen ser sillas con respaldo rígido y ruedas pequeñas. Este tipo de sillas se recomienda cuando el usuario no es capaz de autopropulsarse independientemente, bien sea por imposibilidad física o por falta de nivel cognitivo para controlarse, puede ser utilizado como un sistema de transporte secundario o auxiliar

Cuando el usuario es capaz de propulsar su silla de ruedas utilizando los miembros superiores se le recomienda las silla de movilidad manual independiente, estas sillas se caracterizan por tener dos ruedas fijas sobre las que el usuario mediante el uso de un soporte impulsor adherido a las ruedas y dos ruedas móviles generalmente las delanteras que permitan al usuario dirigir su movimiento.

Las sillas con movilidad asistida son generalmente semejantes a las anteriores pero dotadas de un motor eléctrico y un mecanismo electromagnético para el control de la dirección; dentro de cada una de estas categorías existen hoy en día centenares de opciones y estilos de sillas

### 2.4.3 PARTES DE UNA SILLA DE RUEDAS

#### Chasis

El armazón de una silla de ruedas puede ser rígido (fijo), o plegable. El aprovechamiento de la energía que el usuario aplica para propulsarse es del doble en una silla con armazón rígido (se aprovecha 15% al 20% del impulso), que en una plegable (aprovecha 5% al 8% del impulso).

Esto es debido a que en una silla plegable, parte de la energía de propulsión, se pierde en el movimiento de su estructura por los puntos de articulación. Otras ventajas que presenta al armazón rígido es que resulta fácil de manejar y es algo más ligero que uno similar plegable. Sin embargo, la silla plegable resulta en general más cómoda de transportar y al guardar, ocupar menos espacio plegado. Actualmente existen sillas que presentando un comportamiento de armazón rígido permiten un plegado muy compacto, como se observa a continuación.



**FIGURA 3:** Tipos de chasis

**Fuente:** (Moreno, 2013)

## **Materiales**

La composición del armazón es un factor clave en la funcionalidad de la silla. El acero siendo el más habitual, es el más pesado pero también el más barato. Una silla con armazón de aluminio es mucho más ligera y por lo tanto fácil de propulsar, pero también más cara. También se pueden encontrar armazones realizados en materiales muy ligeros como titanio y carbono. Se utilizan habitualmente en sillas de armazón rígido y tienen un precio muy elevado. El compromiso intermedio para exterior e interior es la rueda de 125-150 mm. (Luis, 2012).

Siempre que varíe el tamaño de la rueda delantera, es necesario ajustar la horquilla. El eje de giro de la horquilla debe de estar siempre a 90° con el suelo. En gamas bajas, la horquilla no suele ser ajustable. En gamas Medias/altas si es posible este ajuste, ante la duda sobre cómo realizarlo es aconsejable contactar con un técnico cualificado, en bastantes casos cambiar el tamaño de la rueda puede modificar la inclinación de la silla, afectando a su estabilidad. Las ruedas por debajo de 125mm ( 5 ") suelen ser macizas, por encima de este tamaño podremos escoger entre macizo (sin mantenimiento, poca amortiguación) o cubierta y cámara hinchable (mejor amortiguación, pero más mantenimiento por el inflado y posibles pinchazos). La mayoría de usuarios eligen ruedas delanteras macizas, dentro de estas, también hay diferentes modelos para todos los gustos y precios.

## **Asientos**

Suelen ser de un tejido fuerte pero que permite el plegado de la silla, se fijan al chasis de la silla mediante tornillos u otros sistemas, en algunos modelos podemos regular la tensión de la tela del asiento para adecuarla a nuestras necesidades. Sobre la tela del asiento se puede colocar un cojín anti escaras que minimice las presiones excesivas. Hay cojines de espuma, de gel, de celdas de aire. En nuestra ortopedia de confianza se asesora sobre las opciones más adecuadas según el caso. El asiento de tela o tela +cojín anti escaras no es la única opción, hay asientos posturales tipo "jay" que ofrecen un soporte y protección superiores. (Luis, 2012)

## **Respaldos**

De construcción similar al asiento, una tela relativamente tensa que se fija al chasis de la silla, (en este caso a los tubos del respaldo), sirve de apoyo. Es recomendable que el respaldo sea regulable en tensión, son mucho más cómodos ya que ajustamos la tensión del respaldo por medio de unas tiras interiores que permiten tensar o destensar zonas concretas. De esta manera podemos adaptar el contorno del respaldo a nuestra anatomía. Como en el caso de los asientos también existen respaldos posturales especiales que en este caso sustituyen a la tela que viene de serie, usándose solo los tubos del respaldo original como soporte. (López, 2000) (Luis, 2012)



**FIGURA 4:** Respaldo

**Fuente:** (Luis, 2012)

### **2.4.4 MEDICIONES**

#### **Ancho de la silla**

Es importante determinar el ancho del asiento de la silla para evitar la presión sobre las caderas o los muslos, y contribuir para mantener una buena postura de sentado y la estabilidad, el ancho del asiento debe de ser 5 cm. Más que el ancho de las caderas. (Gennaro, 2003)

#### **Rodilla cadera**

Para determinar la profundidad real del asiento, en general la profundidad es de alrededor de 5 a 7.5 cm. Menos que esta división para brindar un apoyo adecuado mientras se evita la presión por detrás de la rodilla para insertar un panel dorsal se debe considerar el espesor. (Gennaro, 2003)

### **Asiento codo**

Sirve como indicador de la altura del apoyabrazos según postura de sentado la altura del apoyabrazos debe brindar el apoyo corporal correcto, debe destacarse que una altura de un apoyabrazos de 2.5cm. Más que la medición haciendo codo, forzará los codos ligeramente hacia adelante. (Gennaro, 2003)

### **Profundidad del asiento**

La profundidad estándar es de 40cm. El asiento deber tener la profundidad suficiente como para apoyar los muslos de manera correcta sin imponer presión sobre el dorso en la pantorrilla. (Gennaro, 2003)

### **Altura del respaldo**

La altura estándar es de 41cm. Una altura mayor brinda más apoyo para un dorso débil, una altura menor proporciona menos apoyo pero permite mayor libertad de movimiento para determinar que es mejor se debe considerar la fuerza física global y el estilo de vida, se debe mantener la altura del respaldo en un nivel mínimo con la altura suficiente para brindar un apoyo adecuado. (Gennaro, 2003)

## **2.4.5 CONTROL ELECTRÓNICO PARA GENTE MÁS DISCAPACITADA**

Existe un gran número de tecnologías diferentes dentro del conjunto de tecnologías de ayuda así por ejemplo: (Francisco, 2002)

- Sistemas aumentativos y alternativos de comunicación
- Tecnologías para la movilidad personal
- Tecnologías para la manipulación.
- Ayudas sensoriales para personas con discapacidad visual, auditiva y táctil.
- Tecnología para el auto desplazamiento.
- Mando sensoriales.
- Etc.

Las tecnologías de ayuda son los siguientes:

- Comunicación aumentativa y alternativa
- Movilidad y movilidad asistida
- Control de ambiente
- Tecnología para personas con problemas sensoriales
- Aplicaciones y estrategias para el aprendizaje escolar
- Adaptaciones del puesto de trabajo
- Ayudas para la posición
- Prótesis
- Robots para la rehabilitación

#### **2.4.6 SILLAS MOTORIZADAS**

La movilidad motorizada es el dispositivo tecnológico de asistencia que permite a los pacientes con deterioros físicos moverse en cualquier ambiente existen distintos auxiliares de movilidad motorizada; los más usados son los scooter de tres ruedas con batería, los vehículos adaptados, las silla de ruedas motorizada y los vehículos de granja adaptados.

Cada parte del sistema depende de la otra para su óptima movilidad funcional, las características más convenientes para un dispositivo de movilidad motorizada son: la seguridad, la comodidad, la fiabilidad, que sea portátil para transportar con facilidad, la sencillez de un mantenimiento. Su poca dificultad para utilizarlo tanto el paciente como por quienes lo cuidan y la compatibilidad con otros dispositivos tecnológicos. (Elizabeth Blesedell Crepeau, 2005)

Para una silla de ruedas motorizada que se mueve en muchas direcciones, puede requerirse una palanca múltiple, los interruptores operan en el modo momentáneo o de cierre, un interruptor momentáneo solo activa el dispositivo mientras se aplique presión o contacto.

Un interruptor de sierre requiere un movimiento para encender el dispositivo que se mantiene encendido hasta que el interruptor se desactiva cuando la llave se desplaza a la posición de apagado, un modo momentáneo de interruptor puede modificarse a un modo de cierre con una interfaz poco costosa que se puede conseguir en la mayoría de las tiendas, casi todas las sillas de ruedas y los scooters usan interruptores que permiten una aceleración gradual suave, que se conoce como interruptores proporcionales.

Los interruptores actúan como interfaz entre la persona y el dispositivo; activan o inactivan el dispositivo, y también lo controlan por selección directa que es la técnica más utilizada y eficiente, puede requerir más control del motor que exploración lo que exige más habilidades cognitivas y de control visual, los dos tipos de exploración son la lineal y la de hileras y columnas.

## **2.5 CONSIDERACIONES GENERALES EN EL DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS**

Para diseñar una silla de ruedas se debe tomar en consideración que el usuario del dispositivo pueda ser partícipe de la mayor cantidad de actividades posible. Por lo menos, la silla de ruedas debe proporcionar a la persona la oportunidad de tener más actividad en su vida, sin incursionar en efectos nocivos para su salud, ni mucho menos a su seguridad.

Tanto la seguridad como la comodidad son dos factores muy importantes que intervienen en la calidad de vida que vayan a llevar los usuarios permanentes.

Por ningún motivo se deben comprometer ni la salud ni la seguridad de las personas, con el propósito de la reducción de costos. Aun cuando parezca que cualquier silla es mejor a no tener ninguna, eso no es así cuando una silla es la causa de otras lesiones o algún otro riesgo en la salud de la persona que la usa.

- En el momento del diseño de una silla de ruedas se debe asegurar la salud y seguridad del usuario. En muchas ocasiones la persona puede salir lesionada por causa de su propia silla como se explica en los siguientes ejemplos.-
- Una silla sin cojín o aun peor con un o improvisado puede dañar aún más la columna de la persona que la usa. Esto puede causar que el usuario deba permanecer en cama; sin el debido tratamiento y atención; con frecuencia aparecen otras complicaciones e incluso la muerte prematura.

- Las sillas con poca estabilidad pueden volcarse y así ocasionar otras lesiones al usuario en el momento de caer.
- Las sillas de ruedas demasiado anchas y pesadas pueden ocasionar complicaciones con los brazos y hombros del usuario.
- Los bordes con filo pueden ocasionar cortaduras, las cuales pueden infectarse.
- Las sillas de ruedas que no resistan el uso continuo en el entorno que vive el usuario podrían fallar prematuramente y causar lesiones al usuario.

### **2.5.1 EL PROCESO DEL DISEÑO**

Se pide a los usuarios de las sillas de ruedas a participar en el diseño y selección de materiales a usarse. Los usuarios son quienes mejor conocen sus propias necesidades físicas, culturales y sociales.

Los pasos a seguir en el diseño de una silla de ruedas son los siguientes.

Paso 1. Instrucciones de diseño.

- Un bosquejo escrito de las necesidades y demarcaciones de la silla de ruedas.
- Limitaciones geográficas y ambientales.
- Recursos para la producción, ejemplo material y mano de obra.
- Un precio aproximado
- Los parámetros del diseño variaran de acuerdo a lo consultado a los usuarios y a las personas conocedoras de lo que necesitan los futuros usuarios, y a los recursos con que se cuenta.

Paso 2. Diseñar la silla de ruedas.

- Una vez ya escritas las instrucciones para el diseño, se debe idear un diseño y construir prototipos, los cuales van a ser probados.
- Es probable que se deba variar el diseño varias veces, construir prototipos y probarlos, hasta que el diseño cumpla los requerimientos instaurados en las instrucciones.
- Las instrucciones de diseño pueden usarse también para la elección de una silla adecuada.

Paso 3. Probar el producto.

- Al momento que un prototipo cumple con los requerimientos de desempeño, se debe probar para constatar que satisfaga las exigencias de resistencia y durabilidad. Si la silla no aprueba las exigencias puede ser necesario mejorarla.

Paso 4. Ensayo con usuarios.

- Una vez que el prototipo haya sido aprobado en su desempeño, resistencia durabilidad y seguridad, debe ser probado por los usuarios que habitan en el entorno para el que es diseñada la silla de ruedas. Las pruebas con usuarios nos permiten recibir nueva información sobre el desempeño del prototipo en condiciones reales.

Paso 5. Producción y suministro.

- Si las pruebas realizadas con los usuarios son exitosas, la producción y suministro de la silla de ruedas puede dar inicio.

Paso 6. Seguimiento de largo plazo.

- Posterior a la producción y suministro se debe dar un seguimiento a largo plazo, para evaluar el desempeño de la silla con el paso del tiempo. La información recibida es usada para hacer mejoras en el modelo.

## **2.5.2 NORMAS**

La organización internacional de normalización (ISO) ha creado normas internacionales para la construcción de sillas de ruedas que se conocen como normas ISO 7176. Esta serie define los términos, los métodos de prueba para evaluar el desempeño, durabilidad y resistencia pero sobre todo la seguridad de las sillas de ruedas.

Algunos comités locales de normalización han acogido la norma ISO 7176 o alguna variación de dicha serie aplicada para ellos, como una normalización propia de sillas de ruedas.

Los requisitos contemplados en la norma ISO 7176 a veces no reflejan las condiciones específicas de entornos, ya que algunos requerimientos deben simular las condiciones de una ciudad con calles planas. Por lo cual cuando se adaptan normas nacionales, es de suma importancia tener en cuenta especificaciones geográficas peso y talla de los usuarios, usos más frecuentes y tecnología de sillas de ruedas disponibles en el país.

### **2.5.3 RESISTENCIA Y DURABILIDAD**

Las sillas de ruedas usadas en el exterior, son más propensas al desgaste que las que son usadas en el interior o en lugares lisos y parejos. Una silla debe ser lo suficientemente resistente para no padecer fallas inesperadas mientras se encuentra en uso. Una silla de ruedas se debe construir de manera que pueda tener el mayor tiempo de servicio, y el mínimo en reparaciones y arreglos. Al diseñar una silla de ruedas se toma en cuenta que si llega a fallar, se puede reparar y obtener sus piezas fácilmente.

### **2.5.4 APTITUD PARA EL USO**

La silla de ruedas tiene que ser diseñadas para el respectivo entorno donde se va a usar, y para las características del usuario. El mismo modelo de sillas de ruedas nunca servirá para todos. Al diseñar o elegir una silla de ruedas, es necesario enfocarse en el medio y en la manera cómo usar la silla de ruedas.

Entorno y manera de usos a considerar al diseñar o escoger una silla de ruedas:

- Recorrer distancias largas en caminos disparejos
- Subir y bajar bordillos todos los días
- Exposición a humedad ambiental y humores corporales
- El usuario de ducha sentado en la silla de ruedas
- Exposición a temperaturas extremas
- El usuario transporta objetos en las manillas

- Pasajeros que viajen en la silla
- Personas que levantan inapropiadamente la silla de ruedas
- Transportar la silla en espacios estrechos y cerrados

### **2.5.5 ESTABILIDAD**

La seguridad de una silla de ruedas depende en alto grado de la estabilidad que posea esta, y la facilidad del usuario para realizar actividades en la silla. El desequilibrio y posterior volcamiento de la silla causa lesiones al usuario.

- Estabilidad estática.- No es más que la estabilidad de la silla cuando no está en movimiento. Esto determina si cuando una persona la esté usando, haya probabilidad de volcamiento cuando el usuario se incline a tomar algún objeto al piso, o al sentarse y levantarse de la silla.
- Estabilidad dinámica.- Esto corresponde a la estabilidad de la silla de ruedas cuando se encuentra en movimiento. Esto dice si el usuario puede desplazarse por desniveles y superficies inclinadas sin peligro a volcarse.

Algunas características usadas para mejorar la estabilidad de la silla de ruedas, puede afectar otras características para el desempeño. Un claro ejemplo sería que al adelantar más la rueda delantera aumenta la estabilidad, pero al mismo tiempo disminuye la maniobrabilidad de la silla en espacios reducidos.

La maniobrabilidad general está relacionada directamente con el centro de gravedad combinado del usuario y la silla en relación con la base de ruedas. Una forma de aumentar la estabilidad de ventajas e inconvenientes se detalla a continuación.

### **2.5.6 MANIOBRABILIDAD**

La maniobrabilidad se subdivide en 2 categorías:

- Maniobrabilidad alrededor de obstáculos
- Maniobrabilidad por encima de obstáculos

La maniobrabilidad alrededor de obstáculos no es más que la habilidad del usuario para maniobrar en un entorno de espacios reducidos.

- Moverse en pasillos angostos.- El espacio por el cual puede transitar una silla depende del ancho de esta medido desde el exterior de las ruedas. La capacidad de movilidad en espacios reducidos mejorara si la silla es más angosta que el pasillo.
- Acercarse a superficies y objetos.- esto depende mucho de la altura y ancho de la silla de ruedas. Para poder acercarse a objetos que se encuentren sobre las mesas, u objetos como el inodoro o la tina de baño.
- Rodar bajo las superficies.- La capacidad del usuario se relaciona con lo alto de sus rodillas (longitud desde la pisadera hasta la rodilla) a veces el diseño del apoya brazo también interfiere en capacidad de aproximación del usuario a los diferentes tipos de mesas.
- Girar en espacios estrechos.- el área mínima para que una silla de ruedas pueda maniobrar y girar completamente se relaciona con la dimensión diagonal de esta.

### **2.5.7 TRANSPORTACIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS**

Por ejemplo en un viaje largo ya sea avión, bus o taxi, es de vital importancia tomar en cuenta las medidas de la silla y los materiales usados en la construcción de esta. Otra característica importante es el peso de la silla, el cual es determinado por las partes y materia prima con que fue construida (acero, aleación de acero/aluminio u otro metal).

La reducción del peso de la silla está relacionada directamente con la resistencia, durabilidad y costo. Su modelo y medidas son también importantes ya que las sillas pequeñas y plegables son más fáciles de transportar. Como facilitar su transporte ventajas y desventajas.

### **2.5.8 CONFIABILIDAD**

La confiabilidad de una silla de ruedas depende de su resistencia y su prolongada vida útil. Por falla, la dificultad para repararla son factores que intervienen en la confiabilidad.

Los modos de mejorar la confiabilidad de una silla de ruedas es:

- Material de construcción y mejor tecnología a un costo moderado.
- Disminuir las piezas removibles.
- Un diseño no plegable, si no es necesario plegar.
- Usar materiales fáciles de remplazar o conseguir.
- Revisión, mantenimiento y reparación con regularidad.
- Buen conocimiento del producto y su correcto uso por parte del usuario.

## **CAPÍTULO III**

### **3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El trabajo de grado es de tipo tecnológico porque se sustenta con pruebas estandarizadas para luego socializar la información explicando los motivos relacionados con el diseño y construcción de la silla de ruedas motorizada, además se respalda por cuanto se presenta informes y resultados de pruebas para demostrar su funcionalidad.

##### **3.1.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Esta se da porque la investigación es realizada y estructurada bibliográficamente en la propuesta ya que prácticamente es elaborada desde cero, desde su diseño y construcción, hasta su funcionamiento óptimo para que sea utilizado por las personas con capacidades diferentes.

##### **3.1.2 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA**

Esta investigación se da ya que mediante la innovación tecnológica de una silla de ruedas común, a una silla de ruedas motorizada se trata de facilitar la vida de las personas que sufren de paraplejia.

#### **3.2 MÉTODOS**

Los métodos que se emplean para el desarrollo del trabajo de investigación son:

- Diseño mecánico
- Pruebas de funcionamiento
- Mediciones
- Optimización
- Adaptaciones
- Recopilación de información de campo
- Bibliográfica
- Experimentación.

### **3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

Se realiza los siguientes pasos al momento de la recolección de información:

Fuentes de información bibliográfica:

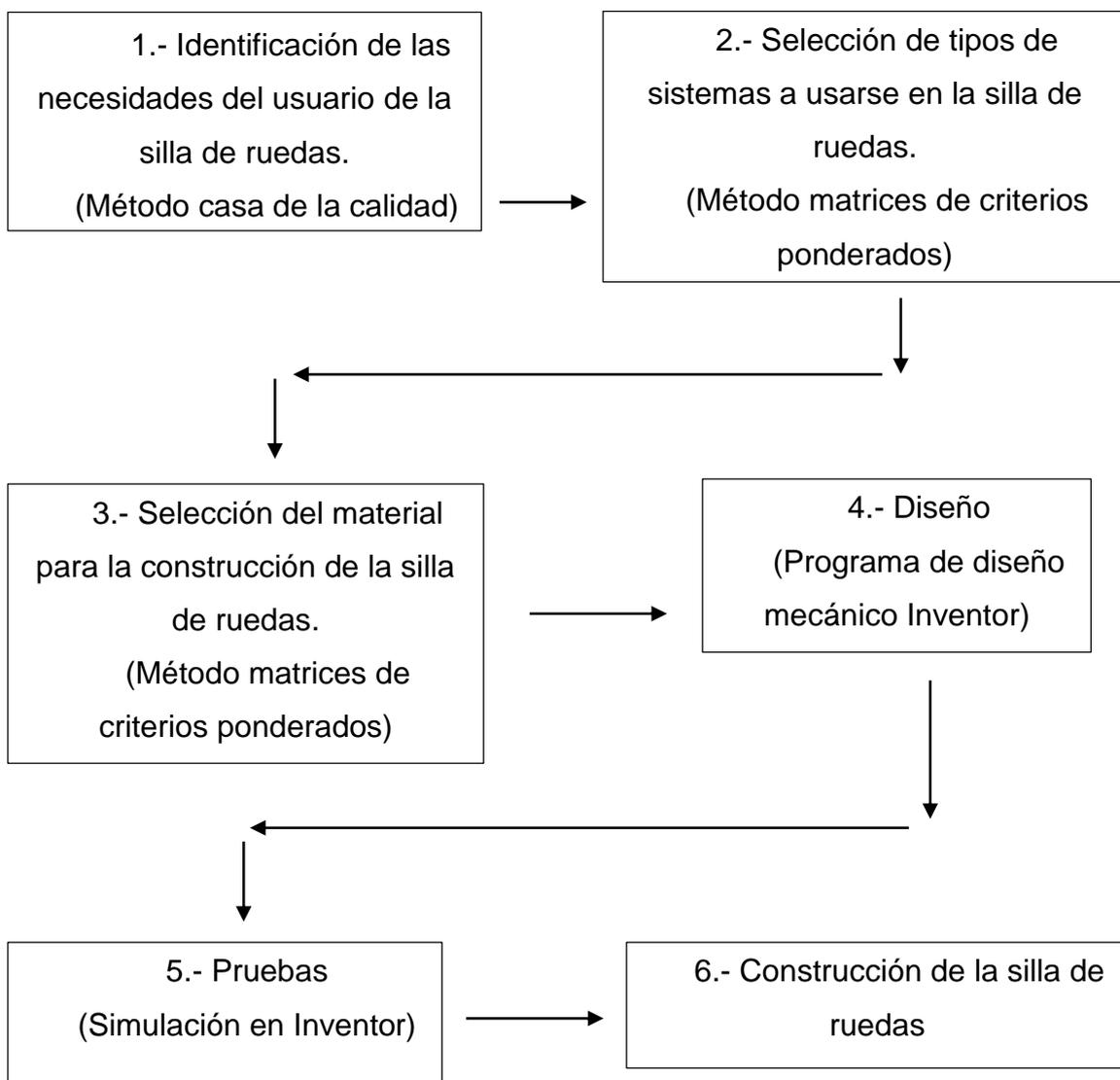
- Libros
- Artículos
- Revistas
- Manuales del dispositivo.
- Catálogos
- Internet
- Videos

## CAPÍTULO IV

### 4 PROPUESTA

#### 4.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

A continuación se detalla los pasos para la realización de este proyecto, mediante un cuadro informativo.



## **4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA SILLA DE RUEDAS**

A continuación se presenta información técnica sobre la silla de ruedas como son sus medidas peso y otras características de la misma.

- Anchura total 56,5 cm
- Longitud total 119 cm
- Asiento 46 x 43 cm
- Radio de giro 138 cm
- Ruedas 10" de perfil bajo
- Velocidad máxima 8 km/hora
- Autonomía 35 km 35 km
- Peso Total: 61 kg Asiento: 12,7 kg Parte más pesada: 27,5 kg Baterías: 11 kg cada una
- Peso máximo usuario 160 kg

## **4.3 DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO O MAQUINA**

Consideraciones para la determinación de las especificaciones. El presente proyecto tiene como objetivo principal el diseño de una máquina que facilite la transportación a las personas con capacidades especiales a través de caminos de primer orden y lugares apropiados para ello.

Para ello se debe analizar las necesidades de las personas que no poseen movimiento en sus miembros inferiores. Actualmente existen dispositivos de transportación para dichas personas, pero en este proyecto se busca su independencia al momento de desplazarse y fácil manejo del dispositivo y sobre todo que su costo no sea muy elevado.

En este trabajo de tesis se toma en cuenta las facilidades que las autoridades brindan para el desplazamiento de las personas con diferencias especiales sobre todo en calles y aceras.

#### **4.3.1 CASA DE LA CALIDAD**

En el diseño de esta silla se ha tomado en cuenta el método QFD (despliegue de la función calidad) para determinar las especificaciones técnicas de la maquina tomando en consideración las variables más importantes que influyen en el equipo de una manera fundamental. (Tutoriales, 2015)

En primer lugar se debe conocer la llamada “vos del cliente”, el cual presenta sus necesidades, y requerimientos de la maquina a diseñarse. Posteriormente se intenta satisfacer las necesidades con la “voz del ingeniero”, el cual contribuye con alternativas para cumplir las necesidades y requerimientos antes mencionados. Al final se analizan las posibles soluciones y se escoge las más consecuentes de acuerdo al criterio de selección.

#### **4.3.2 LA VOZ DEL USUARIO**

Según la información obtenida, el proyecto debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Cumpla con normas de calidad
- Ser silenciosa
- Tenga un fácil manejo
- Facilidad para acceder
- Dote de autonomía al usuario
- No ocupe demasiado espacio
- No sea demasiado pesada
- Sea segura para la persona q la usa, tanto como para las personas a su alrededor
- Que sea de bajo y fácil mantenimiento
- El stock de repuestos sea accesible

### **4.3.3 VOZ DEL INGENIERO**

Presenta las características que debe presentar la silla desde un punto de vista técnico:

- Velocidad de desplazamiento
- Peso que soporta
- Volumen
- Peso
- Potencia del motor
- Seguridad

### **4.3.4 CONCLUSIONES DE LA CASA DE LA CALIDAD**

La casa de la calidad provee de una información indispensable de las características técnicas de la silla, de las cuales como las más importantes podemos decir las siguientes:

- Dimensiones: Las medidas de la silla, las dimensiones de esta deben cumplir con las normas INEN existentes para que preste las condiciones necesarias para la transportación de personas con capacidades especiales.
- Segura: La seguridad para las personas que van a usar esta silla, y de la misma manera para las personas que transiten cerca de esta.
- Eficaz: Esta característica está relacionada directamente con la aceleración y desaceleración de la silla, para su mejor desplazamiento, también con la ergonomía del asiento de la misma para la comodidad del usuario.
- Capacidad de carga: A pesar que la silla es diseñada para ser usada por una sola persona, debe cumplir con parámetros de resistencia de diversos pesos, ya que será usada por personas de distinto peso como masa corporal.
- Costo mantenimiento: Su mantenimiento debe ser estrictamente necesario ya que de este equipo depende la transportación diaria del usuario, ya sea a su lugar de trabajo o a sus que aceres cotidianos.

Las características antes mencionadas están directamente relacionadas con la comodidad y facilidad de transporte del usuario, como de la personas que se encuentran a su alrededor.

## **4.4 DEFINICIÓN Y DISEÑO CONCEPTUAL**

### **4.4.1 ANÁLISIS FUNCIONAL**

Este análisis permite conocer las funciones primarias y secundarias del equipo a diseñarse. Tomando en cuenta como funciones primarias las que cumplen con las necesidades del cliente, y como secundarias las que ayudan a la ejecución de las primarias.

Se procede a plantear posibles sistemas que cumpla eficazmente sus funciones, y que facilite la toma de decisiones sin insinuar ningún sistema definitivo. Se realiza dicha evaluación de ventajas y desventajas de cada sistema con el método de criterios ponderados (Charles Riba), siendo el sistema más viable el que presente mayor ponderación.

### **4.4.2 DETERMINACIÓN DE SISTEMAS**

Se procede a determinar los sistemas pertenecientes al equipo que se está diseñando, predeterminando las funciones que va a cumplir cada uno de estos y agrupándolos en un solo conjunto.

El diseño de la maquina se atiene a las siguientes normas:

- Norma ISO 13570-1:2005. Determina una correcta elección de silla de ruedas
- Norma ISO 7176-10:2008. Determina las capacidades de la silla de ruedas
- Norma INEN 2315:2001. Accesibilidad de personas con capacidades especiales a medios físicos.

### **4.4.3 ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES**

Para el diseño de esta máquina se provee necesario el desarrollo del análisis funcional hasta el nivel dos:

- El nivel cero presenta la función global de la máquina, la cual es transportar libremente a personas con capacidades diferentes.
- En el nivel uno se presenta en que se va a transportar a las personas con capacidades diferentes, de una manera generalizada, priorizando los pasos a seguir para hacerlo.
- En el nivel dos se definen cada función que se realiza para el transporte de personas con capacidades diferentes. En este nivel se separa por subsistemas a la máquina y elegir las soluciones para las funciones de la máquina.

### **4.4.4 SELECCIÓN DE TIPO DE SILLA SEGÚN LAS MATRICES DE CRITERIOS PONDERADOS**

Se debe tomar en cuenta los diversos tipos de sillas de ruedas motorizadas que existen, esta es la base para la elección de sistemas que cumplan con las normativas necesarias para el equipo. Además que al tener diferencias, se debe analizar las facilidades y comodidades que prestan dichos sistemas para la realización de este proyecto. Lo cual disminuye y optimiza los criterios a ser tomados en cuenta al momento de la selección, y el número de soluciones en cada sistema. (Riba, 2010)

### **4.4.5 SELECCIÓN DE SISTEMAS**

Para esto se ha dividido a la máquina en varios subsistemas.

- Diseño del chasis
- Dirección
- Materiales
- Suspensión
- Movilidad
- Mantenimiento

## Elecciones de la mejor solución del chasis

El armazón o chasis de una silla de ruedas puede ser rígido (fijo), o plegable. El aprovechamiento de la energía que el usuario aplica para propulsarse es del doble en una silla con armazón rígido (se aprovecha 15-20% del impulso), que en una plegable (aprovecha 5 - 8% del impulso).

Esto es debido a que en una silla plegable parte de la energía de propulsión se pierde en el movimiento de su estructura por los puntos de articulación. Otras ventajas que presenta al armazón rígido es que resulta fácil de manejar y es algo más ligero que uno similar plegable.

Sin embargo la silla plegable resulta en general más cómoda de transportar y guardar al ocupar menos espacio plegado. Actualmente existen sillas que presentando un comportamiento de armazón rígido permiten un plegado muy compacto.

### Chasis de hierro

El chasis de hierro rígido es capaz de soportar mayores cargas y presenta mayor estabilidad.



**FIGURA 5:** Esquema de chasis de hierro soldado

**Fuente:** Autores

Ventajas:

- Su resistencia al peso es muy alta
- Soporta muy bien los golpes
- Dispone de espacio para accesorios
- Mayor durabilidad
- Rígido y estable
- Fácil reparación
- No es muy costoso

Desventajas:

- Mayor peso en el sistema
- Ocupa más espacio para transportar

Chasis de aluminio rígido

El chasis de aluminio es más liviano para su transportación y presenta moderada resistencia a cargas.



**FIGURA 6:** Chasis de aluminio rígido

**Fuente:** (ortopediamimas, 2015)

Ventajas:

- Menor peso en el sistema
- Fácil de mover

Desventajas:

- Menor resistencia a los golpes
- Propenso a deformarse
- Pérdida de impulso en las articulaciones
- No soporta mucho peso
- Ocupa mucho espacio
- Costo elevado
- Mantenimiento

Chasis de aluminio plegable

Al ser de aluminio presenta moderada a las cargas y al ser plegable está expuesto a un mayor desgaste al ser plegado.



**FIGURA 7:** Chasis de aluminio rígido

**Fuente:** (OrtoJosBel, 2014)

Ventajas:

- Ocupa poco espacio
- Poco peso en el sistema

Desventajas:

- Mayor desgaste en las piezas móviles
- Menor resistencia a los golpes
- Muy propenso a deformaciones
- Mayor mantenimiento
- Costoso

Selección de la mejor alternativa en chasis de la silla

A continuación se presenta los criterios más importantes en la selección.

- Duración del sistema
- Calidad del sistema
- Costo
- Espacio que necesita el sistema
- Mantenimiento

**TABLA 1:** Evaluación criterios diseño del chasis

Criterio	Duración	Calidad	Costo	Espacio	Mantenimiento	$\sum + 1$	Ponderación
Duración	X	1	1	1	1	5	0,34
Calidad	0	X	0,5	1	1	3,5	0,23
Costo	0	0,5	X	1	1	3,5	0,23
Espacio	0	0	0	X	1	2	0,14
Mantenimiento	0	0	0	0	X	1	0,06
Suma						15	1,00
Duración > Calidad $\geq$ Costo > Espacio > Mantenimiento							

Fuente: Autores

Como se puede observar en la tabla 1 para la elección del mejor chasis se ha determinado las siguientes características y así mencionamos en orden por importancia: duración, calidad, costo, espacio y mantenimiento.

**TABLA 2:** Evaluación de las soluciones de durabilidad de la silla

Durabilidad	Silla 1	Silla 2	Silla 3	$\sum + 1$	Ponderación
Silla 1	X	1	1	3	0,37
Silla 2	0	X	0,5	2,5	0,315
Silla 3	0	0,5	X	2,5	0,315
				8	1
Silla 1 > silla 2 $\geq$ silla 3					

Fuente: Autores

Como se observa en la tabla anterior la mejor solución es la silla 1 en parámetros de durabilidad ya que al ser un chasis fijo no se desgasta por la fricción y su estructura es más fuerte.

**TABLA 3:** Evaluación las soluciones de calidad de la silla

Calidad	Silla 1	Silla 2	Silla 3	$\sum + 1$	Ponderación
Silla 1	X	1	1	3	0,37
Silla 2	0	X	0,5	2,5	0,315
Silla 3	0	0,5	X	2,5	0,315
				8	1
Silla 1 > silla 2 $\geq$ silla 3					

Fuente: Autores

La mejor solución en calidad la posee la opción de silla 1 Como se muestra en la tabla 3, Ya que por su diseño la estructura es más compacta.

**TABLA 4:** Evaluación de las soluciones respecto al menor costo de la silla de ruedas.

Costo	Silla 1	Silla 2	Silla 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Silla 1	X	1	1	3	0,5
Silla 2	0	X	0	1	0,16
Silla 3	0	1	X	2	0,34
				6	1
Silla 1 > silla 2 ≥ silla 3					

Fuente: Autores

El precio más accesible para la construcción de la silla de ruedas lo tiene la silla 1 por la forma sencilla del chasis y el material usado en este. Como lo muestra la tabla 4.

**TABLA 5:** Evaluación de las soluciones de acuerdo al menor espacio que se utiliza de la silla

Espacio	Silla 1	Silla 2	Silla 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Silla 1	X	0	0	1	0,16
Silla 2	1	X	0	2	0,34
Silla 3	1	1	X	3	0,5
				6	1
Silla 1 > silla 2 ≥ silla 3					

Fuente: Autores

Como muestra la figura 5 la mejor solución en ahorro de espacio lo tiene la silla 3 ya que al ser plegable ahorra mucho espacio con respecto a los rígidos.

**TABLA 6:** Evaluación de las soluciones respecto al mantenimiento necesario para la silla.

Mantenimiento	Silla 1	Silla 2	Silla 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Silla 1	X	1	1	3	0,5
Silla 2	0	X	1	2	0,34
Silla 3	0	0	X	1	0,16
				6	1
Silla 1 > silla 2 ≥ silla 3					

Fuente: Autores

La silla 1 es la que menor mantenimiento requiere según se indica en la tabla 6 ya que por ser fija no requiere de lubricación ni ningún otro tipo de mantenimiento.

**TABLA 7:** Conclusiones para el chasis a usarcé en la silla

Conclusión	Duración	Calidad	Costo	Espacio	Mantenimiento	$\Sigma$	Prioridad
Solución 1	0,34x0,37	0,23x0,37	0,23x0,5	0,14x0,16	0,06x0,5	0,3783	1
Solución 2	0,34x0,315	0,23x0,315	0,23x0,16	0,14x0,34	0,06x0,34	0,2844	3
Solución 3	0,34x0,315	0,23x0,315	0,23x0,34	0,14x0,5	0,06x0,16	0,3373	2

**Fuente:** Autores

- De acuerdo a la evaluación anterior, la solución número 1 que corresponde al chasis de hierro fijo es el que mejor cumple con los requerimientos de durabilidad, calidad costo y mantenimiento buscados para la construcción de esta silla.

### **Evaluación de la mejor solución en el sistema de mando o dirección a usarcé en la silla de ruedas.**

Sistemas de dirección manual

Tipo Ahead: EL tubo de la horquilla es liso y la potencia va por fuera. Al apretar los tornillos de la potencia ésta abraza el tubo de la horquilla y la dirección queda “atrapada” en medio y segura.

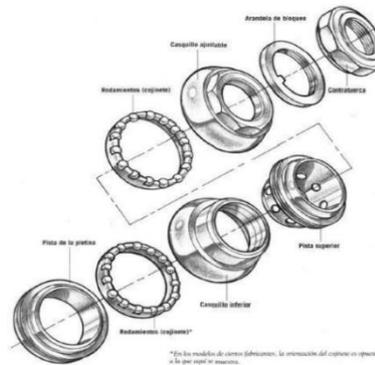
En la parte superior de la potencia está situada una tapa con un orificio por el que se introduce un tornillo que alcanza la rosca de la araña de dirección, alojada en el interior del tubo de la horquilla.

De esta forma se junta potencia y dirección, asegurando la unión de la potencia a la horquilla. Este tipo de dirección es muy usada en bicicletas y scooters.



**FIGURA 8:** Dirección de la silla

**Fuente:** Autores



**FIGURA 9:** Tubo de la horquilla

**Fuente:** (Cleta, 2012)

Ventajas:

- Tiene un tiempo de funcionamiento extendido
- Otorga fácil movilidad a la dirección
- Tiene un costo moderado
- Se ubica en cualquier lugar
- No requiere de mucho mantenimiento

Desventajas:

- Al funcionar con rodamientos está expuesto al desgaste
- Necesita de lubricación

## Sistemas de mando o dirección electrónica

Este sistema maneja la dirección mediante un mando manual denominado joystick, el cual mediante pulsos eléctricos se encarga de dar dirección a la silla y regular la velocidad de desplazamiento.



**FIGURA 10:** Sistema de mando joystick

**Fuente:** (CONTROLS, 2013)

### Ventajas:

- No necesita lubricación

### Desventajas:

- Al ser componente eléctrico está expuesto a cortos
- Montaje es mucho más complejo
- Costo es elevado
- Requiere de constante revisión
- No otorga libertad de movilidad
- Su mantenimiento es mucho más complejo

### Selección de la mejor alternativa en dirección de la silla

A continuación se presenta los criterios más importantes en la selección.

- Facilidad de montaje al chasis
- Ergonomía para el usuario

- Seguridad de funcionamiento
- Facilidad de reparación
- Costo

**TABLA 8:** Evaluación criterios sistema de mando o dirección.

Criterio	Ergonomía	Montaje	Seguridad	Mantenimiento	Costo	$\Sigma + 1$	Ponderación
Ergonomía	x	1	0,5	1	1	4,5	0,3
Montaje	0	x	0	0,5	1	2,5	0,17
Seguridad	0,5	1	x	1	1	4,5	0,3
Mantenimiento	0	0,5	0	x	1	2,5	0,17
Costo	0	0	0	0	x	1	0,06
Suma						15	1
Ergonomía $\geq$ Seguridad $>$ Montaje $\geq$ Mantenimiento $>$ Costo							

**Fuente:** Autores

Como se puede observar en la tabla anterior para la elección de la mejor solución en los sistemas de dirección para la silla se ha tomado en cuenta varias características, se las enumera de acuerdo a su importancia: ergonomía, seguridad, montaje, mantenimiento y costo.

**TABLA 9:** Evaluación de las soluciones de mando o dirección respecto a su comodidad o ergonomía.

Ergonomía	Tipo ahead	Joystick	$\Sigma + 1$	Ponderación
Tipo ahead	X	1	2	0,67
Joystick	0	X	1	0,33
			3	1
Dirección ahead $>$ joystick				

**Fuente:** Autores

De acuerdo a la tabla anterior podemos ver que la dirección tipo ahead es la que mejor cumple con los parámetros necesarios porque el volante de la dirección se lo puede acoplar al alcance del usuario.

**TABLA 10:** Evaluación de las soluciones de mando o dirección en cuestión de seguridad al momento de operar la silla.

Seguridad	Tipo ahead	Joystick	$\Sigma + 1$	Ponderación
Tipo ahead	X	1	2	0,67
Joystick	0	X	1	0,33
			3	1
Dirección ahead > joystick				

Fuente: Autores

El tipo de dirección ahead en parámetros de seguridad es la mejor como se indica en la tabla anterior. Ya que este tipo de dirección no es propensa a fallas electrónicas.

**TABLA 11:** Evaluación de las soluciones de mando o dirección para su montaje en la silla de ruedas.

Montaje	Tipo ahead	Joystick	$\Sigma + 1$	Ponderación
Tipo ahead	X	1	2	0,67
Joystick	0	X	1	0,33
			3	1
Dirección ahead > joystick				

Fuente: Autores

En la tabla 11 se puede observar que la dirección tipo ahead tiene un montaje menos complejo en las sillas ya que consta de componentes sencillos.

**TABLA 12:** Evaluación de las soluciones de mando o dirección referente al mantenimiento que requiere.

Mantenimiento	Tipo ahead	Joystick	$\Sigma + 1$	Ponderación
Tipo ahead	X	1	2	0,67
Joystick	0	X	1	0,33
			3	1
Dirección ahead > joystick				

Fuente: Autores

Como indica la tabla 12 la dirección tipo ahead requiere un mantenimiento mucho menor ya que al ser un componente mecánico y no electrónico su funcionamiento es más seguro y sencillo.

**TABLA 13:** Evaluación de las soluciones de mando o dirección en cuestión de seguridad al momento de operar la silla.

Costo	Tipo ahead	Joystick	$\Sigma + 1$	Ponderación
Tipo ahead	X	1	2	0,67
Joystick	0	X	1	0,33
			3	1
<b>Dirección ahead &gt; joystick</b>				

**Fuente:** Autores

Como se puede observar en la tabla anterior en cuestión de costo la dirección ahead es la mejor opción, ya que este tipo de dirección es muy común por ser usado en bicicletas.

**TABLA 14:** Conclusiones para el tipo de dirección a ser usado en la silla de ruedas

Conclusión	Ergonomía	Seguridad	Montaje	Mantenimiento	Costo	$\Sigma$	Prioridad
Dirección ahead	0,3x0,67	0,3x0,67	0,17x0,67	0,17x0,67	0,06x0,67	0,67	1
Joystick	0,3x0,33	0,3x0,33	0,17x0,33	0,17x0,33	0,06x0,33	0,33	2

**Fuente:** Autores

- De acuerdo a la evaluación anterior, la solución número 1 que corresponde al tipo de dirección ahead (semejante a la de bicicleta) es el que mejor cumple con los requerimientos de comodidad, seguridad, montaje, mantenimiento y costo.

## **Evaluación de la mejor solución en los materiales a ser usados en la construcción del chasis de la silla de ruedas.**

### Perfiles de acero al carbono

El hierro o fierro (en muchos países hispanohablantes se prefiere esta segunda forma) es un elemento químico de número atómico 26 situado en el grupo 8, periodo 4 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es Fe (del latín *fĕrrum*) y tiene una masa atómica de 55,6 u.

Este metal de transición es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, representando un 5 % y, entre los metales, solo el aluminio es más abundante; y es el primero más abundante en masa planetaria, debido a que el planeta en su núcleo, se concentra la mayor masa de hierro nativo equivalente a un 70 %. El núcleo de la Tierra está formado principalmente por hierro y níquel en forma metálica, generando al moverse un campo magnético. Ha sido históricamente muy importante, y un período de la historia recibe el nombre de Edad de Hierro.



**FIGURA 11:** Perfil de acero

**Fuente:** (acerodepot, 2013)

### Ventajas:

Es fácil de conseguir los elementos de este material

- Su resistencia es apta para nuestro trabajo
- Su costo no es muy elevado

- Es fácil de soldar
- Fácil de manipular los elementos de este material

Desventajas:

- Es pesado
- No es muy aconsejable para el moldeo
- Se corroe

Perfiles de Aluminio

El aluminio es un elemento químico, de símbolo Al y número atómico 13. Se trata de un metal no ferromagnético. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8 % de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales. En estado natural se encuentra en muchos silicatos (feldespatos, plagioclasas y micas).

Como metal se extrae únicamente del mineral conocido con el nombre de bauxita, por transformación primero en alúmina mediante el proceso Bayer y a continuación en aluminio metálico mediante electrólisis. Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería de materiales, tales como su baja densidad( $2700 \text{ kg/m}^3$ ) y su alta resistencia a la corrosión.



**FIGURA 12:** Perfiles de Aluminio

**Fuente:** (bronmeta, 2010)

Ventajas:

- Es liviano
- Fácil de manipular los elementos de este material
- No se oxida

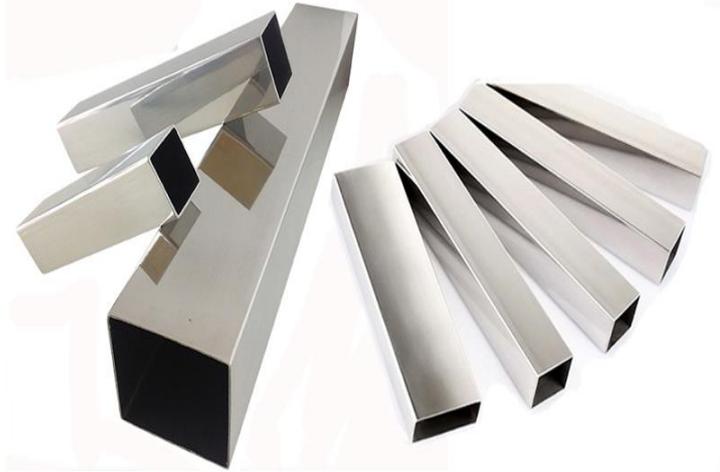
Desventajas

- No resiste mucho peso
- Su costo es un poco alto
- Su soldadura es especial

Perfiles de titanio

Es un metal abundante en la naturaleza; se considera que es el cuarto metal estructural más abundante en la superficie terrestre y el noveno en la gama de metales industriales. No se encuentra en estado puro sino en forma de óxidos, en la escoria de ciertos minerales de hierro y en las cenizas de animales y plantas.

Su utilización se ha generalizado con el desarrollo de la tecnología aeroespacial, donde es capaz de soportar las condiciones extremas de frío y calor que se dan en el espacio y en la industria química, por ser resistente al ataque de muchos ácidos; así mismo, este metal tiene propiedades biocompatibles, dado que los tejidos del organismo toleran su presencia, por lo que es factible la fabricación de muchas prótesis e implantes de este metal.



**FIGURA 13:** Perfiles de Titanio

**Fuente:** (Hastinik, s.f.)

Ventajas:

- Alta resistencia
- Es liviano
- Es usado en el proyecto espacial

Desventajas:

- Su costo es elevado
- No hay mucha gama en elementos de este material
- Su soldadura es muy rara
- Es usado en el proyecto espacial

**Selección de la mejor alternativa en materiales para la construcción del chasis de la silla.**

Se presenta a continuación los criterios más importantes en la selección.

- Facilidad de obtención de elementos de este material
- Resistencia
- Peso
- Costo

**TABLA 15:** Evaluación criterios materiales a usarse en la construcción del chasis de la silla de ruedas.

Criterio	Variedad de elementos	Resistencia	Peso	Costo	$\Sigma + 1$	Ponderación
Variedad de elementos	X	1	1	1	4	0,4
Resistencia	0	X	1	1	3	0,3
Peso	0	0	X	0,5	1,5	0,15
Costo	0	0	0,5	X	1,5	0,15
Suma					10	1,00
• Facilidad de obtención de elementos de este material > Resistencia > Peso $\geq$ Costo						

Fuente: Autores

Como se puede observar en la tabla 15 para la elección de la mejor solución en los materiales a usarse para la construcción de la silla se ha tomado en cuenta varias características, se las enumera de acuerdo a su importancia: variedad de elementos, resistencia, peso y costo.

**TABLA 16:** Evaluación de las soluciones de la facilidad de obtención de elementos de cada material.

Facilidad de obtención de elementos de este material	Hierro fundido	Aluminio	Titanio	$\Sigma + 1$	Ponderación
Hierro fundido	X	1	1	3	0,5
Aluminio	0	X	1	2	0,34
Titanio	0	0	X	1	0,16
				6	1
Hierro fundido > Aluminio > Titanio					

Fuente: Autores

Como se observa en la tabla anterior el hierro al carbón es el que tiene mayor variedad de perfiles para facilitar la construcción de la silla de ruedas.

**TABLA 17:** Evaluación de las soluciones de la resistencia de cada

Resistencia	Hierro fundido	Aluminio	Titanio	$\Sigma + 1$	Ponderación
Hierro fundido	X	1	0	2	0,34
Aluminio	0	X	0	1	0,16
Titanio	1	1	X	3	0,5
				6	1
Titanio > Hierro fundido > Aluminio					

Fuente: Autores

Se puede ver en la tabla 17 el titanio presenta una mayor resistencia de todos los materiales.

**TABLA 18:** Evaluación de las soluciones del peso de cada material.

Peso	Hierro fundido	Aluminio	Titanio	$\Sigma + 1$	Ponderación
Hierro fundido	X	0	0	1	0,16
Aluminio	1	X	0	2	0,34
Titanio	1	1	X	3	0,5
				6	1
Titanio > Hierro fundido > Aluminio					

Fuente: Autores

Como indica la tabla 18 el aluminio es quien mejor cumple con la característica de menor peso de todos los materiales.

**TABLA 19:** Evaluación de las soluciones de la resistencia de cada material.

Costo	Hierro fundido	Aluminio	Titanio	$\Sigma + 1$	Ponderación
Hierro fundido	X	1	1	3	0,5
Aluminio	0	X	1	2	0,34
Titanio	0	0	X	1	0,16
				6	1
Titanio > Hierro fundido > Aluminio					

Fuente: Autores

El material de menor costo es el hierro al carbón por ser de una composición más común y de fácil manejo como indica la figura anterior.

**TABLA 20:** Tabla de conclusiones para el material a usarse en la construcción de chasis de la silla

Conclusión	Duración	Calidad	Costo	Espacio	Mantenimiento	$\Sigma$	Prioridad
Hierro fundido	0,34x0,37	0,23x0,37	0,23x0,5	0,14x0,16	0,06x0,5	0,3783	1
Aluminio	0,34x0,315	0,23x0,315	0,23x0,16	0,14x0,34	0,06x0,34	0,2844	3
Titanio	0,34x0,315	0,23x0,315	0,23x0,34	0,14x0,5	0,06x0,16	0,3373	2

Fuente: Autores

- De acuerdo a la evaluación anterior, la solución número 1 que corresponde al hierro carbonado es el que mejor cumple con los requerimientos de duración, costo mantenimiento.

## **Tipos de ruedas**

### Ruedas macizas

Los sistemas actuales ya sean los basados en cámara y cubierta, tubular o tubeless, obligan a llevar encima unos cuantos aparatos de recambio para poder salir del paso y continuar la marcha en caso de un eventual pinchazo. Cámara, desmontables, hinchador y unos buenos brazos para dar presión a la rueda.

Pensando en aliviar a esos intrépidos ciclistas que ruedan por las carreteras y montes, Tannus hace algún tiempo que sacó al mercado sus ruedas macizas con un compuesto de caucho que dan una rigidez muy buena y son totalmente resistentes a los pinchazos y cortes, en definitiva, una forma de rodar que nos dará esa tranquilidad de saber que no pincharemos en toda la ruta.



**FIGURA 14:** Ruedas macizas

**Fuente:** Autores

### Ventajas:

- Mucha resistencia al desgaste
- No sufre pinchazos
- Mayor adherencia al piso
- Mantenimiento reducido

Desventajas:

- Mayor peso del sistema
- Presenta más resistencia al rodamiento

Ruedas neumáticas

Proporcionan agarre en casi cualquier superficie, amortiguan bien los golpes, y son más ligeras. Estas requieren más fuerza para su impulsión y están propensas a pinchazos por lo que si requieren de mantenimiento.



**FIGURA 15:** Ruedas Neumáticas

**Fuente:** (wheelbarrow, 2010)

Ventajas:

- Un excelente agarre a la superficie
- Livianas

Desventajas:

- Propensas a pinchazos
- Su desgaste es mayor
- Mantenimiento constante

## Ruedas tubulares

Los tubulares permiten mucha mayor presión de inflado por lo que al tener menor banda de rozadura con el asfalto, se supone que tienen menos rozamiento y por lo tanto 'corren más'. Del mismo modo, al tener mucha más presión, se adaptan menos a las pequeñas imperfecciones del asfalto y vamos dando micro saltos y en esos micro saltos perdemos velocidad al contactar de nuevo con el suelo. En cualquier caso estamos hablando de nimiedades en ambos casos.

El sistema tubular se pincha menos que el de cámara o al menos, eso es lo que se dice. El tubular es más resistente a los reventones por pellizcado. El sistema tubular es más ligero que el de cámara cubierta.

El tubular al integrar en una sola pieza la cámara y la cubierta, es más ligero que el sistema de cubierta-cámara. Vale, por el momento parece que en el sistema tubular todo son ventajas: Ofrece menos resistencia al movimiento, es más ligero, se pincha menos.



**FIGURA 16:** Ruedas tubulares

**Fuente:** (continental, 2014)

Ventajas:

- Muy livianas
- Fácil montaje
- Menor resistencia a la rodadura

Desventajas:

- Mantenimiento constante
- Desgaste prematuro
- Mayor costo
- Poca variedad de producto
- Complejidad en el cambio

Selección de la mejor alternativa en ruedas para la silla de ruedas

Se presenta los criterios más relevantes para la selección:

- Durabilidad
- Adherencia al piso
- Montaje
- Mantenimiento
- Costo

**TABLA 21:** Evaluación criterios de las ruedas que van a ser usadas en la silla de ruedas.

Criterio	Durabilidad	Adherencia	Costo	Mantenimiento	Montaje	$\Sigma + 1$	Ponderación
Durabilidad	X	1	1	1	1	5	0,34
Adherencia al piso	0	X	0,5	1	1	3,5	0,23
Costo	0	0,5	X	1	1	3,5	0,23
Mantenimiento	0	1	1	X	1	4	0,14
Montaje	0	0	0	0	X	1	0,06
Suma						15	1,00
Duración > Calidad $\geq$ Costo > Espacio > Mantenimiento							

**Fuente:** Autores

Como se puede observar en la tabla anterior para la elección de la mejor solución en ruedas para la silla se ha tomado en cuenta varias características, se las enumera de acuerdo a su importancia: durabilidad, adherencia al piso, costo, mantenimiento y montaje.

**TABLA 22:** Evaluación de las soluciones de la durabilidad de las ruedas

Durabilidad	Macisas	Neumaticas	Tubulares	$\Sigma + 1$	Ponderación
Macisas	X	1	1	3	0,5
Neumaticas	0	X	0,5	1,5	0,25
Tubulares	0	0,5	X	1,5	0,25
				6	1
<b>Macisas &gt; Neumaticas <math>\geq</math> Tubulares</b>					

Fuente: Autores

Como se puede ver en la tabla 22 las ruedas macizas tienen el mayor tiempo de durabilidad de entre los tipos de soluciones expuestas.

**TABLA 23:** Evaluación de las soluciones de la adherencia de las ruedas

Adherencia	Macisas	Neumaticas	Tubulares	$\Sigma + 1$	Ponderación
Macisas	X	1	1	3	0,5
Neumaticas	0	X	0,5	1,5	0,25
Tubulares	0	0,5	X	1,5	0,25
				6	1
<b>Macisas &gt; Neumaticas <math>\geq</math> Tubulares</b>					

Fuente: Autores

Las ruedas macizas son las que presentan mejor adherencia al piso, en todas las condiciones climáticas para el tipo de vías que va a transitar la silla.

**TABLA 24:** Evaluación de las soluciones de la facilidad de montaje de las ruedas en la silla

Montaje	Macisas	Neumaticas	Tubulares	$\Sigma + 1$	Ponderación
Macisas	X	1	1	3	0,5
Neumaticas	0	X	0,5	1,5	0,25
Tubulares	0	0,5	X	1,5	0,25
				6	1
<b>Macisas &gt; Neumaticas <math>\geq</math> Tubulares</b>					

Fuente: Autores

En cuestión de montaje las ruedas macizas son las que mayor facilidad otorga al usuario. Como se muestra en la tabla anterior.

**TABLA 25:** Evaluación de las soluciones del mantenimiento que necesitan las ruedas

Mantenimiento	Macizas	Neumáticas	Tubulares	$\sum + 1$	Ponderación
Macizas	X	1	1	3	0,5
Neumáticas	0	X	0,5	1,5	0,25
Tubulares	0	0,5	X	1,5	0,25
				6	1
<b>Macizas &gt; Neumáticas ≥ Tubulares</b>					

**Fuente:** Autores

Las ruedas macizas casi no requieren ningún mantenimiento por lo cual son las que mejor cumplen esta característica para la silla, facilitando así su uso.

**TABLA 26:** Evaluación de las soluciones del costo de las ruedas

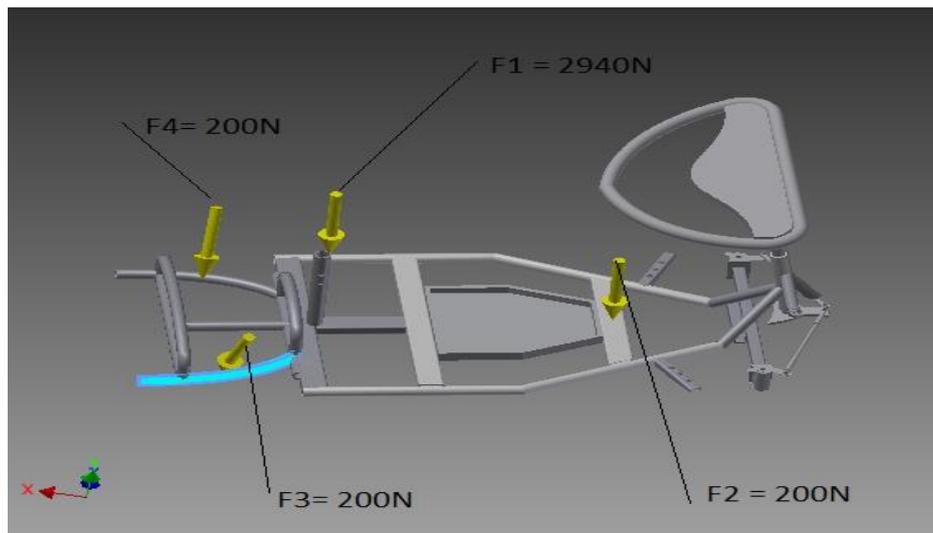
Costo	Macisas	Neumaticas	Tubulares	$\sum + 1$	Ponderación
Macisas	X	1	1	3	0,5
Neumaticas	0	X	1	2	0,33
Tubulares	0	0	X	1	0,17
				6	1
<b>Macisas &gt; Neumaticas &gt; Tubulares</b>					

**Fuente:** Autores

- De acuerdo a la evaluación anterior, la solución número 1 que corresponde a las ruedas macizas es el que mejor cumple con los requerimientos de durabilidad, adherencia al piso, montaje, mantenimiento y costo.

#### 4.5 SIMULACIÓN DEL DISEÑO DEL CHASIS

El software de simulación integrada ayuda a prever cómo funciona el diseño en condiciones reales antes de fabricarlo. El software Inventor. Professional proporciona herramientas de movimiento y simulación fáciles de usar que le ayudan a optimizar la selección de materiales y validar el rendimiento del producto en las primeras fases del proceso de diseño. (INVENTOR, 2015)



**FIGURA 17:** Ubicación de las fuerzas en el chasis

**Fuente:** Autores

En el diagrama anterior se puede observar la ubicación de las principales fuerzas que actuarán sobre el chasis cuando este a soportando su carga máxima.

#### 4.5.1 ESPECIFICACIONES DE LAS FUERZAS

Fuerza 1.

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	2940,000 N
Vector X	-215,036 N
Vector Y	-2926,832 N
Vector Z	176,111 N

Fuerza 2.

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	200,000 N
Vector X	-14,628 N
Vector Y	-199,104 N
Vector Z	11,980 N

### Fuerza 3.

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	200,000 N
Vector X	36,065 N
Vector Y	-179,599 N
Vector Z	80,271 N

### Fuerza 4.

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	200,000 N
Vector X	-7,872 N
Vector Y	-189,314 N
Vector Z	-64,018 N

## 4.5.2 SIMULACIÓN EN INVENTOR DE ACUERDO AL MATERIAL USADO

Nº de pieza	Ensamblaje final Chasis silla de ruedas
Diseñador	Jácome C. – Quiroz S.
Coste	750,00
Fecha de creación	10/03/2015

### Información del proyecto

**TABLA 27:** Propiedades físicas

Masa	10,3135 kg
Área	1346140 mm <sup>2</sup>
Volumen	2835570 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=-899,637mm y=-90,5715mm z=180,281 mm

Fuente: Propia

En la tabla anterior se puede ver la masa total del chasis, el área el volumen y el centro de equilibrio del chasis diseñado.

**TABLA 28:** Materiales

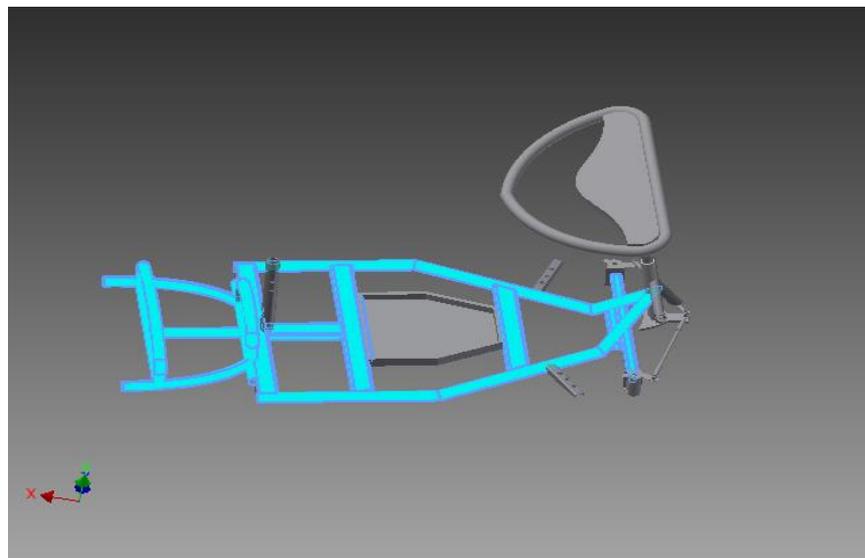
Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	77,5194 GPa

Fuente: Propia

En esta tabla se puede observar el nombre del material usado para la construcción del chasis y las propiedades generales de este, como son el coeficiente de deformación, su resistencia a la deformación, su capacidad de soportar la tensión.

#### 4.5.3 UBICACIÓN DE RESTRICCIONES

En la gráfica anterior se observa las restricciones sobre donde actuaran las fuerzas que se aplicaran sobre el chasis.



**FIGURA 18:** Restricciones

Fuente: Autores

**TABLA 29:** Fuerza y pares de reacción en restricciones

nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	92,5864 N	-7,04822 N	5,49005 N m	1,00102 N m
		92,2283 N		0,713122 N m
		-4,06305 N		5,3507 N m
Restricción fija:2	2356,11 N	173,67 N	426,834 N m	92,9692 N m
		2345,49 N		18,2127 N m
		-140,508 N		416,188 N m
Restricción fija:3	479,383 N	13,6562 N	73,584 N m	16,0598 N m
		478,444 N		3,43777 N m
		-26,7167 N		71,7278 N m
Restricción fija:4	0 N	0 N	0 N m	0 N m
		0 N		0 N m
		0 N		0 N m
Restricción fija:5	580,016 N	21,2023 N	48,962 N m	10,7477 N m
		578,687 N		2,50562 N m
		-33,03 N		47,7021 N m

Fuente: Propia

En la tabla 29 se puede observar cómo actúan las fuerzas a aplicarse en el chasis en los tres ejes cardinales. Como se descompone cada una de las fuerzas en los tres ejes y en que magnitud actúan sobre cada una de las restricciones situadas en el chasis.

**TABLA 30:** Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	2835440 mm <sup>3</sup>	
Masa	22,265 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	33,7121 MPa
Primera tensión principal	-5,52672 MPa	12,5086 MPa
Tercera tensión principal	-37,3925 MPa	1,46207 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0157471 mm
Coefficiente de seguridad	7,41573 su	15 su
Tensión XX	-7,08688 MPa	11,0098 MPa
Tensión XY	-8,99651 MPa	4,67907 MPa
Tensión XZ	-3,50764 MPa	3,84767 MPa
Tensión YY	-37,128 MPa	6,88557 MPa
Tensión YZ	-3,12579 MPa	6,95988 MPa
Tensión ZZ	-6,18501 MPa	4,12155 MPa

Desplazamiento X	-0,00246021 mm	0,000269864 mm
Desplazamiento Y	-0,0155258 mm	0 mm
Desplazamiento Z	-0,000274574 mm	0,00131352 mm
Deformación equivalente	0 su	0,000157583 su
Primera deformación principal	0 su	0,0000683219 su
Tercera deformación principal	-0,000181877 su	0 su
Deformación XX	-0,000013957 su	0,0000598115 su
Deformación XY	-0,0000605982 su	0,0000315171 su
Deformación XZ	-0,0000236266 su	0,000025917 su
Deformación YY	-0,000180175 su	0,0000271604 su
Deformación YZ	-0,0000210545 su	0,00004688 su
Deformación ZZ	-0,00000940436 su	0,0000621684 su
Presión de contacto	0 MPa	8,21507 MPa
Presión de contacto X	-4,98106 MPa	3,8463 MPa
Presión de contacto Y	-7,24971 MPa	0 MPa
Presión de contacto Z	-1,6023 MPa	2,42056 MPa

Fuente: Propia

En la tabla anterior se indican los datos de los esfuerzos, deformación, desplazamiento y tensión ocurridos en el chasis al ser aplicadas las cargas máximas, en cada eje cardinal.

#### 4.5.4 ESFUERZOS BAJO LA TEORÍA DE VON MISES

En la gráfica se observa la los esfuerzos que soporta el chasis de acuerdo con la teoría de Von Misses.

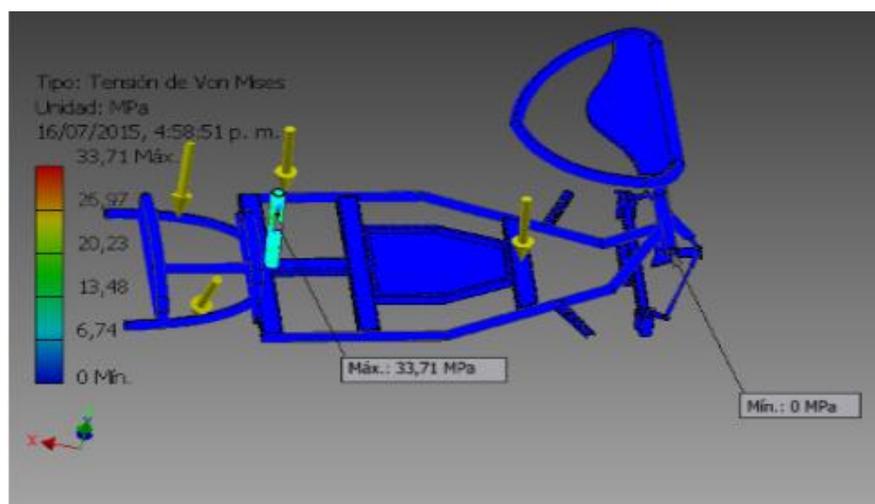


FIGURA 19: Esfuerzos de Von Mises

Fuente: Autores

#### 4.5.5 TEORÍA DE TENSIÓN DE VON MISES

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión.

En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles. La tensión de Von Mises puede calcularse fácilmente a partir de las tensiones principales del tensor, tensión en un punto de un sólido deformable, mediante la expresión:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

Siendo  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ , las tensiones principales, y habiéndose obtenido la expresión a partir de la energía de distorsión en función de las tensiones principales:

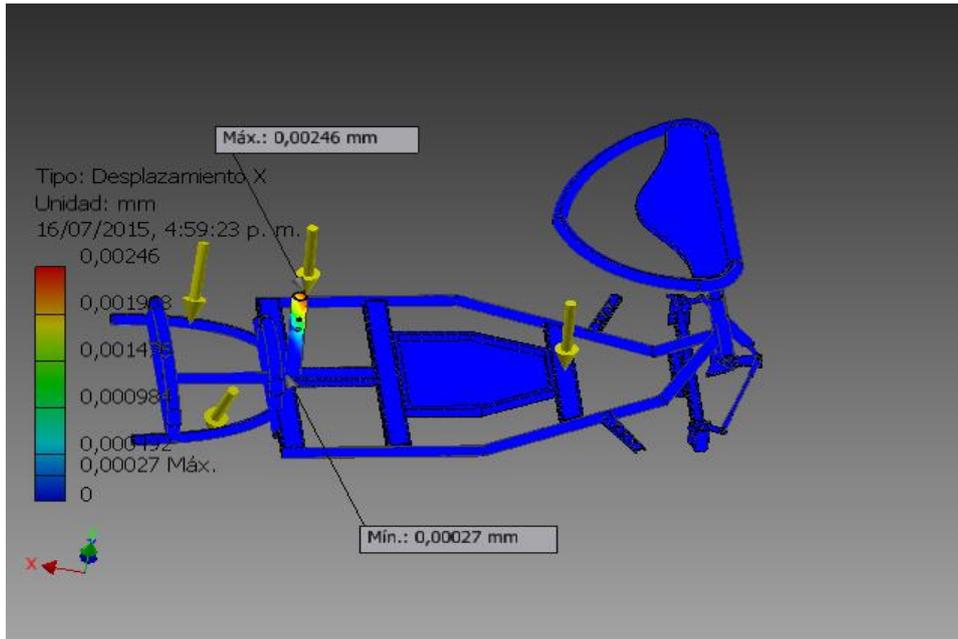
$$E_{def, dist} = \frac{1}{6G} \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]$$

La tensión de Von Mises y el criterio de fallo elástico asociado debe su nombre a Richard Edler von Mises (1913) propuso que un material dúctil sufría fallo elástico cuando la energía de distorsión elástica rebasaba cierto valor.

Sin embargo, el criterio es claramente formulado con anterioridad por Maxwell en 1865 más tarde también Huber (1904), en un artículo en polaco, anticipó hasta cierto punto la teoría de fallo de Von Mises.<sup>2</sup> Por todo esto a veces se llama a la teoría de fallo elástico basada en la tensión de Von Mises.

#### 4.5.6 DESPLAZAMIENTO OCURRIDO EN EL CHASIS AL APLICAR LAS CARGAS

En la siguiente figura se puede ver el desplazamiento al que ocurre en el chasis al aplicarle las cargas máximas que soporta.

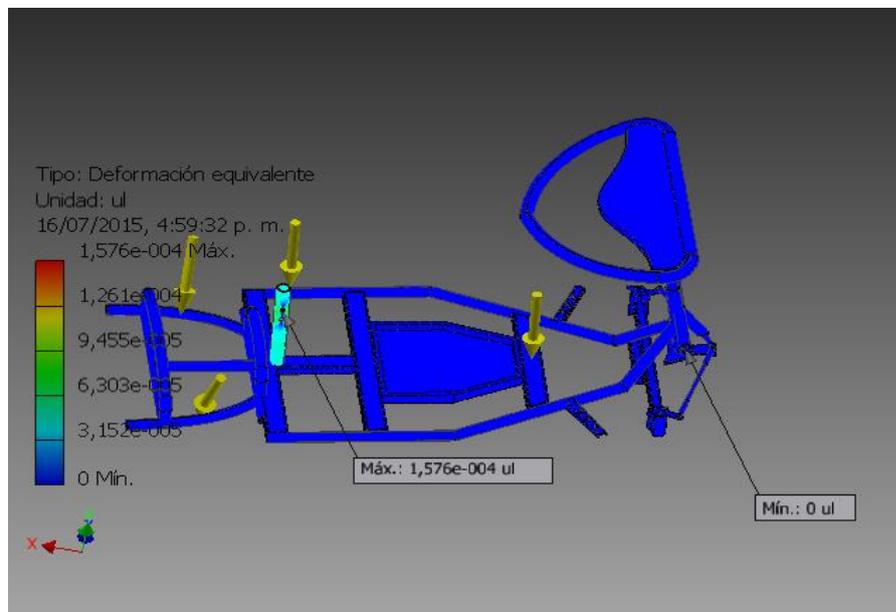


**FIGURA 20:** Desplazamiento

**Fuente:** Autores

#### 4.5.7 DEFORMACIÓN DEL CHASIS AL APLICAR CARGAS

En la gráfica se puede ver la deformación sufrida por el chasis al aplicarle las cargas máximas que soporta este.

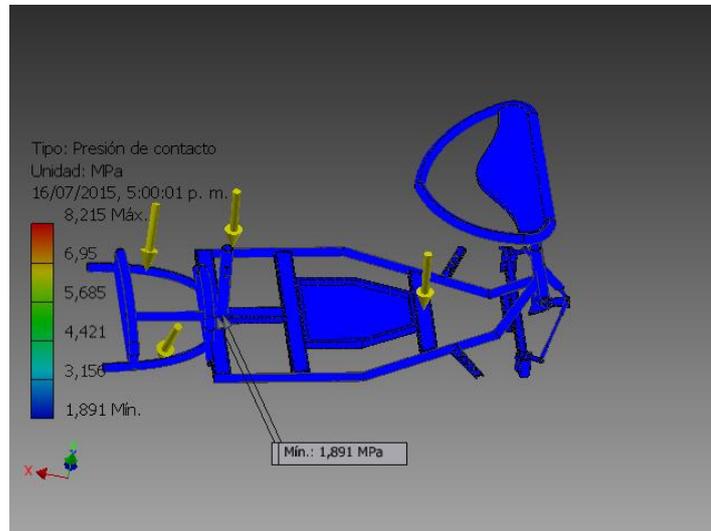


**FIGURA 21:** Deformación del chasis

**Fuente:** Autores

#### 4.5.8 PRESIÓN QUE SOPORTA EL CHASIS AL SER APLICADAS LAS CARGAS

En la gráfica se puede observar que al aplicar las cargas máximas en el chasis la presión a la que es sometido, no provoca daños en el chasis.



**FIGURA 22:** Presión sobre el chasis

**Fuente:** Autores

#### 4.6 CONSTRUCCIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS

Para la construcción de la silla de ruedas se procede a seguir los siguientes pasos.

- Paso 1. Recortar los perfiles de hacer según las medidas especificadas en el diseño anterior.

Con una moladora y un disco de corte de metal se procede a recortar los diferentes perfiles de acero al carbón de acuerdo a las medidas especificadas en el diseño de la silla de ruedas.



**FIGURA 23:** Corte manual de perfiles de acero

**Fuente:** Autores

- Paso 2. Taladrado de orificios para acoplar la cubierta de la silla de ruedas y sostener algunos componentes, todo esto mediante pernos.

Con la ayuda de un taladro eléctrico industrial se empieza a realizar los orificios en las partes del chasis, para poder montar las cubiertas de la silla de ruedas mediante pernos.

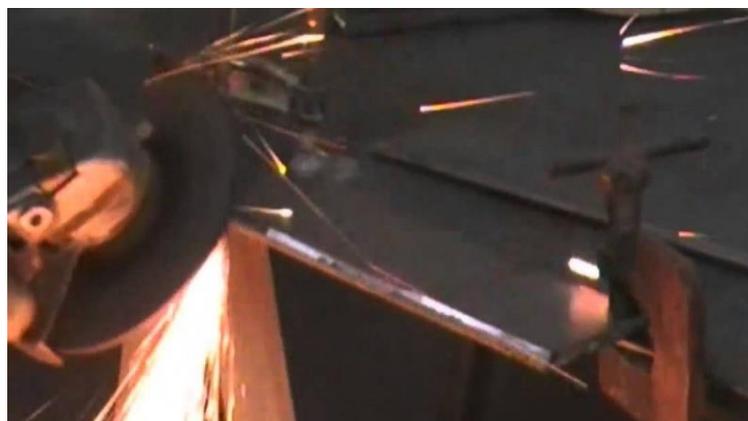


**FIGURA 24:** Taladrado de varias partes del chasis.

**Fuente:** Autores

- Paso 3. Biselado de las partes del chasis de la silla de ruedas.

Con la ayuda de una moladora y un disco de lijado se dispone a biselar las piezas del chasis que serán unidas mediante soldadura, para un mejor acoplamiento de estas piezas entre sí.



**FIGURA 25:** Biselado partes del chasis

**Fuente:** Autores

- Paso 4. Unión de las diversas artes del chasis mediante soldadura MIG.

La soldadura con gas protector de metal es un procedimiento de soldadura con arco eléctrico en el que un electrodo de hilo sin fin se funde bajo una cubierta de gas inerte por ejemplo argón o helio. (Jose, 2013)

Mediante el uso de soldadura MIG se unen todas las piezas del chasis, recortadas de acuerdo al diseño realizado en inventor, para así formar un solo cuerpo y construir la estructura de la silla de ruedas.



**FIGURA 26:** Unión de las partes del chasis mediante soldadura MIG

**Fuente:** Autores

- Paso 5. Unión de los sistemas que componen la silla de ruedas.

Se procede a montar los diversos sistemas en el chasis para formar la silla de ruedas y luego poder montar el motor y mandos.



**FIGURA 27:** Ensamblaje de la dirección al chasis

**Fuente:** Autores



**FIGURA 28:** Silla de Rueda Motorizada Construida  
**Fuente:** Autores

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Analizando la información relacionada con la paraplejia se puede diseñar y construir una silla de ruedas que proporcione independencia a las personas que sufren de esta discapacidad, proporcionándoles independencia para realizar casi cualquier trabajo y así incluirse como miembros activos de la sociedad
- Para el diseño de la silla de ruedas se realizó la elección de los materiales y componentes que mejor cumplían con las necesidades tanto del usuario como del constructor, mediante el análisis de la información usando métodos como la casa de la calidad y la teoría de la matriz de criterio ponderado.
- Con los materiales usados en la construcción del chasis y los demás componentes de la silla de ruedas se logró consolidar una máquina de buena calidad, que cumple con normas internacionales de seguridad y necesidades de comodidad del usuario.
- Los resultados obtenidos del proyecto son satisfactorios ya que se logró cumplir con los objetivos planteados, en base a la resistencia del chasis que soporta aproximadamente 300kg de peso, y la silla en si alcanza una velocidad máxima de 18 km/h.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Es aconsejable dar un mantenimiento preventivo de todos los sistemas de la silla de ruedas, para evitar que el usuario tenga contratiempos mientras realiza sus actividades diarias.
- Se consideraría el mejoramiento del diseño de la silla, mediante la adaptación de un sistema básico de suspensión para que así la silla pueda absorber mejor la vibración.
- Es recomendable buscar un motor eléctrico de menor peso pero que conserve las características de torque, para con esto dar mayor eficiencia a la silla.
- Se podría mejorar el diseño de esta silla de ruedas mediante la adaptación de pistones hidráulicos y poleas, los cuales podrían hacer cambiar de altura a la silla para que el usuario pueda alcanzar lugares que para el ahora son inaccesibles

### 5.3 BIBLIOGRAFÍA

Acerodepot. (2013). [www.acerodepot.com](http://www.acerodepot.com). Obtenido de [www.acerodepot.com](http://www.acerodepot.com):  
<http://www.acerodepot.com/>

Bronmeta. (2010). [www.bronmetal.com](http://www.bronmetal.com). Obtenido de [www.bronmetal.com](http://www.bronmetal.com):  
<http://www.bronmetal.com/producto/extruidos/43>

Cleta. (2012). [www.pinterest.com](http://www.pinterest.com). Obtenido de [www.pinterest.com](http://www.pinterest.com):  
<https://www.pinterest.com/reysac/cleta/>

Continental, L. (2014). [ciclosannicolas.com](http://ciclosannicolas.com). Obtenido de [ciclosannicolas.com](http://ciclosannicolas.com):  
[http://ciclosannicolas.com/index.php?route=product/product&product\\_id=2438](http://ciclosannicolas.com/index.php?route=product/product&product_id=2438)

CONTROLS, P. G. (2013). [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es). Obtenido de [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es):  
<http://www.directindustry.es/prod/penny-giles-controls/product-4591-1691693.html>

dfdg. (s.f.). fdf. En dgdf.

Elizabeth Blesedell Crepeau, E. S. (2005). Terapia ocupacional. medica Panamericana.

Francisco, A. (2002). Tecnologías de ayuda en personas con trastornos de comunicación.

Gennaro, A. N. (2003). Remington farmacia. medica Panamericana.

Hastinik. (s.f.). [www.grupohastinik.com](http://www.grupohastinik.com). Obtenido de [www.grupohastinik.com](http://www.grupohastinik.com):  
<http://www.grupohastinik.com/productos.php?cat=7&n=4&grupo=hastinik>

INVENTOR. (2015). [www.autodesk.es](http://www.autodesk.es). Obtenido de [www.autodesk.es](http://www.autodesk.es):  
<http://www.autodesk.es/products/inventor/features/integrated-cad-simulation/list-view>

Jose, C. P. (2013). Soldadura basica - guia practica. Ediciones de la U.

life, 3. s. (2015). <http://gpimmediacollections.3m.com/>. Obtenido de <http://gpimmediacollections.3m.com/>: <http://3m industrial.cl/wp-content/uploads/2011/08/Cad-DiscoCOxAl.pdf>

López, G. (2000). asesoramiento vacacional de estudiantes con minusvalías físicas y sensoriales. En G. López, asesoramiento vacacional de estudiantes con minusvalías físicas y sensoriales (pág. 176).

Luis, M. (2012). [www.monografias.com](http://www.monografias.com). Obtenido de [www.monografias.com](http://www.monografias.com): Según Moreno L. (2012) "Proyecto de investigación de una silla de ruedas" tomado del link <http://www.monografias.com/trabajos94/proyecto-silla-ruedas/proyecto-silla-ruedas.shtml#ixzz3KHg1ujUN> dice:

Mecanico, A. (2013). [ajuste.wordpress.com](http://ajuste.wordpress.com). Obtenido de [ajuste.wordpress.com](http://ajuste.wordpress.com): <https://ajuste.wordpress.com/2009/11/17/el-taladrado/>

Medicina Auxiliar. (s.f.). [www.medicinaauxiliar.com](http://www.medicinaauxiliar.com). Obtenido de [www.medicinaauxiliar.com](http://www.medicinaauxiliar.com): <http://www.medicinaauxiliar.com/infosillas4.html>

MESSER. (2014). [www.ing-instalar.com.a](http://www.ing-instalar.com.a). Obtenido de [www.ing-instalar.com.a](http://www.ing-instalar.com.a): <http://www.ing-instalar.com.ar/biselado.html>

Moreno, L. H. (08 de 01 de 2013). [www.monografias.com](http://www.monografias.com). Obtenido de [www.monografias.com](http://www.monografias.com): <http://www.monografias.com/trabajos94/proyecto-silla-ruedas/proyecto-silla-ruedas.shtml>

OrtoJosBel, O. (2014). [www.sillasderuedas.es](http://www.sillasderuedas.es). Obtenido de [www.sillasderuedas.es](http://www.sillasderuedas.es): <http://www.sillasderuedas.es/Kuschall-Ultralight-Chasis-Plegable-61>

Ortopediamimas. (2015). [www.ortopediamimas.com](http://www.ortopediamimas.com). Obtenido de [www.ortopediamimas.com](http://www.ortopediamimas.com): <https://www.ortopediamimas.com/ortopedia-infantil/sillas-manuales-infantiles/2146-silla-de-ruedas-ergonomica-cougar.html>

Riba, C. (2010). Matriz de la mejor elección. Obtenido de <http://es.slideshare.net/JavoCBA1/carles-riba-dc1quito2004>

SEMPLADES. (2013). plan.senplades.gob.ec. Obtenido de plan.senplades.gob.ec: <http://plan.senplades.gob.ec/3.2-principios-para-alcanzar-el-buen-vivir>

Tutoriales, G. (06 de 02 de 2015). gestiondeoperaciones.net. Obtenido de gestiondeoperaciones.net: <http://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-la-funcion-de-despliegue-de-la-calidad-qfd-o-casa-de-la-calidad/>

Wheelbarrow. (2010). www.wheelbarrow-wheel.es. Obtenido de www.wheelbarrow-wheel.es: <http://www.wheelbarrow-wheel.es/1-5-pneumatic-rubber-wheel.html>

Wikimedia . (2014). wikipedia.org. Obtenido de wikipedia.org: web Wikimedia Commons (2014) “Silla de ruedas” tomado del link [http://es.wikipedia.org/wiki/Silla\\_de\\_ruedas](http://es.wikipedia.org/wiki/Silla_de_ruedas)

Alcantud, F. (2003). “Tecnologías de ayuda en personas con trastornos de comunicación”. México: Editorial Nau Libres. Edición 7.

Alfonso R. Gennaro(2003) “Remington Farmacia Editor Ed. Médica Panamericana,

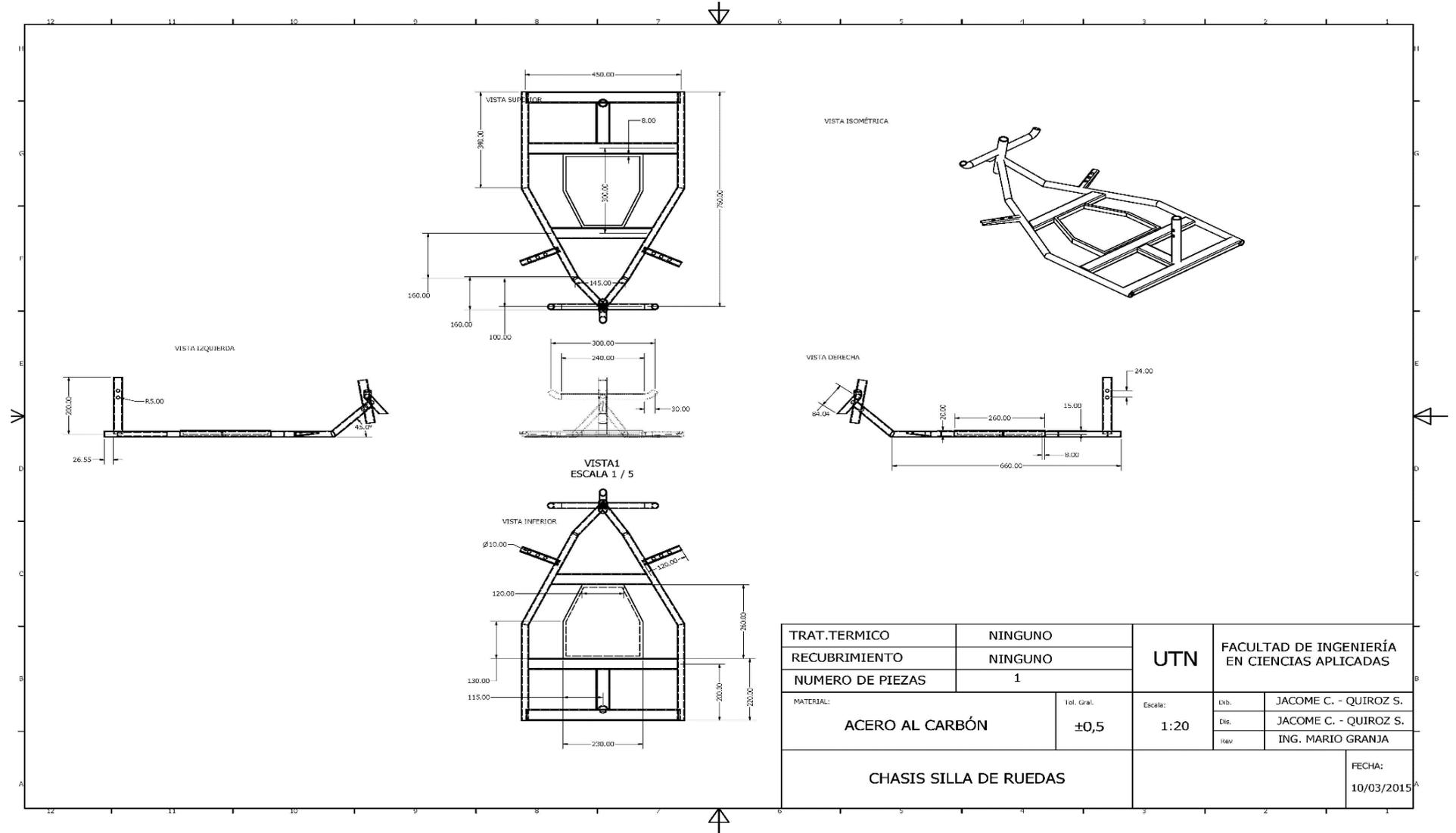
Blesedell E., Ellen S. Cohn (OTR.), Bárbara A. Boyt Schell (2005) “Terapia ocupacional” Editor Ed. Médica Panamericana,

Grupo B Administración Especial de la Generalitat Valenciana. “Temario” 2006 Editor MAD-Eduforma Madrid

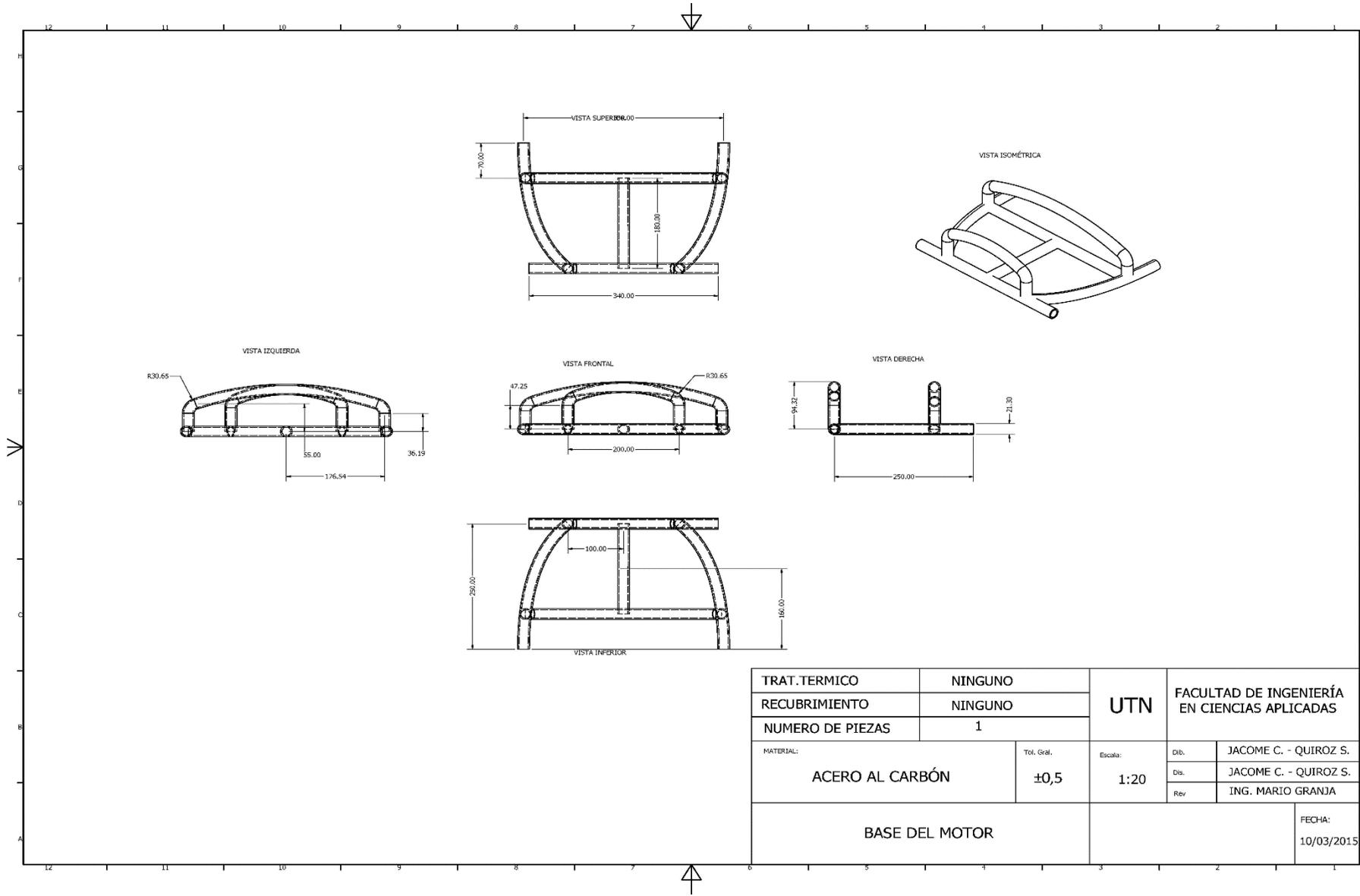
López G 2006 “Asesoramiento vocacional de estudiantes con minusvalías físicas y sensoriales” Editor Universitat de Valencia,

Wasim Y., (2013) “Inventor y sus simulaciones” Editoriales de la U

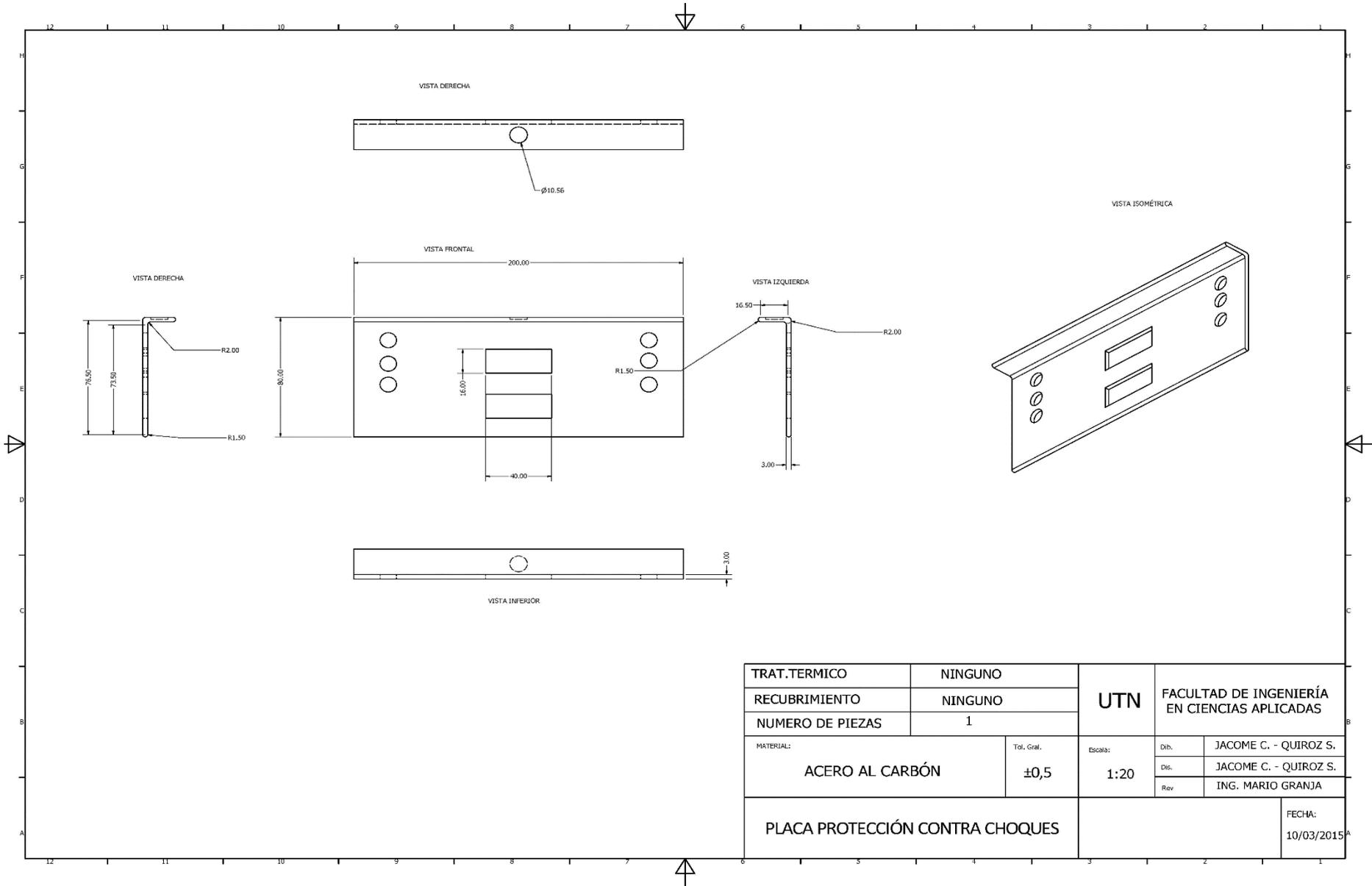
## 5.4 ANEXO



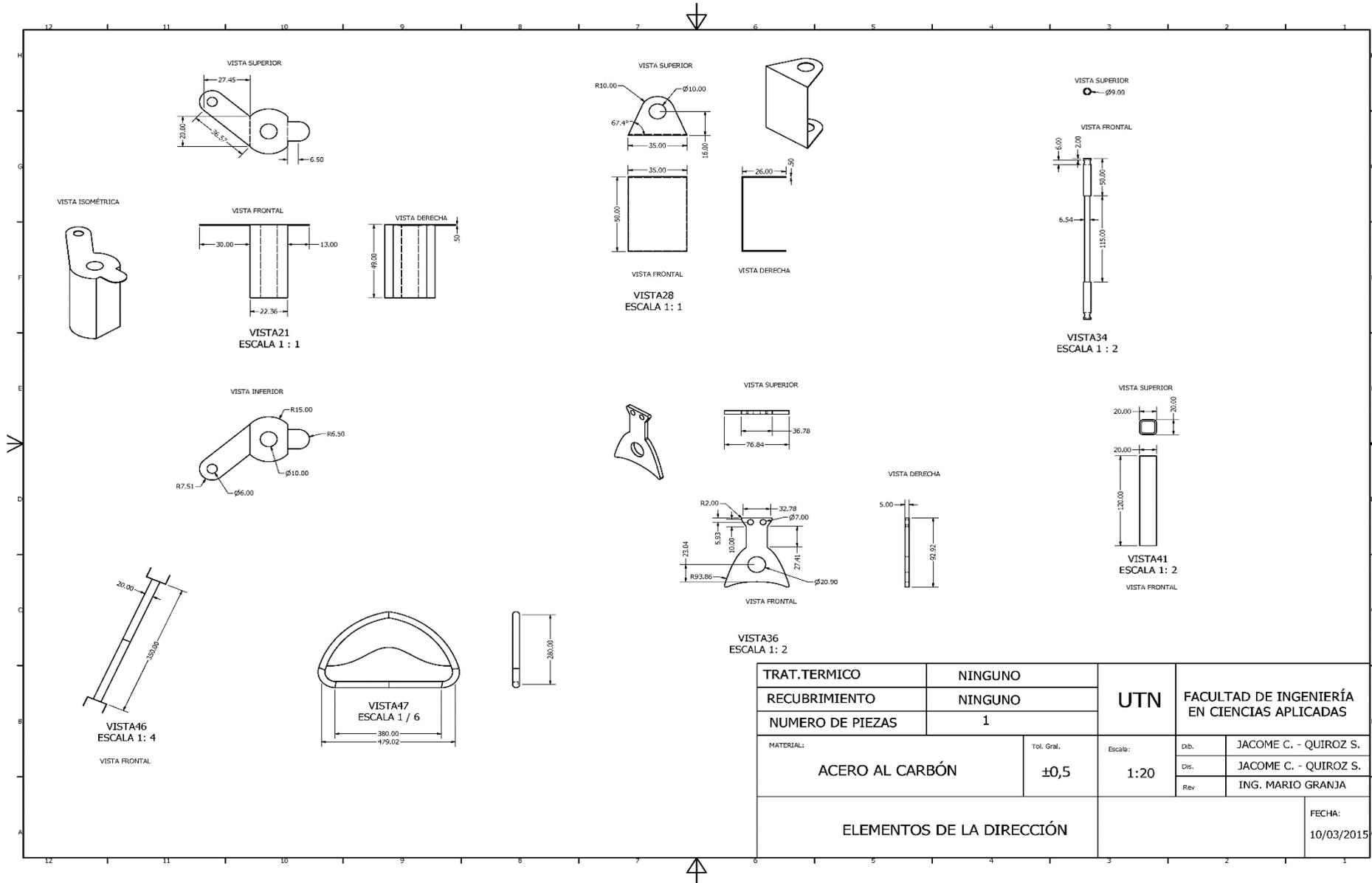
TRAT. TERMICO	NINGUNO	UTN	FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO		Dib.	JACOME C. - QUIROZ S.
NUMERO DE PIEZAS	1	Escala:	Dis.	JACOME C. - QUIROZ S.
MATERIAL:	ACERO AL CARBÓN	Tol. Gral.	Rev.	ING. MARIO GRANJA
		±0,5	1:20	FECHA:
CHASIS SILLA DE RUEDAS			10/03/2015	



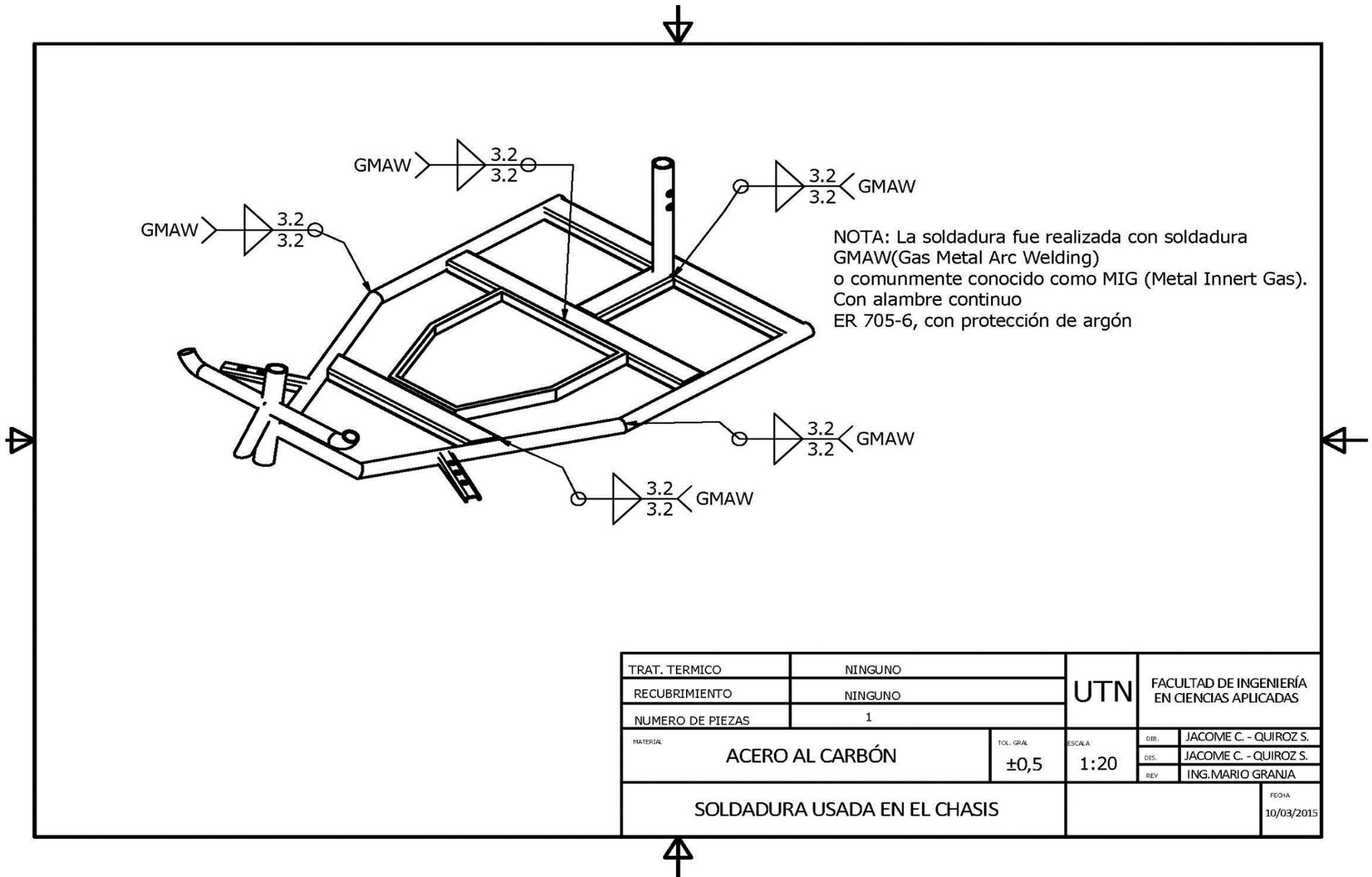
TRAT. TERMICO	NINGUNO	UTN	FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMERO DE PIEZAS	1			
MATERIAL:	ACERO AL CARBÓN	Tol. Gral. ±0,5	Escala: 1:20	Dib. Dis. Rev
BASE DEL MOTOR			JACOME C. - QUIROZ S. JACOME C. - QUIROZ S. ING. MARIO GRANJA	
			FECHA: 10/03/2015	



TRAT.TERMICO	NINGUNO	UTN	FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMERO DE PIEZAS	1			
MATERIAL:	ACERO AL CARBÓN	Tol. Graf. $\pm 0,5$	Escala: 1:20	Dib. JACOME C. - QUIROZ S.
				Dis. JACOME C. - QUIROZ S.
				Rev. ING. MARIO GRANJA
PLACA PROTECCIÓN CONTRA CHOQUES				FECHA: 10/03/2015



TRAT.TERMICO	NINGUNO	UTN	FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMERO DE PIEZAS	1				
MATERIAL:	ACERO AL CARBÓN	Tol. Graf.	Escala:	Dib.	JACOME C. - QUIROZ S.
		±0,5	1:20	Dis.	JACOME C. - QUIROZ S.
				Rev	ING. MARIO GRANJA
ELEMENTOS DE LA DIRECCIÓN				FECHA:	10/03/2015



TRAT. TERMICO	NINGUNO		UTN	FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMERO DE PIEZAS	1				
MATERIA:	ACERO AL CARBÓN	TOL. GRAL. ±0,5	ESCALA 1:20	DIB.	JACOME C. - QUIROZ S.
				DIS.	JACOME C. - QUIROZ S.
				REV.	ING.MARIO GRANJA
SOLDADURA USADA EN EL CHASIS				FECHA	10/03/2015

## ANEXO 1: FOTOGRAFÍAS











