

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

INGENIERÍA MECÁNICA

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO
MECÁNICO**

TEMA:

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA, CON
SISTEMA DE ASCENSO Y ELEVACIÓN**

AUTOR:

JAVIER ALEJANDRO LÓPEZ CELI

DIRECTOR:

ING. NELSON JARA

CUENCA – ECUADOR

2013-2014

Ingeniero Mecánico, Nelson Jara, Director de la tesis

CERTIFICO

Que la presente tesis ha sido desarrollada en su totalidad por el señor López Celi Javier Alejandro.

Los conceptos desarrollados, análisis, cálculos realizados y las conclusiones y recomendaciones del trabajo se han realizado bajo todos los reglamentos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana y ha cumplido con todos los requerimientos para su aprobación.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above a solid horizontal line.

Ing. Nelson Jara

DIRECTOR DE TESIS

DECLARATORIA

El trabajo de grado que se presenta, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana. En tal virtud los fundamentos técnicos – científicos y los resultados son exclusiva responsabilidad del autor.

A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigente.



Javier Alejandro López Celi

C.I. 06023820465

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada primeramente a Dios quien me guía paso a paso, día a día desde que nací, a mi madre que desde el cielo me cuida, a mi padre que gracias a su esfuerzo, dedicación y amor han logrado llevarme por buen camino dándome fuerzas para seguir adelante y así cumplir con mis metas, a mis hermanos que también han sido mi apoyo y me brindan sus consejos, y a todos aquellos que de una u otra manera han influenciado en mí para que termine con éxito esta etapa de mi vida.

También deseo dedicar la presente tesis a la mujer que ha sido mi soporte en los momentos más duros, quién con su cariño me ha levantado el ánimo cuando sentía que ya no podía más, gracias amor.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a las personas que fueron partícipes directa o indirectamente, ya que gracias a su colaboración he podido desarrollar esta tesis, especialmente al Ingeniero Nelson Jara, mi Director, quien me ha guiado en estos meses con sus conocimientos, paciencia y dirección para que sea posible la finalización de esta tesis.

También agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana en donde he adquirido mayores conocimientos para formarme como profesional, y de esta manera culminar una etapa en mi vida.

Contenido

| | |
|--|-----|
| CERTIFICO..... | i |
| DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| Índice de cuadros..... | xi |
| Índice de ecuaciones..... | xi |
| Índice de figuras..... | xi |
| Índice de tablas..... | xiv |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| JUSTIFICACIÓN DEL TEMA..... | 1 |
| OBJETIVOS..... | 2 |
| General..... | 2 |
| Específicos..... | 2 |
| | |
| Capítulo 1: ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE DE LAS SILLAS DE RUEDAS ELÉCTRICAS HASTA LA ACTUALIDAD..... | 3 |
| 1.1. Breve historia de las sillas de ruedas..... | 3 |
| 1.1.1. Primeros diseños..... | 3 |
| 1.1.2. La silla de ruedas plegable tubular de acero..... | 5 |
| 1.1.3. La silla de ruedas eléctrica..... | 6 |
| 1.1.4. Sillas de ruedas robóticas (resumen primeros inicios)..... | 8 |
| 1.2. Algunos avances en silla de ruedas eléctricas..... | 9 |
| 1.2.1. Silla de ruedas robótica SENA..... | 9 |
| 1.2.2. Dispositivo detector de colisión para silla de ruedas eléctrica omnidireccional..... | 12 |
| 1.2.3. Diseño de asistente de movilidad de la silla de ruedas robótica inteligente..... | 16 |
| 1.3. Barreras arquitectónicas..... | 21 |
| 1.4. Ordenanzas municipales en la ciudad de Cuenca..... | 22 |
| 1.5. Conclusiones del capítulo..... | 23 |
| 1.6. Referencias del capítulo..... | 23 |
| 1.7. Bibliografía del capítulo..... | 27 |
| 1.8. Sitios Web del capítulo..... | 27 |
| | |
| Capítulo 2: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA ELEVAR..... | 29 |

| | |
|--|----|
| VERTICALMENTE AL USUARIO..... | |
| 2.1. Silla de ruedas con ascensor de asiento eléctrico PSE2..... | 29 |
| 2.1.1 Introducción..... | 29 |
| 2.1.2. Partes constitutivas..... | 29 |
| 2.1.3. Funcionamiento..... | 30 |
| 2.2. Silla de ruedas Dragon..... | 32 |
| 2.2.1. Introducción..... | 32 |
| 2.2.2. Partes constitutivas..... | 32 |
| 2.2.3. Funcionamiento..... | 34 |
| 2.3. Silla de ruedas iBOT 4000..... | 35 |
| 2.3.1. Introducción..... | 35 |
| 2.3.2. Partes constitutivas..... | 35 |
| 2.3.3. Funcionamiento..... | 36 |
| 2.4. Conclusiones del capítulo..... | 37 |
| 2.5. Referencias del capítulo..... | 37 |
| 2.6. Bibliografía del capítulo..... | 37 |
| 2.7. Sitios Web del capítulo..... | 38 |
| | |
| Capítulo 3: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS..... | 39 |
| 3.1. Silla de ruedas sube escaleras "HELISO-III" | 39 |
| 3.1.1 Introducción..... | 39 |
| 3.1.2. Partes constitutivas..... | 39 |
| 3.1.3. Funcionamiento..... | 40 |
| 3.2. Prototipo silla de ruedas sorteas obstáculos..... | 41 |
| 3.2.1. Introducción..... | 41 |
| 3.2.2. Partes constitutivas..... | 41 |
| 3.2.3. Funcionamiento..... | 42 |
| 3.3. Silla de ruedas P4 country..... | 42 |
| 3.3.1. Introducción..... | 42 |
| 3.3.2. Partes constitutivas y funcionamiento..... | 43 |
| 3.4. Silla de ruedas TankChair..... | 43 |
| 3.4.1. Introducción..... | 43 |
| 3.4.2. Partes constitutivas y funcionamiento..... | 44 |
| 3.5. Sube escaleras para sillas YACK 912..... | 45 |
| 3.5.1. Introducción..... | 45 |

| | |
|--|-----|
| 3.5.2. Partes constitutivas y funcionamiento..... | 45 |
| 3.6. Descripción general de las sillas de ruedas que se pueden comprar..... | 48 |
| 3.6.1. MODELO A..... | 48 |
| 3.6.2. MODELO B..... | 54 |
| 3.6.3. MODELO C..... | 58 |
| 3.7. Conclusiones del capítulo..... | 60 |
| 3.8. Bibliografía del capítulo..... | 60 |
| 3.9. Sitios Web del capítulo..... | 60 |
| | |
| Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO..... | 62 |
| 4.1. Introducción..... | 62 |
| 4.2. Determinación de los parámetros de diseño..... | 63 |
| 4.3. Dimensionamiento del sistema..... | 64 |
| 4.4. Cálculo del sistema..... | 65 |
| 4.4.1. Análisis de fuerzas que actúan en el mecanismo de barras..... | 65 |
| 4.4.2. Análisis del tornillo de transmisión de movimiento..... | 67 |
| 4.4.3. Análisis de esfuerzo provocado en la rosca..... | 71 |
| 4.4.4. Análisis de tiempo de elevación de la silla..... | 74 |
| 4.4.5. Análisis de esfuerzos y deformaciones de los elementos del sistema..... | 75 |
| 4.5. Instalación eléctrica del sistema..... | 85 |
| 4.6. Conclusiones del capítulo..... | 86 |
| 4.7. Bibliografía del capítulo..... | 87 |
| 4.8. Sitios Web del capítulo..... | 87 |
| | |
| Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS..... | 88 |
| 5.1. Antecedentes..... | 88 |
| 5.2. Diseños preliminares..... | 88 |
| 5.2.1. Boceto A..... | 89 |
| 5.2.2. Boceto B..... | 94 |
| 5.2.3. Boceto C..... | 96 |
| 5.2.1. Boceto D..... | 98 |
| 5.2.2. Boceto E..... | 100 |
| 5.3. Determinación de los parámetros de diseño..... | 102 |
| 5.4. Dimensionamiento del sistema..... | 103 |

| | |
|--|-----|
| 5.5. Cálculo del sistema..... | 104 |
| 5.5.1. Determinación del peso total..... | 104 |
| 5.5.2. Análisis de la fuerza requerida en una superficie plana..... | 105 |
| 5.5.3. Análisis de la fuerza requerida en una superficie ascendente..... | 106 |
| 5.5.4. Análisis de la fuerza requerida en una superficie descendente..... | 107 |
| 5.5.5. Análisis de la fuerza requerida para subir una vereda..... | 109 |
| 5.5.6. Potencia máxima del motorreductor..... | 116 |
| 5.5.7. Velocidad necesaria del motor..... | 116 |
| 5.5.8. Distancia aproximada de funcionamiento de la silla (km)..... | 117 |
| 5.5.9. Análisis de esfuerzos y deformaciones de los elementos del sistema..... | 118 |
| 5.6. Selección de los componentes del sistema..... | 123 |
| 5.6.1. Análisis general del circuito..... | 123 |
| 5.6.2. Selección de los dispositivos..... | 125 |
| 5.6.3. Diseño de circuitos..... | 136 |
| 5.7. Conclusiones del capítulo..... | 152 |
| 5.8. Bibliografía del capítulo..... | 152 |
| 5.9. Sitios Web del capítulo..... | 152 |
| | |
| Capítulo 6: MODELAR LA SILLA DE RUEDAS CON LOS SISTEMAS DISEÑADOS..... | 153 |
| 6.1. Modelado del sistema para elevar verticalmente al usuario..... | 153 |
| 6.2. Modelado del sistema para subir veredas..... | 154 |
| 6.3. Modelado del prototipo terminado..... | 157 |
| 6.4. Conclusiones del capítulo..... | 158 |
| | |
| Capítulo 7: COSTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS CON LOS SITEMAS DISEÑADOS | 159 |
| 7.1. Componentes que se deben fabricar del sistema para elevar verticalmente al usuario..... | 159 |
| 7.2. Selección de componentes prefabricados del sistema para elevar verticalmente al usuario..... | 160 |
| 7.3. Costo de montaje del sistema para elevar verticalmente al usuario..... | 160 |
| 7.4. Componentes que se deben fabricar del sistema para subir veredas..... | 161 |
| 7.5. Selección de componentes prefabricados del sistema para subir veredas..... | 161 |
| 7.6. Costo de montaje del sistema para subir veredas..... | 162 |
| 7.7. Costo total del prototipo de silla de ruedas..... | 162 |

| | |
|--|-----|
| 7.8. Conclusiones del capítulo..... | 163 |
| RECOMENDACIONES EN GENERAL..... | 164 |
| ANEXOS..... | 166 |
| Anexo 1. Ordenanzas municipales en la ciudad de Cuenca..... | 167 |
| Anexo 2. Planos base sistema de elevación..... | 168 |
| Anexo 3. Soporte principal gato mecánico..... | 169 |
| Anexo 4. Brazo de sistema de elevación..... | 170 |
| Anexo 5. Soporte base de sistema de elevación..... | 171 |
| Anexo 6. Pasador sistema de elevación 03..... | 172 |
| Anexo 7. Pasador sistema de elevación 04..... | 172 |
| Anexo 8. Pasador sistema de elevación 05..... | 173 |
| Anexo 9. Base de tornillo de sistema de elevación 02..... | 173 |
| Anexo 10. Soporte tornillo de sistema de elevación 02..... | 174 |
| Anexo 11. Eje de sistema de levantamiento 02..... | 174 |
| Anexo 12. Tuerca de eje de elevación..... | 175 |
| Anexo 13. Base soporte gato mecánico 01..... | 175 |
| Anexo 14. Silla soporte gato mecánico 01..... | 176 |
| Anexo 15. Buje de tornillo gato mecánico..... | 176 |
| Anexo 16. Bujes de sistema de elevación (1-2-3-4)..... | 177 |
| Anexo 17. Base de Motorreductor..... | 177 |
| Anexo 18. Sistema de elevación..... | 178 |
| Anexo 19. Base de componentes mejora 01..... | 179 |
| Anexo 20. Base de motores..... | 180 |
| Anexo 21. Soporte rueda guía izquierda/derecha..... | 182 |
| Anexo 22. Manzana de rueda motriz..... | 184 |
| Anexo 23. Sistema sube veredas..... | 185 |
| Anexo 24. Silla de ruedas ensamblada..... | 187 |
| Anexo 25. Silla Oficina NEGRO 400AT-S..... | 188 |
| Anexo 26. Gata eléctrica para 1,5 toneladas..... | 189 |
| Anexo 27. LS32M38B11 - 1SBV011938R1211..... | 191 |
| Anexo 28. LS21M12B11-P02 - 1SBV015612R2002..... | 194 |
| Anexo 29. Batería GAMMA 12V 33Ah..... | 197 |
| Anexo 30. Cotización NEUMÁTICOS de 457 mm de diámetro (Aproximado).... | 198 |
| Anexo 31. MICROMOTOR Hub Motor PMN..... | 199 |
| Anexo 32. Microcontrolador PIC 16F628A..... | 203 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 33. Microcontrolador PIC 16F877A..... | 204 |
| Anexo 34. Microcontrolador PIC 18F4620..... | 205 |
| Anexo 35. Joystick de 2 ejes..... | 206 |
| Anexo 36. Interruptor de 5 posiciones..... | 209 |
| Anexo 37. Regulador Conmutado de Voltaje DE-SW050..... | 212 |
| Anexo 38. Circuito Integrado LM3914..... | 214 |
| Anexo 39. Pantalla GLCD..... | 217 |
| Anexo 40. Módulos de Transmisión y Recepción RF..... | 218 |
| Anexo 41. Tarjeta Sabertooth 2x50HV..... | 220 |
| Anexo 42. Presupuesto JB MECÁNICA DE PRECISION (sistema de elevación)..... | 221 |
| Anexo 43. Presupuesto JB MECÁNICA DE PRECISION (sistema sube veredas)..... | 222 |
| Anexo 44. Presupuesto CONSTRUCTORA LOJA (sistema de elevación)..... | 223 |
| Anexo 45. Presupuesto CONSTRUCTORA LOJA (sistema sube veredas)..... | 224 |
| Anexo 46. Presupuesto TALLER DE MATRICERÍA NUEVA GENERACIÓN (sistema de elevación)..... | 225 |
| Anexo 47. Presupuesto TALLER DE MATRICERÍA NUEVA GENERACIÓN (sistema sube veredas)..... | 226 |
| Anexo 48. Presupuesto Electro CRQ Cía. Ltda. (sistema sube veredas) | 227 |

Índice de cuadros

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Cuadro 4.1: | Curva de normalidad (estatura promedio)..... | 63 |
| Cuadro 5.1: | Curva de normalidad (peso promedio)..... | 89 |
| Cuadro 5.2: | Cuadros de análisis de fuerzas (rueda frontal)..... | 111 |
| Cuadro 5.3: | Cuadros de análisis de fuerzas (rueda posterior)..... | 112 |
| Cuadro 5.4: | Cuadros de análisis de fuerzas rectificado (rueda frontal)..... | 114 |
| Cuadro 5.5: | Cuadros de análisis de fuerzas rectificado (rueda posterior)..... | 115 |

Índice de ecuaciones

| | | |
|--------------------|---------------------------------|-----|
| Cuadro 5.1: | Coefficiente de fricción..... | 105 |
| Cuadro 5.2: | Peso en función de la masa..... | 105 |

Índice de figuras

| | | |
|---------------------|--|----|
| Figura 1.1: | Ilustración modelo silla de ruedas Stephen Farfler..... | 3 |
| Figura 1.2: | Ilustración de la primera silla de ruedas Quickie ultraligera..... | 3 |
| Figura 1.3: | Silla de ruedas robótica SENA..... | 9 |
| Figura 1.4: | Esquema de Hardware SENA..... | 10 |
| Figura 1.5: | Dos vistas de SENA, estas muestran las posiciones de los sensores infrarrojos..... | 11 |
| Figura 1.6: | Prototipo de silla omnidireccional..... | 12 |
| Figura 1.7: | Estructura del vehículo omnidireccional..... | 13 |
| Figura 1.8: | Fotografía estructura del vehículo omnidireccional..... | 14 |
| Figura 1.9: | Dispositivo detector de colisión y detector de desplazamiento del marco rígido..... | 14 |
| Figura 1.10: | Movimiento del potenciómetro cuando el vehículo omnidireccional colisiona con un objeto..... | 15 |
| Figura 1.11: | Rodillos libres en una rueda Mecanum dispuestos a 45 grados del eje principal..... | 17 |
| Figura 1.12: | Combinación de vectores de fuerza en las ruedas Mecanum del sistema..... | 18 |
| Figura 1.13: | Prototipo de silla iRW..... | 19 |
| Figura 1.14: | Esquema de mando de los cinco modos de funcionamiento..... | 20 |
| Figura 2.1: | Silla de ruedas con ascensor de asiento eléctrico PSE2..... | 29 |
| Figura 2.2: | Silla de ruedas con ascensor de asiento eléctrico PSE2..... | 30 |
| Figura 2.3: | Silla de ruedas con ascensor de asiento eléctrico PSE2 (Actuadores eléctricos)..... | 31 |
| Figura 2.4: | Silla de ruedas Dragon..... | 32 |
| Figura 2.5: | Silla de ruedas Dragon (Plano esquemático)..... | 33 |
| Figura 2.6: | Silla de ruedas Dragon (Plano esquemático)..... | 34 |
| Figura 2.7: | Silla de ruedas iBOT 4000..... | 35 |
| Figura 2.8: | Silla de ruedas iBOT 4000..... | 36 |
| Figura 2.9: | Silla de ruedas iBOT 4000..... | 36 |
| Figura 3.1: | Prototipo silla de ruedas sube escaleras HELISO-III..... | 39 |
| Figura 3.2: | Prototipo silla de ruedas sube escaleras HELISO-III (Funcionamiento)..... | 40 |
| Figura 3.3: | Prototipo silla de ruedas sorteas obstáculos..... | 41 |
| Figura 3.4: | Prototipo silla de ruedas sorteas obstáculos subiendo una vereda..... | 41 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Figura 3.5: | Prototipo silla de ruedas sortea obstáculos en funcionamiento..... | 41 |
| Figura 3.6 | Silla de ruedas P4 country..... | 42 |
| Figura 3.7: | Silla de ruedas P4 country sorteando una vereda..... | 43 |
| Figura 3.8: | Silla tipo oruga TankChair..... | 43 |
| Figura 3.9: | Silla tipo oruga TankChair (motor y transmisión)..... | 44 |
| Figura 3.10 | Silla tipo oruga TankChair (todo terreno)..... | 44 |
| Figura 3.11: | Sube escaleras YACK 912 prueba de funcionamiento..... | 45 |
| Figura 3.12: | Sube escaleras YACK 912 - ruedas de apoyo..... | 45 |
| Figura 3.13: | Sube escaleras YACK 912 - Bulón de soporte..... | 46 |
| Figura 3.14: | Sube escaleras YACK 912 - Cinturón de seguridad..... | 46 |
| Figura 3.15: | Sube escaleras YACK 912 - Bulón de soporte..... | 47 |
| Figura 3.16: | Ilustraciones de la silla de ruedas eléctrica ASCEND..... | 48 |
| Figura 3.17: | Ilustraciones de simulación básica de silla de ruedas ASCEND 06/2006 (Software Working Model)..... | 51 |
| Figura 3.18: | Diagrama esquemático del actuador eléctrico..... | 52 |
| Figura 3.19: | Silla de ruedas eléctrica (Para interior/exterior) ASCEND..... | 53 |
| Figura 3.20: | Ilustraciones de la silla de ruedas eléctrica INVACARE..... | 54 |
| Figura 3.21: | Invacare Pronto Air Personal Transporter..... | 55 |
| Figura 3.22: | Rueda con motor de imán permanente (DC) para sillas de ruedas y equipos móviles..... | 55 |
| Figura 3.23: | Silla de ruedas eléctrica Pride Jazzy Jet 7..... | 58 |
| Figura 3.24: | Used Pride Mobility Jazzy Jet 7 Power Wheelchair..... | 58 |
| Figura 3.25: | Despiece silla de ruedas Jazzy Jet 7..... | 58 |
| Figura 4.1: | Sillas de ruedas (dimensiones)..... | 62 |
| Figura 4.2: | Diseño del sistema para subir veredas de la silla de ruedas eléctrica.. | 64 |
| Figura 4.3: | Esquema eléctrico para inversión de giro en un motor de corriente continua..... | 86 |
| Figura 4.4: | Esquema eléctrico para inversión de giro en un motor de corriente continua (Fuerza)..... | 86 |
| Figura 5.1: | Boceto prototipo de silla de ruedas boceto A con dimensiones aproximadas..... | 90 |
| Figura 5.2: | Ilustraciones de simulación básica prototipo de silla de ruedas boceto A..... | 91 |
| Figura 5.3: | Ilustración de primer modelado de silla de ruedas boceto A..... | 92 |
| Figura 5.4: | Ilustración de segundo modelado corregido de silla de ruedas boceto A..... | 92 |
| Figura 5.5: | Ilustración de simulación básica del análisis de movimiento en tres dimensiones del boceto A..... | 93 |
| Figura 5.6: | Boceto prototipo de silla de ruedas boceto B con dimensiones aproximadas..... | 94 |
| Figura 5.7: | Ilustración básica prototipo de silla de ruedas boceto B..... | 95 |
| Figura 5.8: | Boceto prototipo de silla de ruedas boceto C con dimensiones aproximadas..... | 96 |
| Figura 5.9: | Ilustración básica prototipo de silla de ruedas boceto C..... | 97 |
| Figura 5.10: | Boceto prototipo de silla de ruedas boceto D con dimensiones aproximadas..... | 98 |
| Figura 5.11: | Ilustraciones de simulación básica prototipo de silla de ruedas boceto D..... | 99 |
| Figura 5.12: | Boceto prototipo de silla de ruedas boceto E con dimensiones aproximadas..... | 100 |
| Figura 5.13: | Ilustraciones de simulación básica prototipo de silla de ruedas boceto E..... | 102 |
| Figura 5.14: | Diseño del sistema para subir veredas de la silla de ruedas eléctrica.. | 103 |
| Figura 5.15: | Esquema de fuerzas sobre una superficie plana..... | 105 |
| Figura 5.16: | Diseño del sistema para subir veredas de la silla de ruedas eléctrica.. | 106 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Figura 5.17: | Esquema de fuerzas sobre una superficie inclinada..... | 107 |
| Figura 5.18: | Esquema de fuerzas sobre una superficie inclinada..... | 108 |
| Figura 5.19: | Diseño del sistema para subir veredas de la silla de ruedas eléctrica.. | 114 |
| Figura 5.20: | Esquema del diagrama de bloques del sistema a diseñar..... | 124 |
| Figura 5.21: | Microcontrolador PIC 16F628A..... | 125 |
| Figura 5.22: | Microcontrolador PIC16F877A..... | 126 |
| Figura 5.23: | Microcontrolador PIC18F4620..... | 127 |
| Figura 5.24: | Joystick de 2 ejes (Parallax)..... | 128 |
| Figura 5.25: | Distribución de pines de Joystick de 2 ejes (Parallax)..... | 128 |
| Figura 5.26: | Interruptor de 5 posiciones (Parallax)..... | 129 |
| Figura 5.27: | Distribución de pines del interruptor de 5 posiciones (Parallax)..... | 129 |
| Figura 5.28: | Regulador de voltaje Lineal LM7812..... | 130 |
| Figura 5.29: | Fuente conmutada de voltaje DE-SW050..... | 130 |
| Figura 5.30: | Potenciómetro lineal del regulador de voltaje DE-SW050..... | 131 |
| Figura 5.31: | Circuito integrado LM3914..... | 131 |
| Figura 5.32: | Pantalla GLCD 128x64..... | 132 |
| Figura 5.33: | Transmisor y receptor de radiofrecuencia..... | 133 |
| Figura 5.34: | Pines del transmisor RF..... | 133 |
| Figura 5.35: | Pines del receptor RF..... | 133 |
| Figura 5.36: | Tarjeta Sabertooth 2x50HV..... | 134 |
| Figura 5.37: | Interruptores tipo DIP de la tarjeta Sabertooth 2x50HV..... | 134 |
| Figura 5.38: | Indicadores LED de la tarjeta Sabertooth 2x50HV 115..... | 135 |
| Figura 5.39: | Terminales de la batería y motores..... | 135 |
| Figura 5.40: | Terminales de voltaje y para las señales de control..... | 135 |
| Figura 5.41: | Relé electromagnético..... | 136 |
| Figura 5.42: | Circuito de acoplamiento del cargador de batería..... | 137 |
| Figura 5.43: | Circuito de acoplamiento del cargador y de alimentación a la etapa de control y de potencia..... | 138 |
| Figura 5.44: | Circuito de alimentación para el módulo de control principal..... | 138 |
| Figura 5.45: | Circuito para la reducción de voltaje de la batería..... | 139 |
| Figura 5.46: | Divisor de voltaje..... | 139 |
| Figura 5.47: | Circuito medidor de voltaje..... | 140 |
| Figura 5.48: | Circuito para la activación de la bocina de pito..... | 141 |
| Figura 5.49: | Conexión del oscilador externo y master clear al PIC 16F877A..... | 141 |
| Figura 5.50: | Selector de dos estados con posición central..... | 142 |
| Figura 5.51: | Circuito para la selección de indicadores de modo de operación..... | 142 |
| Figura 5.52: | Circuito para la lectura del joystick analógico y del estado de la batería..... | 143 |
| Figura 5.53: | Filtro RC para la conversión a señal analógica..... | 144 |
| Figura 5.54: | Circuito para la lectura de botones y embragues y envío de señales de control..... | 144 |
| Figura 5.55: | Circuito para la transmisión y recepción de datos..... | 145 |
| Figura 5.56: | Conexión del oscilador externo y master clear al PIC 18F4620..... | 146 |
| Figura 5.57: | Circuito para la lectura de botones y recepción de datos..... | 146 |
| Figura 5.58: | Circuito para la activación de la bocina de falla..... | 147 |
| Figura 5.59: | Circuito para la conexión del GLCD..... | 148 |
| Figura 5.60: | Conexión del oscilador externo al PIC 16F628A..... | 148 |
| Figura 5.61: | Circuito de envío de datos por medio del transmisor RF..... | 149 |
| Figura 5.62: | Circuito para la conexión del interruptor de 5 posiciones y del indicador de envío de datos..... | 149 |
| Figura 5.63: | Circuito de alimentación del módulo de potencia..... | 150 |
| Figura 5.64: | Circuito de control de los dispositivos..... | 150 |
| Figura 5.65: | Conexión de la tarjeta Sabertooth 2x50HV..... | 151 |
| Figura 5.66: | Configuración de los interruptores tipo DIP..... | 151 |
| Figura 6.1: | Figura 6.1: Fases ascenso sistema de elevación de la silla..... | 153 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Figura 6.2: | Modelado del sistema para subir veredas..... | 154 |
| Figura 6.3: | Simulación del sistema para subir veredas..... | 156 |
| Figura 6.4: | Diagramas de ascenso del sistema para subir veredas..... | 157 |
| Figura 6.5: | Modelado del conjunto terminado..... | 158 |

Índice de tablas

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Tabla 1.1: | Características silla de ruedas eléctrica Powertec F40..... | 9 |
| Tabla 1.2: | Especificaciones del mecanismo de tracción..... | 13 |
| Tabla 1.3: | Especificaciones de la base del vehículo iRW..... | 17 |
| Tabla 1.4: | Diferencia entre sillas de ruedas comerciales y el prototipo iRW..... | 20 |
| Tabla 3.1: | Ficha técnica Sube escaleras para sillas Yack 912..... | 46 |
| Tabla 3.2: | Ficha técnica de especificaciones de la silla de ruedas ASCEND 06/2006..... | 48 |
| Tabla 3.3: | Ficha técnica de especificaciones de la silla de ruedas Pronto Air personal Transporter..... | 54 |
| Tabla 3.4: | Costos Pronto Air Personal Transporter de INVACARE..... | 57 |
| Tabla 3.5: | Ficha técnica de especificaciones de la silla de ruedas Pride Jazzy Jet 7..... | 58 |
| Tabla 3.6: | Costos PRIDE JAZZY JET 7..... | 59 |
| Tabla 4.1: | Tabla de parámetros de diseño..... | 63 |
| Tabla 4.2: | Cálculo de fuerzas ejercidas sobre el gato mecánico..... | 65 |
| Tabla 4.3: | Dimensiones y datos tornillo/tuerca de rosca cuadrada..... | 67 |
| Tabla 4.4: | Análisis tornillo/tuerca de rosca cuadrada..... | 67 |
| Tabla 4.5: | Análisis tornillo/tuerca de rosca ACME..... | 70 |
| Tabla 4.6: | Parámetros de materiales tornillo/tuerca..... | 73 |
| Tabla 4.7: | Factores de seguridad para mecanismo tornillo/tuerca..... | 73 |
| Tabla 4.8: | Cálculo de tiempo necesario para elevación de la silla..... | 74 |
| Tabla 4.9: | Información Soporte silla sistema de elevación..... | 75 |
| Tabla 4.10: | Información Soporte principal gato mecánico..... | 76 |
| Tabla 4.11: | Información Brazo gato mecánico..... | 78 |
| Tabla 4.12: | Información soporte base sistema de elevación..... | 79 |
| Tabla 4.13: | Información Eje de sistema de levantamiento..... | 80 |
| Tabla 4.14: | Información Eje de sistema de levantamiento..... | 81 |
| Tabla 4.15: | Información Base de tornillo de sistema de elevación..... | 83 |
| Tabla 4.16: | Información Soporte de tornillo de sistema de elevación..... | 84 |
| Tabla 5.1: | Tabla Bibliográfica Boceto A..... | 90 |
| Tabla 5.2: | Tabla Bibliográfica Boceto B..... | 94 |
| Tabla 5.3: | Tabla Bibliográfica Boceto C..... | 96 |
| Tabla 5.4: | Tabla Bibliográfica Boceto D..... | 98 |
| Tabla 5.5: | Tabla Bibliográfica Boceto E..... | 100 |
| Tabla 5.6: | Tabla de parámetros de diseño..... | 102 |
| Tabla 5.7: | Tabla de cálculo (Peso total)..... | 104 |
| Tabla 5.8: | Tabla de ecuaciones para subir la vereda..... | 109 |
| Tabla 5.9: | MICROMOTOR Hub Motor PMN..... | 113 |
| Tabla 5.10: | Base de componentes mejora 01..... | 118 |
| Tabla 5.11: | Información Base de motores..... | 119 |
| Tabla 5.12: | Soporte rueda guía izquierda/derecha..... | 120 |
| Tabla 5.13: | Manzana de rueda motriz..... | 122 |
| Tabla 5.14: | Reducción de valores de tensión de la batería..... | 139 |
| Tabla 7.1: | Componentes necesarios que se deben fabricar..... | 159 |
| Tabla 7.2: | Componentes prefabricados..... | 160 |
| Tabla 7.3: | Costo total de montaje del sistema..... | 160 |

| | | |
|-------------------|---|-----|
| Tabla 7.4: | Componentes necesarios que se deben fabricar..... | 161 |
| Tabla 7.5: | Componentes prefabricados..... | 161 |
| Tabla 7.6: | Costo total de montaje del sistema..... | 162 |
| Tabla 7.7: | Costo total del prototipo de silla de ruedas..... | 162 |

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen varias *ordenanzas municipales*¹ en la ciudad de Cuenca que indican los diferentes pasos y desniveles diseñados para sillas de ruedas, la mayoría de desniveles y pasos están ubicados en el centro histórico de la urbe; el mayor inconveniente surge en el resto de sectores donde los usuarios de sillas de ruedas deben sortear obstáculos para subir y bajar las veredas al cruzar la calle (barreras arquitectónicas); otro de los inconvenientes para el usuario de sillas de ruedas es que solo puede alcanzar objetos a cierta altura del suelo; por esta razón se necesita implementar un mecanismo que permita al usuario de la silla de ruedas sujetar objetos colocados a la altura de un hombre promedio estando de pie (1,75 m). Por último, uno de los mayores inconvenientes es la falta de independencia que tiene el usuario de la silla de ruedas si él no posee la suficiente fuerza para desplazarse con una silla de ruedas manual.

Teniendo en cuenta lo expuesto se pretende diseñar un dispositivo que permita evitar estos inconvenientes, la idea es diseñar una silla de ruedas que permita al usuario sortear veredas de hasta 18 cm de altura que están en el estándar de altura de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT); además se diseñará un mecanismo que permita al usuario colocar su cuerpo a una altura promedio de un hombre de 1,75 metros de altura (cómo si el usuario se encontrara de pie); además la silla de ruedas tendrá que ser eléctrica para que el usuario pueda tener independencia total, esto evita la necesidad de otra persona para empujar la silla de ruedas mientras se moviliza el usuario.

JUSTIFICACION DEL TEMA

Una parte de la población ecuatoriana posee algún tipo de discapacidad; de ésta, muchas personas para poder trasladarse de un lugar a otro requieren de una silla de ruedas, misma que ha sido diseñada de tal forma que la persona pueda moverse por sí misma accionando las ruedas con sus propias manos, o si no es posible su propia movilización, se vale de una persona que le ayuda a trasladarse de un lugar a otro, recorriendo cortas o medianas distancias, siempre y cuando no existan pendientes de consideración ni obstáculos en su camino, que le dificulten su paso o hagan peligrar su estabilidad.

En la actualidad, el concepto de eliminación de barreras para esta clase de personas, ha permitido que en las ciudades, las autoridades municipales se hayan preocupado de diseñar y construir rampas en las boca calles o intersecciones para que quienes tengan que moverse en sillas de ruedas, lo puedan hacer de forma más fácil que sin la existencia de las mismas.

Cuenca no es la excepción y buena parte de las calles del centro histórico tienen rampas que permiten la libre movilidad de quienes hacen uso de este medio de locomoción; sin

¹ Ordenanza municipal sobre discapacidades del cantón Cuenca - <http://www.cuenca.gov.ec/?q=node/9505> (06/05/2013 14:35 PM)

embargo, hay lugares en donde no es posible la construcción de rampas y se generan obstáculos para quienes tienen que recorrer por estos espacios a cumplir determinadas diligencias o simplemente caminar. Esta situación obliga a buscar alternativas mecánicas que solucionen este problema, alternativas que vayan a mejorar la calidad de vida de este grupo humano de la población, solucionando sus problemas de movilidad al tener que subir por lo menos un escalón por sus propios medios y no tener la ayuda de alguien en esos precisos momentos.

Más aún, cuando estas personas requieren alcanzar objetos a cierta altura, como la de un hombre común puesto de pie, tienen mayores dificultades en las actuales sillas de ruedas, mismas que no han sido diseñadas para esta finalidad, por lo que se les hace imposible manipular objetos a determinada altura.

En razón de lo anterior, el presente proyecto pretende resolver estas dificultades mediante la implementación de unos mecanismos, anexos a la silla de ruedas, que permitan solventar estas tres necesidades: movilizarse sin la ayuda de nadie, subir un escalón y alcanzar objetos a la altura promedio de una persona de pie.

OBJETIVOS

General

- Diseñar un prototipo de silla de ruedas eléctrica, con sistema de ascenso y elevación, para personas con capacidades especiales.

Específicos

- Investigar el estado del arte de las sillas de ruedas eléctricas para personas con capacidades especiales en la actualidad.
- Examinar sistemas de sillas de ruedas para subir veredas.
- Observar sistemas de sillas de ruedas para elevar verticalmente al usuario.
- Diseñar el sistema de sillas de ruedas para subir veredas de hasta 18 cm de altura.
- Diseñar el sistema de silla de ruedas para elevar verticalmente al usuario a una altura de 1,75 m.
- Modelar la silla de ruedas con los sistemas diseñados.
- Calcular el costo total de construcción de la silla de ruedas con los sistemas diseñados.

Capítulo 1: ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE DE LAS SILLAS DE RUEDAS ELÉCTRICAS HASTA LA ACTUALIDAD

1.1. Breve historia de las sillas de ruedas

1.1.1. Primeros diseños

Trasladar a seres humanos con discapacidades congénitas, traumas o enfermedades ha sido un problema muy complicado para la humanidad desde tiempos antiguos, por ello, satisfacer estos problemas ha sido uno de los principales objetivos; en pictogramas y dibujos se han encontrado evidencias de sistemas que podrían, a apreciación del autor, ser llamados los primeros modelos de sillas de ruedas, "la más antigua data de alrededor de 4000 años AC (un modelo de mesa con ruedas para trasladar enfermos), otro es una imagen China grabada en 525 DC (un extraño modelo de silla de tres ruedas)"[1].

No se ha podido encontrar otra información de sillas de modelos de sillas de ruedas hasta 1595, en este año un artista dibuja un boceto del Rey español Felipe II de España en donde se lo muestra sentado en una silla con pequeñas ruedas en su base, la silla de ruedas según el boceto contaba con apoya pies que permitía levantar las piernas y el espaldar también era reclinable, además por su modelo se puede presumir que esta silla era empujada por algún sirviente o cortesano del Rey.

Una de las primeras sillas de ruedas de movilidad independiente documentada para una persona con discapacidad fue la diseñada y construida por "Stephen Farfler en 1655"[2], Farfler era un relojero parapléjico que construyó una silla de tres ruedas (*figura 1.1*), según una ilustración encontrada, la rueda frontal transmitía el movimiento desde unas manivelas que aquel personaje hacía girar con sus manos en lo que probablemente era un mecanismo de piñón y rueda dentada donde le piñón



Figura 1.1: Ilustración modelo silla de ruedas Stephen Farfler

Fuente: GuíaMovilidad.com - wheelchair e-magazine. (16/09/2012 11:00 AM)

estaba acoplado a la manivela y la rueda dentada estaba tallada en la rueda frontal, además usando el criterio de ingeniería se puede imaginar que la misma manivela funcionaba como un volante que permitía girar la rueda frontal para dirigir este mecanismo hacia cualquier sentido (éste es, probablemente una de las primeras sillas autopropulsadas conocidas hasta la actualidad).

Otro modelo de silla de ruedas documentado fue el diseñado por "John Dawson en 1783"[3], Dawson trabajaba en Bath (Inglaterra) que es un balneario (este balneario data de la época de los Celtas, luego los Romanos, los Sajones, los Georgianos y ahora los ingleses) donde muchas personas con capacidades especiales y con alguna enfermedad viajaban a beber y bañarse en las aguas, la silla de Bath era más bien un carruaje de tres ruedas, la rueda frontal estaba sujeta a una manivela rígida, y su diseño tuvo varias versiones, algunas de ellas era abiertas, otras tenían capuchas para el sol y frentes de vidrio, sin embargo todas debían ser empujadas o arrastradas por un caballo pequeño o un burro.

La historia de las sillas de ruedas como dispositivo médico surge en torno a finales del siglo 18, por esta época aparecieron por primera vez en catálogos de instrumentos quirúrgicos y médicos como vehículos para el transporte de pacientes (el término silla de ruedas es un lenguaje del siglo 20), sin embargo, estas sillas se usaban en Europa desde mediados del siglo 17. No obstante, recientemente en el siglo 20 las sillas de ruedas cambiaron de ser un modo de transporte para personas ricas con discapacidad a ser usadas en personas heridas , enfermas y/o discapacitadas en general. Con el crecimiento y mejora de la especialización de la profesión médica , sus cuerpos de emergencia, las organizaciones médicas , la creación y perfeccionamiento de revistas médicas , el desarrollo de un léxico médico cada vez más especializado y las innovaciones en las tecnologías y las técnicas médicas , permitió que expertos médicos tengan una herramienta muy útil para movilizar personas con alguna discapacidad ya sea física o mental.

Un suceso importante que definió a la silla de ruedas como un dispositivo puramente médico fue la consecuencia violenta de dos guerras mundiales produjo una intensa movilización de médicos profesionales a través de Europa y América del Norte para ayudar a los veteranos discapacitados. Como un ejemplo, en Gran Bretaña se creó el Ministerio de las pensiones en 1916, el cual, además de las pensiones de guerra, suministraba una gran variedad de aparatos médicos y quirúrgicos a los veteranos discapacitados como por ejemplo: sillas de ruedas, prótesis, anteojos, audífonos, botas quirúrgicas y pelucas. El Ministerio fue desarrollando progresivamente una extensa red de salud y divisiones médicas empleando consultores y muchas otras clases de trabajadores de la salud. Consecuentemente , en el momento de la creación del Servicio Nacional de Salud (NHS "*NATIONAL HEALTH SERVICE*") en 1948 , el Ministerio de Salud asumió a las sillas de ruedas como aparatos médicos y aseguró que sólo los "especialistas de los hospitales" podrían tomar decisiones tanto en el derecho y el tipo de silla de ruedas emitida.

Los diseños que se ofrecen en los catálogos médicos de la aplicación durante los años 1930 y 1940 difieren poco en la configuración de las que se ofrecen al final del siglo 19, aunque las ruedas de radios de alambre y neumáticos de caucho (tomados de la bicicleta) eran dos importantes innovaciones, pocas sillas de ruedas facilitaban

la movilidad independiente al aire libre y para aquellos diseños que daban algún tipo de movilidad independiente, el usuario solo podría hacerlo por tiempos.

Casi todas las sillas de ruedas propulsadas por sus ocupantes tenían las ruedas de propulsión situadas en la parte delantera y la o las ruedas giratorias en la parte posterior, este diseño permitía una mejor maniobrabilidad en espacios reducidos, el problema de este diseño en exteriores era mantener el equilibrio mientras: se bajaba una pendiente, al subir o bajar bordillos (también escaleras), además la mayoría no eran plegables por lo que transportarlas era casi imposible.

1.1.2. La silla de ruedas plegable tubular de acero

La década de 1950 en Gran Bretaña y los EE.UU. aparece un nuevo diseño de silla de ruedas construido en acero tubular relativamente ligero y de modelo plegable. El ejemplo más famoso de este tipo de diseño es probablemente el Everest & Jennings (E & J) de brazos de tijera (forman una X); la silla de ruedas plegable primeramente desarrollada por Herbert Everest (quien sufrió una parálisis en 1919 después de un accidente minero) y su compañero Harry Jennings en 1933.

La "invención" de la silla de ruedas E & J no fue un evento aislado. Chester Hockney había patentado una silla de ruedas plegable tubular de acero en 1907 y en Gran Bretaña, J & A. Carters diseñaron una silla de ruedas plegable fabricada en madera (1902), En EE.UU. simultáneamente de E & J, Samuel Duke, también desarrolló una silla de ruedas plegable de acero tubular en 1934 del que partió la American Wheel Chair Co. y en Gran Bretaña, Dingwall & Son (Ingenieros) Ltd. que comercializó su silla de ruedas plegable (de acero ligero) en 1948.

Las sillas de ruedas plegables tubulares de acero pesaban por lo menos la mitad del peso de sus predecesores de madera, (entre 35 y 50 libras), en comparación con las de madera 70 y 100 libras. Con este tipo de silla de ruedas, los viajes y el acceso a lugares difíciles se convirtieron en algo más que una aspiración y muchos usuarios de sillas de ruedas pudieron salir más fácilmente de sus hogares y participar en las actividades principales por primera vez. De hecho, según los Veteranos Paralizados de América (PVA) la silla de ruedas E & J fueron "Un vehículo que ha firmado la declaración de independencia para muchos miles de personas con discapacidad física de todo el mundo".

En algunos años E & J se convirtió en la empresa de silla de ruedas de mayor éxito en los EE.UU., monopolizando el mercado de América del Norte por la década de 1960 . De hecho , en 1964 el VA estableció un conjunto de "normas de sillas de ruedas", que , en esencia, describen una silla de ruedas E & J.



Figura 1.2: Ilustración de la primera silla de ruedas Quickie ultraligera

Fuente: GuíaMovilidad.com - wheelchair e-magazine. (16/09/2012 11:00 AM)

El símbolo del cambio radical en sillas de ruedas manuales para realizar deportes fue diseñada por Quickie Motion Designs (*figura 1.2*), que consiste en un silla de ruedas rígida ultra ligera desarrollada por Marilyn Hamilton, Jim Okamoto y Don Helman en 1979, este modelo cambió el concepto de una silla de ruedas "de uso diario" sobre todo en su forma y utilidad. Las innovaciones desarrolladas en las sillas de ruedas se realizaron basándose en experiencias con atletas , tales como Rod Williams, Gary Kerr, David Kiley y Jeff Minnebraker , gracias a sus criterios se obtuvo: mejor movilidad, alto rendimiento, estética, etc.

1.1.3. La silla de ruedas eléctrica

Los primeros diseños de sillas de ruedas eléctricas aparecieron en Estados Unidos por la década de 1950, a diferencia de las sillas de ruedas actuales que tienes componentes electrónicos, los primeros diseños eran sillas de ruedas meramente eléctricas, uno de estos primeros diseños fue el sistema simple "E & J 840"[4], este diseño contaba con un control manual de cuatro interruptores que accionaban los motores, los motores hacían avanzar a la silla de ruedas de manera brusca al mover en cualquier dirección.

La brusquedad de partida se pudo suavizar con motores de bobina más pesados y de partida lenta, pero eran ineficientes y la velocidad máxima alcanzada era penosamente lenta, estas sillas de ruedas tenían dos velocidades básicas, alta y baja y tenían dos baterías de 6 voltios conectadas en paralelo y para cambiar a velocidad alta se debía para y conectarlas en serie, pero a pesar de estos inconvenientes, estas sillas ya proporcionaban una movilidad independiente.

Otro modelo de silla de ruedas de velocidad ajustable fue la Motorette, este dispositivo adaptable a una silla de ruedas manual contaba con dos motores de 12 voltios montados independientemente detrás del usuario, cada motor tenía acoplado una rueda que por fricción transmitía el movimiento a las ruedas posteriores (solamente si las ruedas posteriores estaban bien infladas). Un usuario que conoció la Motorette explicaba que cuando la silla de ruedas funcionaba mal parecía "potro sin

domar" pero cuando funcionaba bien, andaba más rápido y tenía un avance más suave que la E & J 840.

La mayoría de los diseños posteriores eran normalmente sillas de ruedas manuales con baterías y motores que transmitían el movimiento a las ruedas posteriores por medio de un mecanismo de polea y tenían una caja de control donde venían los interruptores para moverse en las diferentes direcciones; en ese entonces los fabricantes no pensaban en modelos de sillas de ruedas que puedan servir a personas activas afuera de sus casas o instituciones, un ejemplo muy común de este problema era cuando el usuario se acercaba a la peligrosa velocidad de 4,5 km/h hacia las veredas, esto ocasionaba destrucción parcial de la silla de ruedas y también serios daños al ocupante.

Los fabricantes de sillas de ruedas pensaban que los usuarios de dichas sillas estarían agradecidos por la movilidad que les ofrecían, y aunque fue cierto, la aparición de las sillas eléctricas solamente alimentó el deseo de los consumidores para ir más rápido y más lejos. Esto impulsó una época de mayor creatividad e innovación en los talleres de sillas del Programa de Estudiantes con Discapacidades de la UC de Berkeley y del Centro de Vida Independiente.

Jim Donald, estudiante cuadraplégico que se graduó de abogado en la Universidad de Berkeley fundó, junto a un equipo de estudiantes con capacidades especiales, un sistema conocido como el "Equipo silla de ruedas de Berkeley"[5] este dispositivo tenía dos poderosos motores de 24 voltios montados de forma horizontal delante de las ruedas posteriores y que se acoplaban a los mismos por medio de una rodela como en el diseño de la silla de ruedas Motorette, pero la rodela era más grande y gracias a estos motores más robustos la silla podía movilizarse más rápido sin quitarle tracción a la silla de ruedas.

Después varias mejoras reemplazaron las rodelas por cadenas y las llantas pasaron a ser de caucho sólido. Los fabricantes de sillas de ruedas adoptaron rápidamente éstas y otras mejoras que fueron inventadas por personajes comunes e inventores caseros.

Comparando la primera silla de ruedas eléctrica que no permitía por ejemplo un avance suave, el siguiente gran avance en el diseño de sillas de ruedas fue la integración de un circuito electrónico y control de manejo gradual. Estas mejoras permitían que el usuario tuviera mayor control en la operación de la silla. Ahora, mientras más se moviera el bastón de control hacia la dirección deseada, más rápido se movería la silla en esa dirección. El circuito electrónico también permitió que se reemplazaran los motores de bobina con motores de imán permanente más livianos y eficientes. Hoy en día, en vez de estar limitadas a un comienzo lento, el operador puede partir a la velocidad que sea capaz.

1.1.4. Sillas de ruedas robóticas (resumen primeros inicios)

Miller y Slack [6] usaron por primera vez el término “silla de ruedas robótica”. Ellos aplicaron tecnologías de navegación que se usan en la robótica y construyeron dos prototipos de sillas de ruedas que ayudaron a los usuarios atravesar los caminos estrechos y evitar los obstáculos.

Simpson [7] repasó muchos estudios recientes en el desarrollo de sillas de ruedas inteligentes que tenían funcionamiento autónomo, como la anulación del obstáculo y navegación.

Prassler et al. [8] desarrolló la silla de ruedas robótica Ayuda de Movilidad para Ancianos y Personas Inválidas) MAid (Mobility Aid for Elderly and Disabled People) por sus siglas en inglés para apoyar y transportar a usuarios habilidades motoras limitadas. El sistema proporciona funciones que van de la navegación totalmente autónoma en un ambiente concurrido desconocido como una estación ferroviaria, maniobras locales parcialmente autónomas como atravesar puertas estrechas.

Cruz et al. [9] propuso un sistema de navegación basado en un lugar o recorrido conocido; en su sistema, cada demarcación estaba compuesta de un segmento camino metálico y una etiqueta de RFID. Todos las demarcaciones se descubrían por los sensores inductivos y eran identificados por un lector de RFID.

La colaboración del control hombre máquina se encamina en que un humano y un robot colaboren para realizar tareas y lograr metas [10], es otra importante investigación en el área de las sillas de ruedas robóticas [11-15]. No hay supervisión en esquema del mando colaborativo: la silla de ruedas robótica es más como un compañero que ayuda al usuario a encontrar buenas soluciones cuando hay problemas [10].

Galindo et al. [16] desarrolló la silla de ruedas robótica SENA para facilitar la movilidad en personas inválidas o en adultos mayores, SENA llevó a cabo la integración humana-robótica que permitía a una persona extender su autonomía, deliberar un plan, ejecutarlo y controlarlo.

Souza et al. [17] examinó 50 artículos de periódico sobre tecnología de movilidad asistida MAT (Mobility Assistive Technology) por sus siglas en inglés y concluyó que las sillas de ruedas eléctricas deben permitir la movilidad de la personas pero también tecnología de movilidad asistida en sillas ajustables que permitan confort al usuario.

1.2. Algunos avances en silla de ruedas eléctricas

1.2.1. Silla de ruedas robótica SENA

Gonzalez J., Muñoz A.J., Galindo C., Fernandez-Madrigal J.A., and Blanco J.L.
Ingeniería de sistemas y Departamento de automatismos
Universidad de Malaga - España (2007)

Introducción

La silla de ruedas robótica SENA (figura 1.3) está diseñada como un dispositivo de ayuda a personas con capacidades especiales que no pueden movilizarse por sus propios medios, es una silla de ruedas eléctrica dotada de varios sensores y dispositivos que son manejados por el usuario de la silla a través de una computadora portátil, entre los sensores se cuenta: escáner láser de proximidad, sensores infrarrojos, cámara, entre otros; este equipo está diseñado para interiores y algunas demostraciones de su funcionamiento fueron mostradas en el año 2007.



Figura 1.3: Silla de ruedas robótica SENA
Fuente: A Description of the SENA Robotic Wheelchair

Partes constitutivas

Sus partes constitutivas se muestran mejor en la figura 1.4 y son:

- *Silla de ruedas eléctrica Powertec F40.*- Esta silla de ruedas eléctrica, actualmente en desuso, fue diseñada por la firma comercial SUNRISE MEDICAL y sus características se denotan mejor en la tabla 1.1.

Tabla 1.1: Características silla de ruedas eléctrica Powertec F40

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|--------------------------|----------------|
| Longitud (cm): | 140 | Ancho (cm): | 64 |
| Altura del asiento (cm): | 50 | Velocidad (km/h): | 6 |
| Peso máximo (kg): | 118 kg | Reposabrazos: | Sí |
| Panel de control: | Sí | Reposapiés: | Sí (ajustable) |
| Respaldo: | Sí (extraíble) | Joystick: | Sí (ajustable) |
| Baterías: | 2 baterías tipo Gel | Cargador: | Externo |

| | | | |
|---|---|----------------------------|----|
| | Sonnenschein Dryfit de 12 V y 33 Amph | | |
| Motor: | Motorreductor de 12V y 5 Amp, 22 Nm y 150 rpm | Radio de giro (cm): | 64 |
| Fuente: Manual de usuario Powertec F40 - SUNRISE MEDICAL | | | |

Este modelo fue el usado por los diseñadores de la silla de ruedas robótica SENA.

- *Escáner láser radial de 180° (PLS).*- Sensor encargado de mostrar obstáculos en movimiento.
- *Anillo de trece sensores infrarrojos.*-Sensor infrarrojo que permite encontrar obstáculos fijos entre 10 a 70 centímetros desde su posición.
- *Cámara CCD.*- (dispositivo de carga acoplada) Dispositivo encargado de captar la luz y formar una imagen a partir de ella, son muy sensibles y frágiles.

Funcionamiento

La silla de ruedas robótica SENA (*figura 1.3*) basada en la silla de ruedas Powertec F40 [18] está provisto de sensores que permiten realizar tareas de alto nivel en interiores, los sensores SENA son manejados por una computadora portátil (también puede conectarse vía remota Wi-Fi), los componentes del hardware SENA se ilustran de mejor manera en la *figura 1.4*.

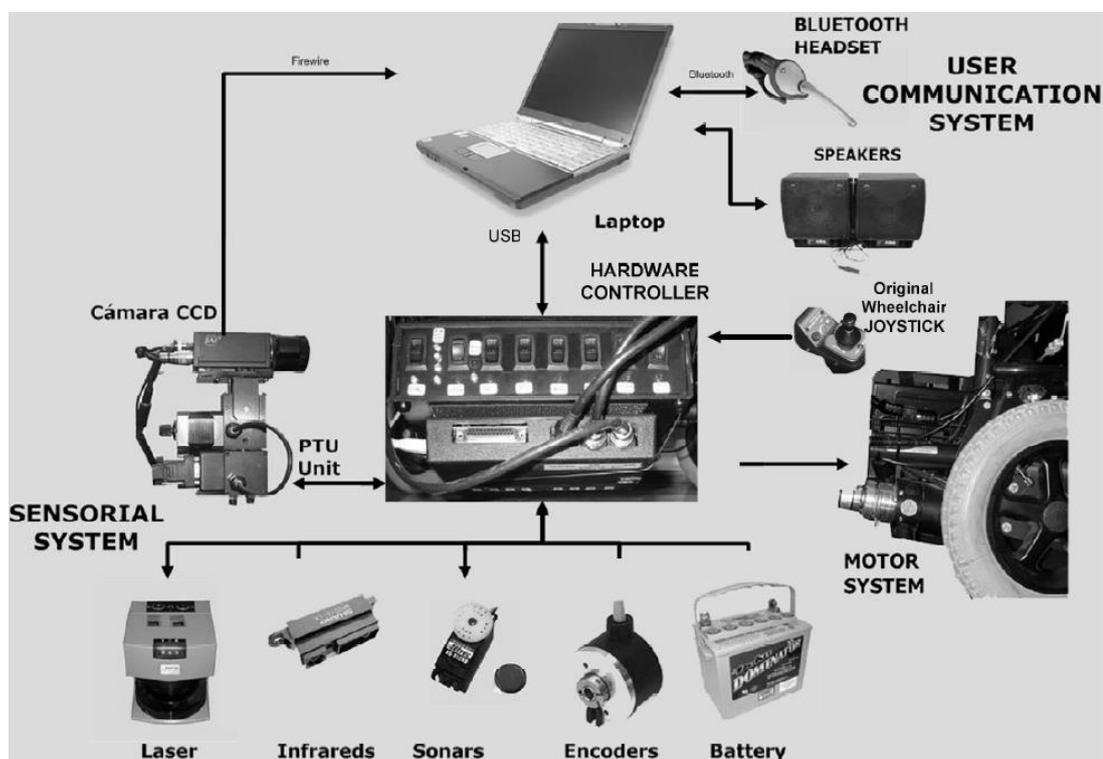


Figura 1.4: Esquema de Hardware SENA

Fuente: A Description of the SENA Robotic Wheelchair

A la silla de ruedas Powertec F40 se colocó dos codificadores conectados al eje para estimar la odometría de la silla de ruedas, se mantuvo el controlador de los motores, medidos de batería y la línea de palanca de mando pero con una desviación del microcontrolador USB para acoplarlo a la computadora portátil para cambiar su tipo de navegación (el usuario puede desactivar la navegación autónoma con una orden verbal). Un escáner láser radial de 180° (PLS) va delante de la silla de ruedas enfrente de las piernas y permite encontrar obstáculos móviles con una gran precisión y realiza un mapeo del lugar [19]; un anillo de trece sensores infrarrojos se coloca alrededor de la silla de ruedas SENA para descubrir los obstáculos más cercanos, además por ser pequeños y baratos, permiten un rango operacional de 10 a 70 centímetros, entre las posiciones donde se colocan se tiene:

- Dos sensores en la parte inferior para encontrar bordillos, escaleras, etc.
- Dos sensores se colocan en la espalda para evitar obstáculos cuando se da marcha atrás (*figura 1.5*).

Dos sensores de rotación ultrasónicos en frente de la silla de ruedas SENA (montados en un servo motor que permite girarlos 180°) presentan una precisión menor que él (PLS) pero su período de escaneo es mucho mayor y permite descubrir objetos transparentes y objetos estrechos que no pueden mostrarse con el sensor láser; una cámara CCD colocada a una altura parecida a la que tendría un ojo humano estando la persona de pie y ayuda a percibir los objetos estáticos del entorno (paredes, mobiliario, etc.).

El vehículo responde a las funciones por medio de unos altavoces pequeños y un auricular bluetooth que permite la comunicación del usuario con la silla de ruedas SENA [20] por medio de un software de reconocimiento de voz.

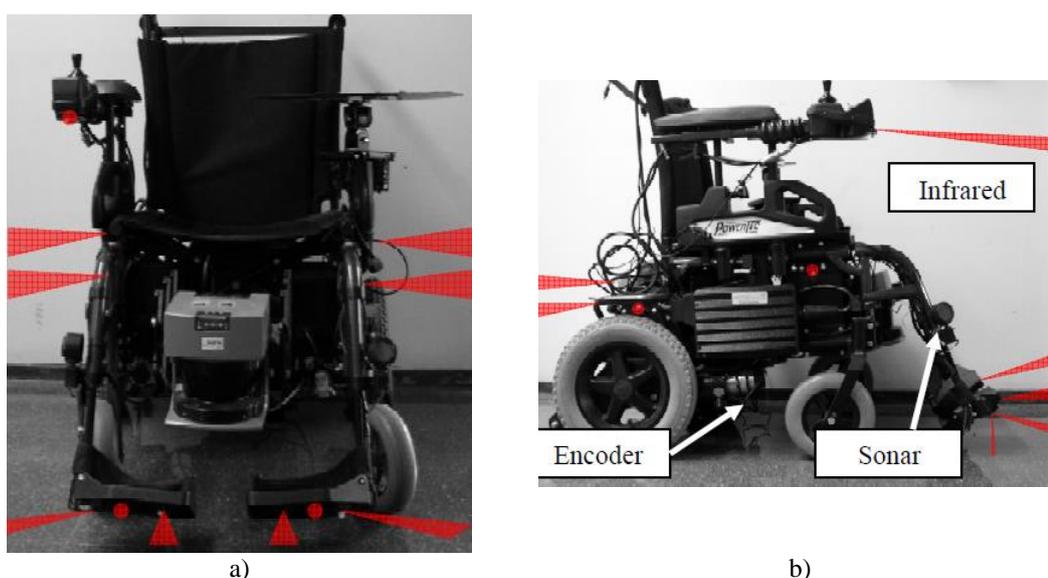


Figura 1.5: Dos vistas de SENA, estas muestran las posiciones de los sensores infrarrojos
Fuente: A Description of the SENA Robotic Wheelchair

1.2.2. Dispositivo detector de colisión para silla de ruedas eléctrica omnidireccional

Autores:

Shuichi Ishida and Hiroyuki Miyamoto

Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology, 2-4 Hibikino, Wakamatsu-ku, Kitakyushu, Fukuoka 808-0196, Japan

Correspondence should be addressed to Hiroyuki Miyamoto; miyamo@brain.kyutech.ac.jp

Received 9 October 2012; Accepted 1 November 2012

Introducción

Se plantea diseñar una silla de ruedas omnidireccional que permita a adultos mayores o personas con capacidades especiales ya que no tiene límites en su dirección y en su movimiento, este vehículo está equipado con rodillos circulares libres llamados "Ominiwheel" [21] que son básicamente esferas [22-25], para manipularlo existen varios métodos comunes como el uso del joystick, el reconocimiento de voz [26] y seguimiento ocular o con los movimiento de la cabeza [27-29]; sin

embargo, el movimiento no intencionado de la silla de ruedas que puede ser causado por errores del usuario y por ello se plantea sistemas a base de sensores para localizar obstáculos.

Partes constitutivas

Las partes y dimensiones de la silla de ruedas omnidireccional se pueden apreciar en la *tabla 1.2*, el sistema consta de: la silla de ruedas como tal, la palanca de mando, el vehículo omnidireccional, el sistema de control y la batería, estos elementos se

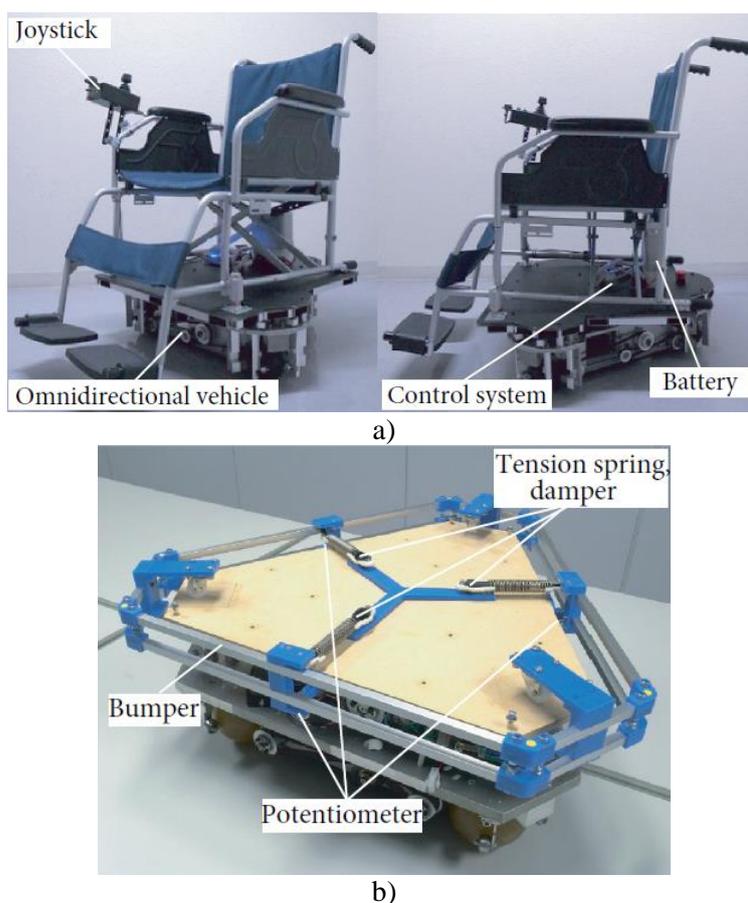


Figura 1.6: Prototipo de silla omnidireccional

Fuente: Collision-Detecting Device for Omnidirectional Electric Wheelchair

muestran en la *figura 1.6* sección a); el vehículo omnidireccional que es la base del sistema se puede apreciar mejor en la *figura 1.6* sección b).

Tabla 1.2: Especificaciones del mecanismo de tracción

| | | | |
|---|----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Longitud: | 200 mm × 650 mm | Ancho: | 650 mm |
| Peso: | 40 kg | Capacidad de carga: | 200 kg |
| Diámetro de la rueda de la bola: | 98 mm | Material de la rueda de bola: | Orilla de uretano 90 |
| Diámetro del rotor: | 40 mm | Ancho del rodillo: | 20 mm |
| Material del rotor: | Nylon NC | Salida del motor DC: | 100 W x 3 |
| Batería: | (Ni-MH) 24 V, 6,7 Ah | Control del sistema: | Arduino (ATmega328P) |
| Controlador: | Joystick | | |
| Fuente: Collision-Detecting Device for Omnidirectional Electric Wheelchair | | | |

El vehículo omnidireccional consta de tres motores que mueven las ruedas de bola de 98 mm (*figura 1.7*) sección a) y que están ubicadas a 120 grados desde el centro del vehículo, cada motor está acoplado a una rueda de 40 mm y también transmite el movimiento a la rueda siguiente por medio de otra rueda y una banda dentada de transmisión. Para mantener la transmisión entre las ruedas de bola y las ruedas que transmiten el movimiento se ejerce presión por medio de resortes como se pueden ver en la *figura 1.7* sección a), el mecanismo de transmisión de p Polea dentada es de relación 1 a 1.

Funcionamiento

El mecanismo omnidireccional de la silla de ruedas consiste en hacer girar unas ruedas de bolas como se ve en la *figura 1.8* por medio

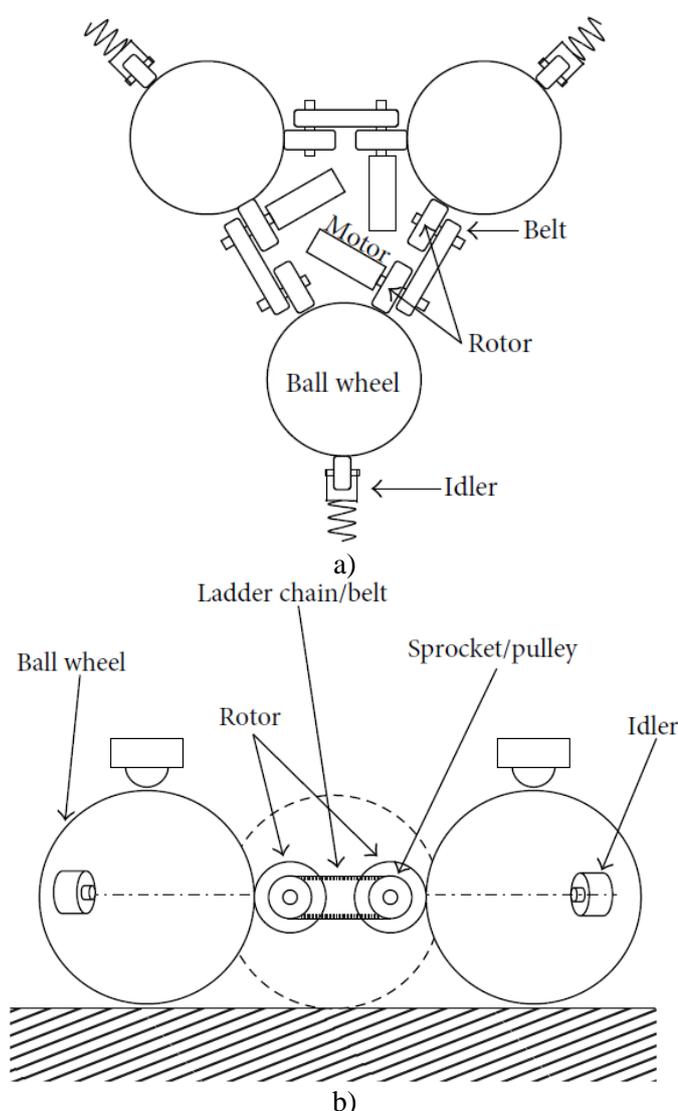


Figura 1.7: Estructura del vehículo omnidireccional
Fuente: Collision-Detecting Device for Omnidirectional Electric Wheelchair

de un mecanismo de transmisión de polea y banda y un motor eléctrico de corriente continua, cada rueda está ubicada a 120 grados de referencia dos de las tres ruedas de bola están ubicadas hacia el frente de la silla de ruedas, por tanto, cuando los dos motores laterales se activan al ser controladas por la palanca de mando, la silla de ruedas se mueve hacia adelante o hacia atrás (esto significa q al energizarse el inducido de dos de los tres motores el vehículo puede mover también en diagonal); si el vehículo desea girar en su propio eje, el motor frontal se activan provocando el giro de la silla de ruedas para cambiar de dirección.

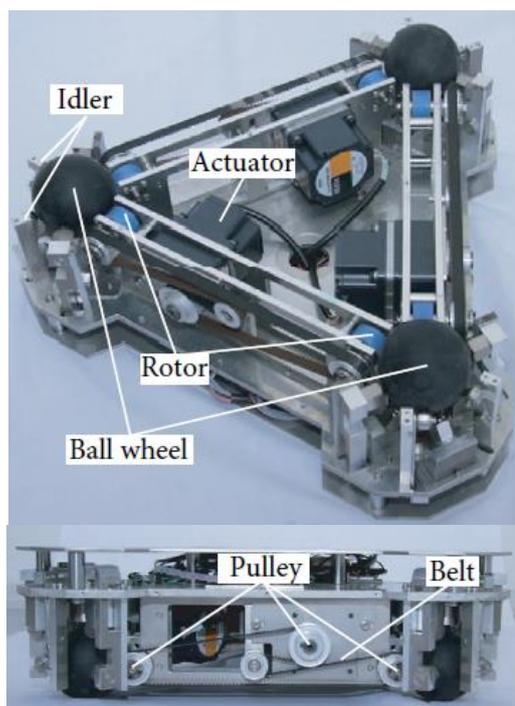


Figura 1.8: Fotografía estructura del vehículo omnidireccional

Fuente: Collision-Detecting Device for Omnidirectional Electric Wheelchair

E sistema omnidireccional en su parte superior consta del un dispositivo detector de colisión (*figura 1.9*), este dispositivo consta de un marco rígido, cada potenciómetro se coloca a 120 grados para medir las diferentes direcciones, cuando el sistema colisiona con algún objeto, el marco se mueve haciendo girar los potenciómetros y censando la posición y con ello poder orientarse el vehículo, para evitar un golpe brusco se cuenta con tres mecanismos amortiguador-resorte para minorar el impacto, en la *figura 1.10* se puede ver de manera más detallada el movimiento del potenciómetro cuando se mueve la estructura.

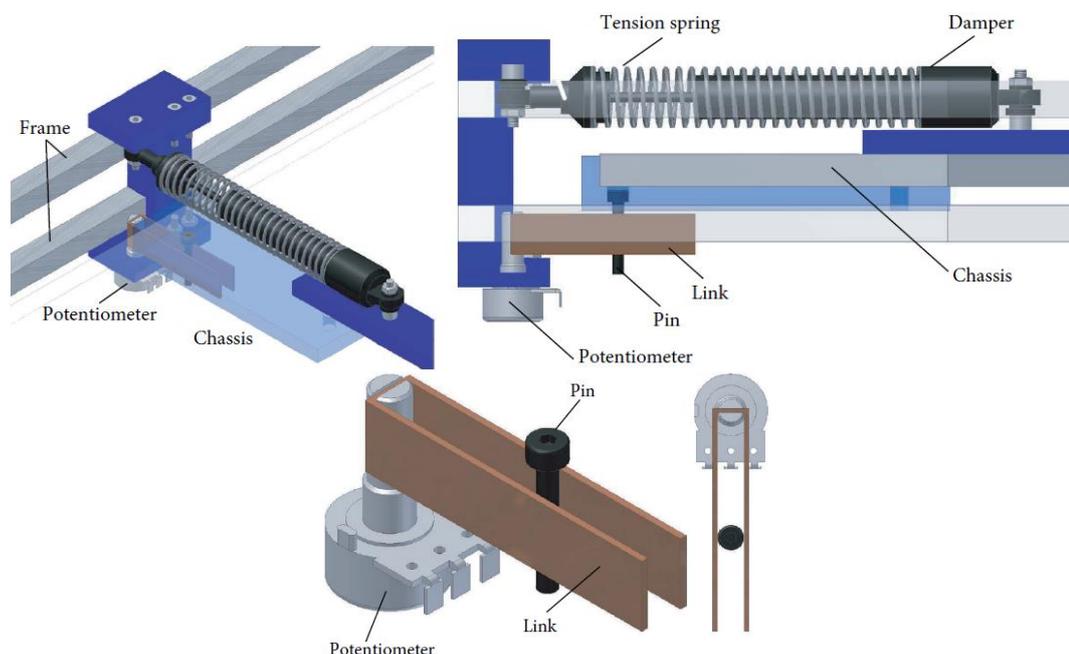


Figura 1.9: Dispositivo detector de colisión y detector de desplazamiento del marco rígido
Fuente: Collision-Detecting Device for Omnidirectional Electric Wheelchair

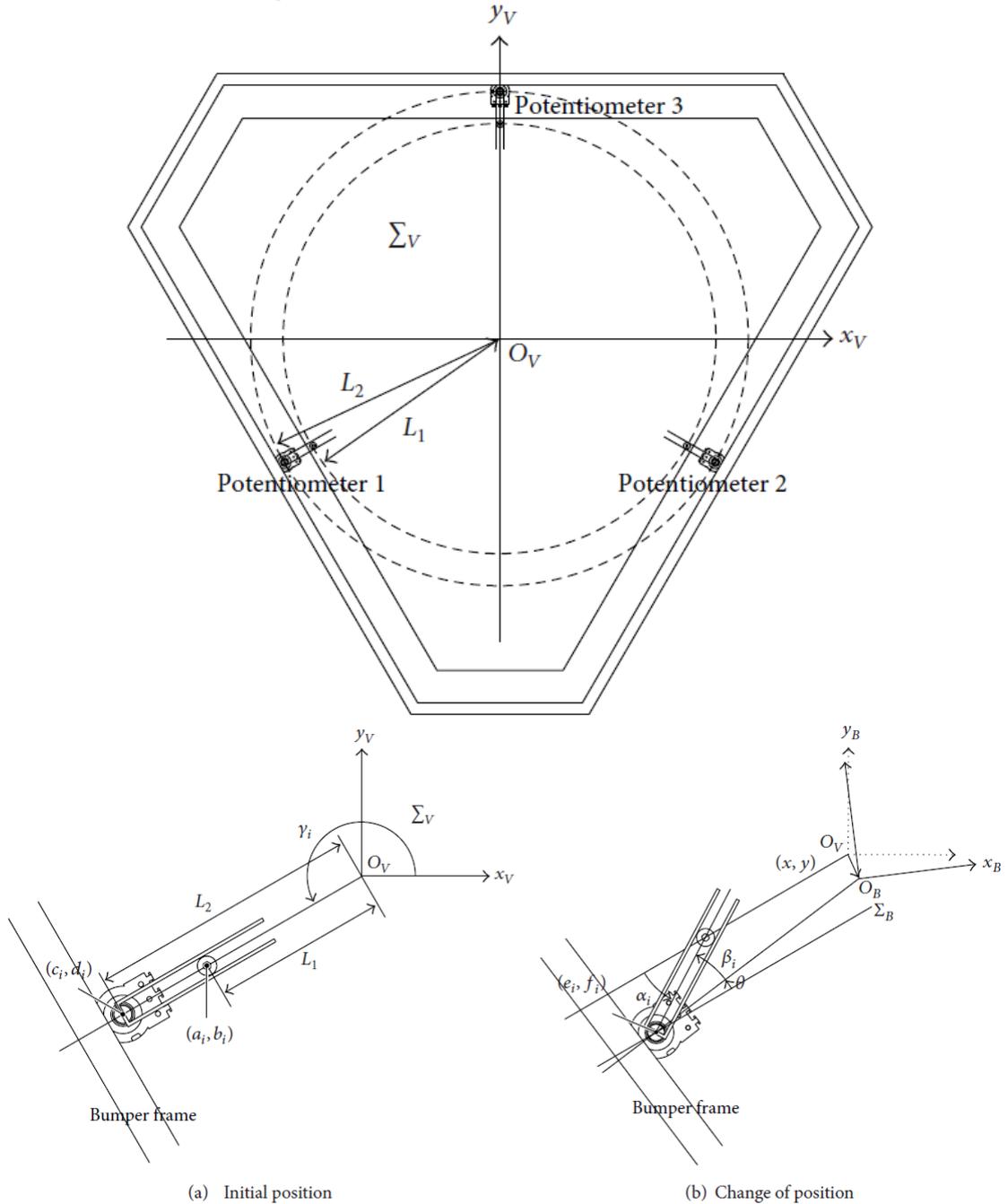


Figura 1.10: Movimiento del potenciómetro cuando el vehículo omnidireccional colisiona con un objeto

Fuente: Collision-Detecting Device for Omnidirectional Electric Wheelchair

1.2.3. Diseño de asistente de movilidad de la silla de ruedas robótica inteligente

Autores:

Po Er Hsu¹, Yeh Liang Hsu^{1,*}, Kai Wei Chang¹ and Claudius Geiser²

¹ Gerontechnology Research Center, Mechanical Engineering Dept., Yuan Ze University, Taiwan

² Hochschule Augsburg, University of Applied Sciences, Germany

Received 8 Aug 2012; Accepted 2 Nov 2012

Introducción

La presente información muestra el desarrollo de la silla de ruedas robótica inteligente o *iRW* (intelligent Robotic Wheelchair) por sus siglas en inglés, dando especial atención al asistente de movilidad; el vehículo usa cuatro ruedas Mecanum que facilita movimiento todas las direcciones (incluyendo movimiento diagonal y radio cero de rotación) y por ello, el *iRW* puede girar y moverse en espacios reducidos.

El asistente de movilidad está diseñado para tres operaciones: manipular la silla de ruedas por el usuario, para usar con cuidadores de personas, movimiento autónomo del *iRW*; además cuenta con cinco modos de funcionamiento: anulación del obstáculo, modo con palanca de mando (joystick), manija de mando, mando por pantalla y navegación en interiores; el modo joystick es el modo de mando usado por el usuario de la silla de ruedas, el modo manija de mando y por pantalla son usados por los cuidadores de las la persona que usan la silla de ruedas y los modos anulación de obstáculos y navegación en interiores son dos modos semi-autónomos que reducen la carga de operación ya sea al usuario o al cuidador del usuario. La colaboración hombre-máquina es de vital importancia para el buen manejo del equipo.

La propuesta de este diseño se basa en ayudar a adultos mayores que no pueden movilizarse por sus propios medios y piensan que una silla de ruedas eléctrica convencional es difícil de manipular, por ello, se beneficiarían de un sistema de navegación automatizado.

Partes constitutivas

Técnicamente, el *iRW* está compuesto de un vehículo, de grado de libertad múltiple MDOF (Multiple degree-of-freedom) por sus siglas en inglés, mecanismo de asiento ajustable y un módulo interactivo de información y comunicación. Se piensa que el *iRW* facilita la interacción física con el ambiente, así como el intercambio de información y comunicación interpersonal con el exterior.

El asiento MDOF ajustable del *iRW* se logra con 4 ejes de plataforma Stewart [31], los cuales son capaces de ajustar la altura, grado de inclinación y oscilación; equipado con tapizado de baja presión, el asiento proporciona ajuste automático cuando el usuario toma su lugar en la silla de ruedas robótica.

El módulo información/comunicación (information/communication) es la fomra en que la aplicación se muestra sobre la Tablet PC montada en el apoya brazos del iRW, conectada con la tensión arterial y nivel de glucosa en la sangre, la pantalla permite mostrar mensajes acerca de la salud del usuario, recordatorios, y enviar fotos vía remota a su familia y cuidadores, además ;la Tablet PC es un medio de comunicación entre el iRW y el usuario [30].

Funcionamiento

La silla de ruedas robótica iRW está diseñada para cortas distancias, de la *figura 1.11* muestra las ruedas Mecanum que fueron inventadas por el ingeniero Iion en 1973 [31], alrededor de la banda de rodadura de la rueda de la rueda se montan los rodillos a un ángulo de 45 grados con respecto a su eje, permitiendo el movimiento omnidireccional (estas ruedas funcionan es pisos firmes), estás ruedas también se aplican la robótica [32, 33] y las sillas de ruedas eléctricas [34], una desventaja de la rueda Mecanum es que son susceptibles a desprenderse sus rodillos.



Figura 1.11: Rodillos libres en una rueda Mecanum dispuestos a 45 grados del eje principal

Fuente: Mobility Assistance Design of the Intelligent Robotic Wheelchair - Regular Paper

El modelo tiene las 4 ruedas colocadas diagonal sujetas al chasis (*figura 1.12*) y están manejadas por motores DC de 24 voltios y 3 amperios (máximo) con un máximo de 4900 rpm. El vehículo es operado por un microcontrolador central (Arduino Mega 2560) y un controlador (VNH3SP30) para cada motor, este último, permite controlar el giro del motor como también la velocidad de alto/bajo por medio de señales (PWM¹) enviados por el microcontrolador a una frecuencia constante de 490 Hz. En la *tabla 1.3* se muestra las especificaciones de la base del iRW.

| Tabla 1.3: Especificaciones de la base del vehículo iRW | |
|--|--|
| Parte: | Especificación: |
| Largo / Ancho / Altura | 810 / 600 / 300 mm |
| Velocidad de avance | 50 m/min (max) |
| Velocidad de retroceso | 40 m/min (max) |
| Movimiento diagonal (sentido horario o anti horario) | 25 m/min |
| Velocidad manejada por Tablet PC o en interiores | 15 m/min |
| Diámetro de las ruedas Mecanum | 254 mm (10 pulg) |
| Voltaje/Intensidad del motor | 24 V/3 Amp (máximo) |
| Batería C-LifePO ₄ | 24 V, 9,6 Ah, 400 / 33 / 72 (Largo / Ancho / |

¹ PWM.- La modulación por ancho de pulsos (también conocida como PWM, siglas en inglés de pulse-width modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una senoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

| |
|---|
| Altura mm), 3,4 kg |
| Fuente: Mobility Assistance Design of the Intelligent Robotic Wheelchair - Regular Paper |

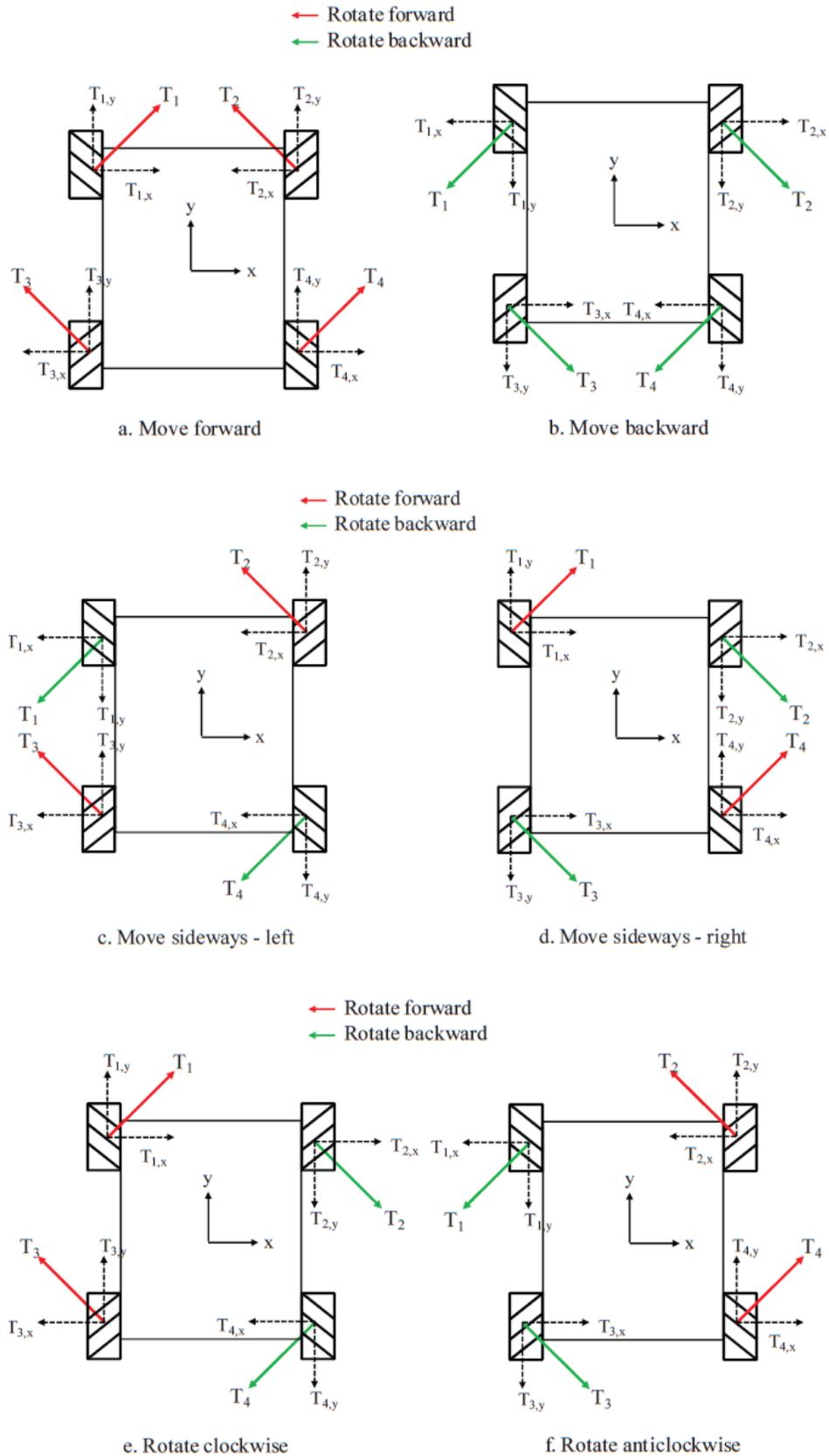


Figura 1.12: Combinación de vectores de fuerza en las ruedas Mecanum del sistema

Fuente: Mobility Assistance Design of the Intelligent Robotic Wheelchair - Regular Paper

La velocidad de la silla de ruedas cuando se mueve hacia adelante está ligada estrechamente con la edad del usuario, entonces según plantean: Tolerico et al. [35] la velocidad en función manual debe ser $0,79 \pm 0,19$ m/s, y Karmarkar et al. [36] indica que la velocidad entre sillas manuales y eléctricas es de $0,64 \pm 0,13$ m/s y $0,7 \pm 0,3$, por ello se fija la velocidad en 50 m/min;

En la *figura 1.13* se muestra el prototipo de silla de silla *iRW* como se indicó antes el prototipo desarrolla cinco modos de funcionamiento:



Figura 1.13: Prototipo de silla *iRW*

Fuente: Mobility Assistance Design of the Intelligent Robotic Wheelchair - Regular Paper

- La anulación del obstáculo - usando concepto de colaboración hombre-máquina, los sensores ultrasónicos descubren el obstáculo dentro de una distancia específica (10 cm), el *iRW* se detiene a esa distancia del objeto y se enciende una alarma sonora.
- El modo de la palanca de mando colocada en el apoya brazos (modo principal de movimiento de la silla) incluye tres potenciómetros que permiten dar el movimiento en todas las direcciones como se muestra en la *figura 1.12*. Si se detecta dos movimientos a la vez como por ejemplo adelante y diagonal entonces detiene el vehículo hasta que se sujete de manera correcta la palanca.
- El modo manija de mando usada por los cuidadores cuenta con manija acolchonada de tres puntos de presión con sensores intuitivos que permitan al cuidador realizar los cambios de dirección y movimiento a través de apretar estos sensores con sus manos.
- Modo por pantalla es diseñado para cuidadores, la cámara de la Tablet PC permite al cuidador ver el movimiento de la silla en tiempo real desde una conexión de internet o desde Bluetooth y la Tablet PC comanda unos relés que permiten el movimiento de los motores.
- Navegación en interiores es un modo semiautónomo similar a los vehículos guiados automáticamente AGVs (Automated Guided Vehicles) por sus siglas en inglés que reduce la carga de operación de los cuidadores; un código rápido de respuesta QR (Quick Response code) muestra los sitios más

comunes que sigue la silla generando un recorrido, (la Cámara de la Tablet PC reconoce le recorrido y se guía gracias a él.

En la *figura 1.14* se muestra el esquema de mandos de los cinco modos de funcionamiento, en la *tabla 1.3* se muestra la diferencia entre el promedio de las dimensiones de 16 sillas de ruedas comerciales disponibles en Taiwan y la silla de ruedas *iRW*.

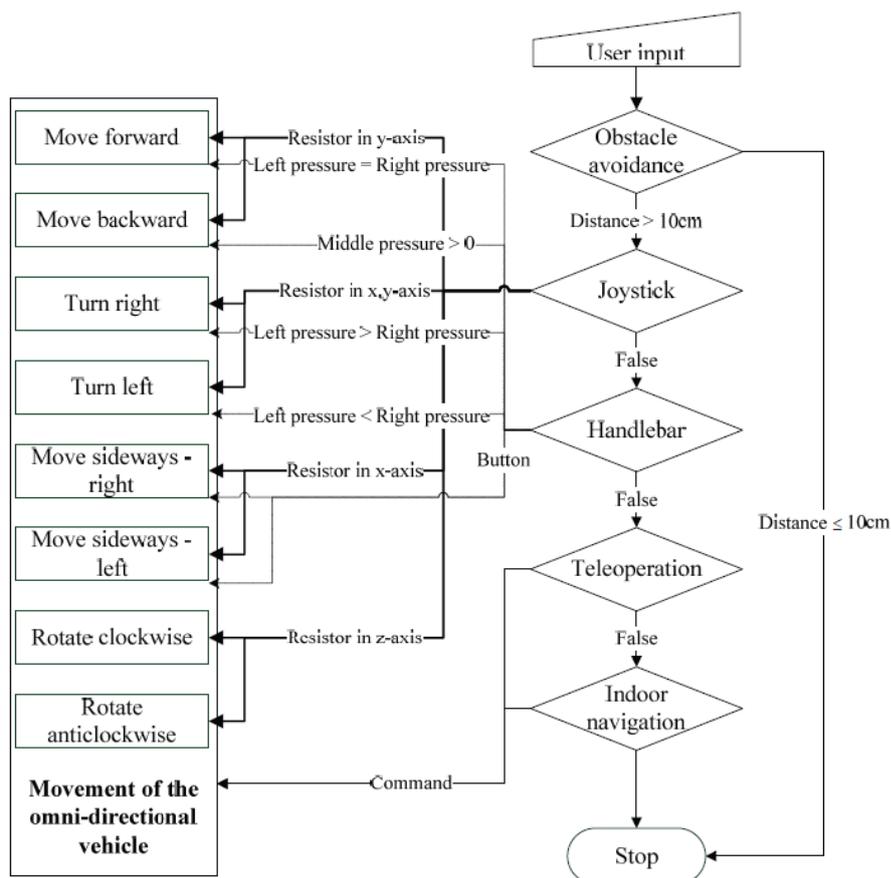


Figura 1.14: Esquema de mando de los cinco modos de funcionamiento

Fuente: Mobility Assistance Design of the Intelligent Robotic Wheelchair - Regular Paper

Tabla 1.4: Diferencia entre sillas de ruedas comerciales y el prototipo *iRW*

| | Giro | Radio de giro (mm) | Dimensiones de giro en largo x ancho (mm) | Espacio de área de giro (mm ²) |
|---|------|--------------------|---|--|
| Sillas de ruedas eléctricas comerciales | 90° | 500 | 1730 x 1730 | 1667,45 |
| | | 800 | 2030 x 2030 | 1969,28 |
| <i>iRW</i> | | 0 | Círculo diámetro de 1 m | 785,40 |
| Sillas de ruedas eléctricas comerciales | 180° | 500 | 1640 x 1730 | 2170,10 |
| | | 800 | 2040 x 2030 | 2773,30 |
| <i>iRW</i> | | 0 | Círculo diámetro de 1 m | 785,40 |

Fuente: Mobility Assistance Design of the Intelligent Robotic Wheelchair - Regular Paper

Las ventajas de este prototipo según la *tabla 1.4* son sus dimensiones reducidas al igual que su radio de giro que lo hacen muy útil para moverse en espacios sumamente reducidos en interiores.

1.3. Barreras arquitectónicas

Barreras son aquellas trabas e impedimentos sociales, económicos o arquitectónicos que dificultan la integración de las personas en la sociedad. Podemos definir las barreras arquitectónicas como todos aquellos obstáculos físicos que limitan la libertad de movimientos de las personas en dos grandes campos:

-La accesibilidad: vías públicas, espacios libres y edificios.

-El desplazamiento: medios de transporte.

Hay varias clases de barreras arquitectónicas:

"1.- Urbanísticas: son las que se encuentran en las vías y espacios públicos: aceras, pasos a distinto nivel, obstáculos, parques y jardines no accesibles, muebles urbanos inadecuados...

2.- En el transporte: se encuentran en los diferentes medios de desplazamiento e incluyen tanto la imposibilidad de utilizar el autobús, el metro, el tren..., como las dificultades para el uso del vehículo propio.

3.- En la edificación: están en el interior, o en los accesos, de los edificios: escalones, pasillos y puertas estrechas, ascensores reducidos, servicios de pequeñas dimensiones. "[38]

La falta de movilidad es un problema muy grave con repercusiones en muchas facetas en la persona. Implica no poder desplazarse, no poder comer solo, no poder visitar a un amigo, no ir al cine, no poder hacer compras, no poder salir a pasear... Las personas que necesitan sillas de ruedas o bastones, precisan de unos espacios mínimos para poder maniobrar. Esto no implica obligatoriamente mayor superficie, sino una adecuada distribución, un mobiliario adaptado y práctico.

Pero no es suficiente con adaptar la casa del discapacitado, sino que es imprescindible que todos los edificios tengan fácil acceso, públicos y privados, que todas las calles tengan los rebajes pertinentes en las aceras, que los pavimentos sean antideslizantes, que en los ascensores quepa la silla de ruedas.

1.4. Ordenanzas municipales en la ciudad de Cuenca

Las ordenanzas municipales sobre discapacitados publicadas en Marzo del 2006 y luego reformadas en el año 2010 indican que es responsabilidad del municipio, suprimir las barreras arquitectónicas y de accesibilidad al medio físico y transporte junto con el CONADIS (Consejo Nacional de Discapacitados) e instituciones públicas y privadas encargadas del tema; por esta razón, toda obra pública o privada que se realice en la ciudad de Cuenca debe guardar estricta relación con relación con las “Normas INEN sobre la Accesibilidad de las Personas con Discapacidad al Medio Físico” que se encuentren vigentes al tiempo de la aprobación de los proyectos.

Más información de las ordenanzas municipales en *anexo 1*.

En relación al tema (Neufert: 2001;175) indica " que en la norma DIN 18064-65,4174 para escaleras la relación contrahuella/huella es de 17/28 cm"[39], lo que significa 17 cm de alto del escalón y 28 de profundidad; para este caso los 17 cm implican la altura de la vereda con respecto a la calle.

Sin embargo según la Ordenanza #104 "Ordenanza que regula la planificación y ejecución de proyectos habitacionales de interés social en la modalidad de urbanización y vivienda progresivas"[40] de El Ilustre Consejo Cantonal de Cuenca, publicada el 25 de Enero del año 2000, indica:

En el anexo número 2 de las Normas de Arquitectura Específicas en el inciso *j* indica claramente que las huellas mínimas de las escaleras serán de 28 cm y la altura de la contrahuella de 20 cm.

Para este caso, y como se está analizando la información de la ciudad de Cuenca, se debería tomar como altura de la vereda desde el piso el valor de 20 cm, sin embargo:

"Según la opinión de la arquitecta Verónica López, las viviendas que se diseñan en la ciudad de Cuenca deben tener una altura de huella y contrahuella de debe superar los 18 cm"[41] valor que es muy aproximado al que se encontró en el libro (Neufert: 2001;175).

*Por tanto, ahora que ya se tiene toda la información sobre la altura promedio que debe tener una vereda y más aún, tomando en cuenta la opinión de una arquitecta, el autor mantiene la posición de diseñar la silla de ruedas para que pueda subir una vereda promedio de **18 cm** de alto.*

1.5. Conclusiones del capítulo

- Las sillas de ruedas a motor en un principio usaban motores robustos y pesados que daban un avance brusco al usuario porque los circuitos que utilizaban eran meramente eléctricos, sin embargo gracias al avance de los circuitos electrónicos se logro cambiar los motores de bobina con motores de magneto permanente más livianos y eficientes que han permitido diseñar sillas de ruedas a motor con avance progresivo y suave.
- Los prototipos de sillas de ruedas se concentran en modelos para interiores con poca independencia y que puedan sortear obstáculos por medio de sensores.
- Los modelos de los prototipos están diseñados para superficies planas regulares, sin embargo el prototipo de silla de ruedas que se desea plantear en esta tesis deberá trabajar en exteriores.
- El control por medio de palanca y el control remoto podrían ser muy útiles en el diseño del prototipo de silla de ruedas de la presente tesis.
- En el diseño del prototipo de silla de ruedas se utilizarán motores de corriente continua de imán permanente ya que son ligeros y permiten una mayor eficiencia en sillas de ruedas, también se utilizará probablemente baterías de 12 V y un alto amperaje (de 20 Ah o mayores).
- Las ordenanzas municipales del Cantón Cuenca no son suficientes para solventar las necesidades de una persona con capacidades especiales cuando ella necesita moverse dentro de la ciudad y se encuentra con las barreras arquitectónicas como son las veredas que en muchos casos no disponen de rampas para su fácil acceso.

1.6. Referencias del capítulo

[1], [2], [3] GuíaMovilidad.com - wheelchair e-magazine. Revista online sobre Sillas de Ruedas, Scooters y Handbikes. Todos los derechos reservados.

<http://www.guiamovilidad.com/noticias/129-historia-de-las-sillas-de-ruedas.html>

[4], Disability World. Una revista electrónica, bi-mensual, sobre opiniones internacionales relacionadas al tema de la discapacidad - Volumen No. 3 Junio-Julio 2000

<http://www.disabilityworld.org/June-July2000/Spanish/Tecnologia/Smithsonian.htm>

[5] TRENDS IN NOLICENSED MOBILITY AIDS - Ronald Lipskin, M .S. Staff Engineer, Bioengineering Research Service Veterans Administration Prosthetics Center 252 Seventh Avenue, New York, N .Y. 10001

<http://www.rehab.research.va.gov/jour/74/11/2/41.pdf>

[6] Miller D, Slack M (1995) Design and testing of a lowcost robotic wheelchair prototype. Autonomous Robots. 2: 77-88.

- [7] Simpson R. C (2005) Smart wheelchairs: A literature review. *Journal of rehabilitation research and development*. 42: 423-436. [PMID: 16320139] DOI: 10.1682/JRRD.2004.08.0101
- [8] Prassler E, Scholz J, Fiorini P (2001) A robotics wheelchair for crowded public environment. *Robotics & Automation Magazine, IEEE*. 8: 38-45.
- [9] De la Cruz C, Celeste W, Bastos T (2011) A robust navigation system for robotic wheelchairs. *Control engineering practice*. 19: 575-590.
- [10] Fong T, Thorpe C, Baur C (1999) Collaborative Control: A robot-centered model for vehicle teleoperation. *Proceedings of the AAAI Spring Symposium on Agents with Adjustable Autonomy*. Stanford, CA.
- [11] Katsura S, Ohnishi K (2004) Human cooperative wheelchair for haptic interaction based on dual compliance control. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 51: 221-228.
- [12] Galindo C, Cruz-Martin A, Blanco J.L, Fernández- Madrigal J.A, Gonzalez J (2006) A multi-agent control architecture for a robotic wheelchair. *Applied Bionics & Biomechanics*. 3: 179-189.
- [13] Holzapfel H (2008) A dialogue manager for multimodal human-robot interaction and learning of a humanoid robot. *Industrial robot*. 35: 528-535. DIO: 10.1108/01439910810909529
- [14] Urdiales C, Fernandez-Espejo B, Annicchiarico R, Sandoval F, Caltagirone C (2010) Biometrically modulated collaborative control for an assistive wheelchair. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*. 18: 398-408.
- [15] Braga R.A, Petry M, Reis L.P, Moreira A.P (2011) IntellWheels: Modular development platform for intelligent wheelchairs. *Journal of rehabilitation research and development*. 48: 1061-1076. [PMID: 22234711] DOI: 10.1682/JRRD.2010.08.0139
- [16] Galindo C, Gonzalez J, Fernández-Madrigal J.A (2006) Control architecture for human-robot integration: application to a robotic wheelchair. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B*. 36: 1053-1067.
- [17] Souza A, Kelleher A, Cooper R., Cooper R.A, Iezzoni L.I, Collins D.M (2010) Multiple sclerosis and mobility-related assistive technology: Systematic review of literature. *Journal of rehabilitation research and development*. 47: 213-224. [PMID: 20665347] DOI: 10.1682/JRRD.2009.07.0096
- [18] Silla de ruedas Powertec F40 (Manual de usuario)

[19] Gonzalez J., Ollero A., and Reina A. *Map Building for a Mobile Robot equipped with a Laser Range Scanner*. IEEE ICRA, San Diego, CA, USA, May 1994.

[20] Text to Speech. 2nd Speech Center. <http://www.zero2000.com>

[21] B. E. Ilon, “Wheels for a course stable self propelling vehicle movable in any desired direction on the ground or some other base,” United States Patent 3, 876, 255, 1975.

[22] S. Ishida and H. Miyamoto, “Holonomic omnidirectional vehicle with ball wheel drive mechanism,” *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers C*, vol. 78, no. 790, pp. 2162–2170, 2012.

[23] K. Yamada, T. Miyamoto, and S. Usui, “A study on a holonomic omnidirectional vehicle using 4 ball wheels,” *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers C*, vol. 71, no. 708, pp. 2557–2562, 2005.

[24] K. Tadakuma, R. Tadakuma, and J. Berengeres, “Development of holonomic omnidirectional vehicle with “Omni-Ball”: spherical wheels,” in *Proceeding of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS '07)*, pp. 33–39, November 2007.

[25] M. Wada and H. H. Asada, “Design and control of a variable footprint mechanism for holonomic omnidirectional vehicles and its application to wheelchairs,” *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 15, no. 6, pp. 978–989, 1999.

[26] N. I. Katevas, N. M. Sgours, S. G. Tzafestas et al., “The autonomous mobile robot SENARIO: a sensor-aided intelligent navigation system for powered wheelchairs,” *IEEE Robotics and Automation Magazine*, vol. 4, no. 4, pp. 60–69, 1997.

[27] H. A. Yanco, “Wheelesley: a robotic wheelchair system: indoor navigation and user interface,” in *Assistive Technology and Artificial Intelligence*, vol. 1458 of *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, pp. 256–268, 1998.

[28] Y. Matsumoto, T. Ino, and T. Ogasawara, “Development of intelligent wheelchair system with face and gaze based interface,” in *Proceeding of the 10th IEEE International Workshop on Robot and Human Communication*, pp. 262–267, September 2001.

[29] Y. Kuno, N. Shimada, and Y. Shirai, “Look where you’re going,” *IEEE Robotics and Automation Magazine*, vol. 10, no. 1, pp. 26–34, 2003.

[30] Chen Y.S, Hsu Y.L, Wu C.C, Chen Y.W, Wang J.A (2011) Development of the Care Delivery Frame for senior users. 9th International Conference on Smart Homes and Health Telematics (ICOST 2011). 176-183.

[31] Ilon B.E (1975) Wheels for a course stable self propelling vehicle movable in any desired direction on the ground or some other base. US Patent and Trademarks office, Patent 3,876,255.

[32] De Villiers M, Tlale N.S, (2012) Development of a control model for a four wheel mecanum vehicle. Journal of dynamic systems measurement and control – transactions of the ASME. 134: 1-6.

[33] Tsai C.C, Wu H.L, Lee Y.R (2010) Intelligent adaptive motion controller design for mecanum wheeled omnidirectional robots with parameter variations. International journal of nonlinear sciences and numerical. 11: 91-95.

[34] Hoyer H, Borgolte U, Jochheim A (1999) The OMNIWheelchair - State of the art. Center on Disabilities, Technology and Persons with Disabilities Conference, Northridge, CA. 274.

[35] Tolerico M.L, Ding D, Cooper R.A, Spaeth D.M, Fitzgerald S.G, Cooper R, Kelleher A, Boninger M.L (2007) Assessing mobility characteristics and activity levels of manual wheelchair users. Journal of rehabilitation research and development. 44: 561-572. [PMID: 18247253] DOI: 10.1682/JRRD.2006.02.0017

[36] Karmarkar A.M, Cooper R.A, Wang H, Kelleher A, Cooper R (2011) Analyzing wheelchair mobility patterns of community-dwelling older adults. Journal of rehabilitation research and development. 48: 1077-1086. DOI: 10.1682/JRRD.2009.10.0177

[37] HME BUSINESS <http://hme-business.com/articles/2013/01/01/pronto-air-personal-transporter.aspx>

[38] Integración social: Barreras arquitectónicas: <http://centros3.pntic.mec.es/cp.antonio.ramos.carratala/Educared/iguales/barreras.htm>

[39] P. Neufert y Planungs-AG, *Arte de proyectar en arquitectura*, Graf (2001) 14ª Edición, Ediciones G. Gili, SA de CV - México, Página 175

[40] Ordenanza #104 Municipalidad de Cuenca: http://www.cuenca.gov.ec/?q=vista_ordenanzas&keys=

[41] Opinión de la arquitecta Veronica López, 29-10-2013

1.7. Bibliografía del capítulo

- Donald Munro, 'Rehabilitation Stifled by PVA,' Paraplegia News, October 1949, p 1, 4, 6; Arthur S. Abramson, 'The Veteran Paraplegic Problem as I see it,' Paraplegia News, April 1950, p 5;
- Geoffrey King, *The Ministry of Pensions and National Insurance*, Public Record: London, 1958.
- Henri-Jacques Stiker, *The History of Disability* (Michigan, 1999), p 122.
- M. Hoberman, F. Erbert, M. Cicienia & E. Offner, 'Wheelchairs and wheelchair management,' *American Journal of Physical Medicine* 32 (1952): 67-84.
- Office, (cited hereafter as PRO) File PIN15: *Ministry of Pensions and successors: War Pensions*,
- Registered Files (GEN Series) and other records; PRO, File PIN38: *Ministry of Pensions and successors: Disablement Services Branch Records*.
- See for example the Audit Commission's recommendations in, *Fully Equipped: the provision of equipment to older or disabled people by the NHS and social service in England and Wales* (London, 2000).

1.8. Sitios Web del capítulo

- Alibaba.com, *Electric wheelchair motor kit*
http://smartautomation.en.alibaba.com/product/425400229-214281731/Electric_wheelchair_motor_kit.html
- American Wheelchairs, *Pride Jazzy Jet 7 Take-Apart Electric Wheelchair*
<http://www.americanwheelchairs.com/specjet7.shtml>
- GuíaMovilidad.com - wheelchair e-magazine. Revista online sobre Sillas de Ruedas, Scooters y Handbikes. Todos los derechos reservados.
<http://www.guiamovilidad.com/noticias/129-historia-de-las-sillas-de-ruedas.html>
- INVACARE WORLDWIDE, Invacare Pronto Air Personal Transporter
http://www.invacare.com/cgi-bin/imhqprd/inv_catalog/prod_cat_detail.jsp?s=0&prodID=AIRPTMBDY20&ca_tOID=-536891673
- Los Pinos - Tecnología para una vida más fácil
<http://www.lospinos-sa.com/tienda/index.php/sillas-de-ruedas-1/silla-de-ruedas-scooter-de-lujo.html>

- Medical Expo - El salón online del sector médico sanitario
<http://www.medicalexpo.es/prod/young-won-medical/sillas-ruedas-manuales-plegables-pasivas-70599-443206.html>
- SIASA-VALVITALIA
<http://www.mexicosiasa.com/actuadores-para-valvulas.php>
- Sillas de ruedas - Ortopedia
<http://www.sillasderuedas.es/Silla-de-transito-Compact>

Capítulo 2: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

Poder sujetar objetos en estantes o libreros que están a una altura considerable del piso siempre es un problema para las personas con capacidades especiales o adultos mayores sobre todo sentado en una silla de ruedas, y es un reto para los fabricantes de sillas de ruedas solventar esta necesidad, estas sillas que plantean los fabricantes o diseñadores tienen algunos aditamentos como: mecanismos de barras, cilindros de elevación eléctricos, gatos mecánicos-eléctricos tipo tijera, entre otros; en este capítulo se expone algunos de los modelos encontrados y que dieron las ideas para diseñar el prototipo de la presente tesis.

2.1. Silla de ruedas con ascensor de asiento eléctrico PSE2

Compañía 21th Century Scientific Inc.
Estados Unidos

2.1.1. Introducción

La silla de ruedas con sistema de elevación eléctrico para el asiento del conductor PSE2 (*figura 2.1*) presenta un diseño de silla de ruedas con elevación vertical del asiento que permite al usuario llegar a: cajones altos de archivadores, muebles de cocina, estantes altos, etc.; además, la silla de ruedas cuenta con un sistema de tracción posterior, estas ruedas motrices cuentan con un motor independiente que permite invertir el giro ya sea independientemente o ambas a la vez para retroceder el sistema o hacerlo girar en su propio eje.



Figura 2.1: Silla de ruedas con ascensor de asiento eléctrico PSE2

Fuente: 21th Century SCIENTIFIC Inc. - PSE2 POWER SEAT ELEVATOR (20/08/2013 13:00 PM)

2.1.2. Partes constitutivas

La silla de ruedas PSE2 cuenta con dos sistemas principales los cuales son el sistema de elevación eléctrica de la silla de ruedas y el sistema para movilizar la silla, el sistema para elevar verticalmente al usuario se basa en un mecanismo de tijera (usando soldadura TIG) accionado por un actuador eléctrico (*figura 2.2*) que permite elevar al asiento hasta 13 pulgadas (33,02 cm), además mientras la silla se eleva también se mueve hacia adelante ya que, el mecanismo de tijera está sujeto al chasis en sus brazos delanteros por una rótula, mientras que los brazos posteriores se mueven en una corredera (riel 0,12"); el asiento de la silla de ruedas es basculante,

esto permite a usuarios con necesidades especiales colocar a cierto ángulo el asiento de la silla de

ruedas, el ángulo de la base del asiento puede variar de 0° a 60°; el asiento es hecho de chapa metálica y la tapicería del asiento usa doble forro y por debajo usa esponja.

La estructura base para sujetar todos los componentes de la silla está diseñada en una estructura en H de perfil rectangular de acero (2,5 "x 1,5" x 0,125"), para la tracción posterior que le da movimiento al equipo se cuenta con dos motores con potencia de frenado que van acoplados independientemente a cada rueda motriz por un mecanismo de transmisión de movimiento de polea dentada antideslizante Panther sincrónica (*figura 2.3*); la corriente que necesita este equipo es proporcionada por dos baterías Xtra Deber 12 de 12 voltios y 55 Amph (o 75 Amph dependiendo del modelo) con asiento ajustable para sacar y poner las baterías fácilmente, las ruedas de tracción son de 12,75" de diámetro por 4" de ancho, y las ruedas seguidoras frontales son de 9" de diámetro por 3,5" de ancho; la silla de ruedas también consta de pequeñas ruedas auxiliares posteriores de 2" que impiden que la base de la silla roce contra el piso cuando esta sube una vereda de hasta 7 cm de alto.



Figura 2.2: Silla de ruedas con ascensor de asiento eléctrico PSE2

Fuente: 21th Century SCIENTIFIC Inc. - PSE2 POWER SEAT ELEVATOR (20/08/2013 13:00 PM)

El sistema electrónico de la silla de ruedas es comandado por un electrónico serial EU1-6 (programas de conducción) que permite también conocer el estado de la batería y la liberación del freno inteligente; además, el sistema es comandado por medio de una palanca de mando (joystick), además el sistema cuenta con luces indicadoras de retroceso (intermitentes) y una luz alta frontal para poder manejar la silla de ruedas en la oscuridad. La silla de ruedas está diseñada para soportar un operario de hasta 250 lb de peso.

2.1.3. Funcionamiento

Cuando el usuario está ocupando el asiento de la silla de ruedas, al accionar la palanca, el equipo se mueve en la dirección que se indique en la misma, para regular

Capítulo 2: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

la velocidad de la silla solamente hay que presionar suavemente la palanca, la velocidad máxima de la silla de ruedas 11,6 millas por hora; en la parte izquierda de la silla de ruedas se cuenta con un panel de control en el cual se puede activar por medio de dos botones el ascenso o descenso del asiento, además también cuenta con el control para bascular la el asiento de la silla.

Esta silla de ruedas permite al usuario movilizarse por terrenos ligeramente irregulares, además mientras la silla de ruedas se mantiene elevada, la velocidad del equipo disminuye considerablemente (por medio de un circuito electrónico) para evitar que pierda el equilibrio.

La empresa también trabaja bajo pedido, lo que permite a los usuarios modificar la forma o los componentes de la silla para necesidades especiales como por ejemplo: luces para manejar en la oscuridad, luces de posición para ser identificado en la noche, apoyapiés y apoyabrazos con regulación variable, espaldar y apoyacabezas con regulación, etc..



Figura 2.3: Silla de ruedas con ascensor de asiento eléctrico PSE2 (Actuadores eléctricos)

Fuente: 21th Century SCIENTIFIC Inc. - PSE2 POWER SEAT ELEVATOR (20/08/2013 13:00 PM)

Elaboración: El autor

2.2. Silla de ruedas Dragon

Compañía Dragon Systems
Cambridge - Reino Unido

2.2.1. Introducción

La silla de ruedas Dragon (figura 2.4) es una silla de ruedas eléctrica que comandada por dos motorreductores acoplados a cada una de las ruedas frontales del mecanismo, en el chasis se monta los motorreductores y todos los sistemas de la silla de ruedas, además, el chasis cuenta con un marco incorporado a cierto ángulo de inclinación que permite graduar la altura del asiento dependiendo de las necesidades del usuario (El asiento normalmente es hecho a la medida del usuario que requiere el dispositivo).



Figura 2.4: Silla de ruedas Dragon

Fuente: Dragon Mobility - Dragon technical specifications (Raked elevator) (20/08/2013 13:00 PM)

2.2.2. Partes constitutivas

La silla de ruedas Dragon al igual que la silla anterior cuenta con dos sistemas, el sistema de elevación del asiento que se basa en un marco de acero (figura 2.5) que sirve de guía para mover el asiento, ya sea de forma manual en el modelo estándar o automáticamente usando un modelo personalizado (motorreductor de 12 V), el marco también puede ser controlado electrónicamente por medio de un mecanismo de motorreductor de 12 V; el equipo también consta de dos ruedas delanteras motrices que reciben su movimiento de dos motores conectados independientemente para cada rueda, el diámetro de las ruedas es de 415 mm, en la parte posterior de la silla se tienen dos ruedas seguidoras en forma de esfera de 150 mm de diámetro.

Esta silla de ruedas cuenta con un sistema electrónico que permite controlar el equipo por medio de una palanca de mando (joystick) y un panel de control (el panel de control puede variar según las especificaciones del usuario), además para energizar los motores y el circuito eléctrico de la silla de ruedas se cuenta con dos baterías tipo Gel de 12 V y 56 Amph. Las dimensiones de una silla de ruedas Dragon modelo estándar se pueden observar a continuación.

Dimensiones

El sistema de la silla Dragon puede permitir usuarios con un peso desde 50 kg hasta 75 kg y cada silla se programa de manera individual (cada silla es personalizada).

Entonces entre sus rasgos más sobresalientes se pueden decir:

Capítulo 2: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

Silla de ruedas Dragon: Mecanismo de ascensor, las dimensiones físicas (figura 2.5):

- Ancho máxima: 606 mm / 23.8".
- Ancho mecanismo de arrastre: 560 mm / 22.0" (La distancia entre los centros de las ruedas) .
- Max. la longitud del chasis: 871 mm / 34.3".

La medida efectiva de asiento afecta las figuras debajo:

- Longitud del marco: 965 mm / 38.0" (distancia de recorrido del marco).
- Paso del mecanismo (con baterías y asiento): 124 kg / 273 lbs.
- Las ruedas del paseo delanteras tienen protección contra la perforación: 415 mm (16.3") de diámetro.
- Las ruedas de globo posteriores: 150 mm (aprox. 6") de diámetro.
- El sistema de frenado electrónico se activa automáticamente.
- El freno del aparcamiento manual independiente adicional.
- Silla impulsada por baterías de 12 Voltios 2 x 56 Ah de gel conectadas en serie.
- Ángulo de inclinación de ascensor 25 a 45 grados
- Máxima velocidad a regulación normal de la silla 8 mph
- Máxima velocidad a regulación máxima de la silla 4 mph
- Velocidad media y marcha atrás con sonido auditivo tipo beeper.

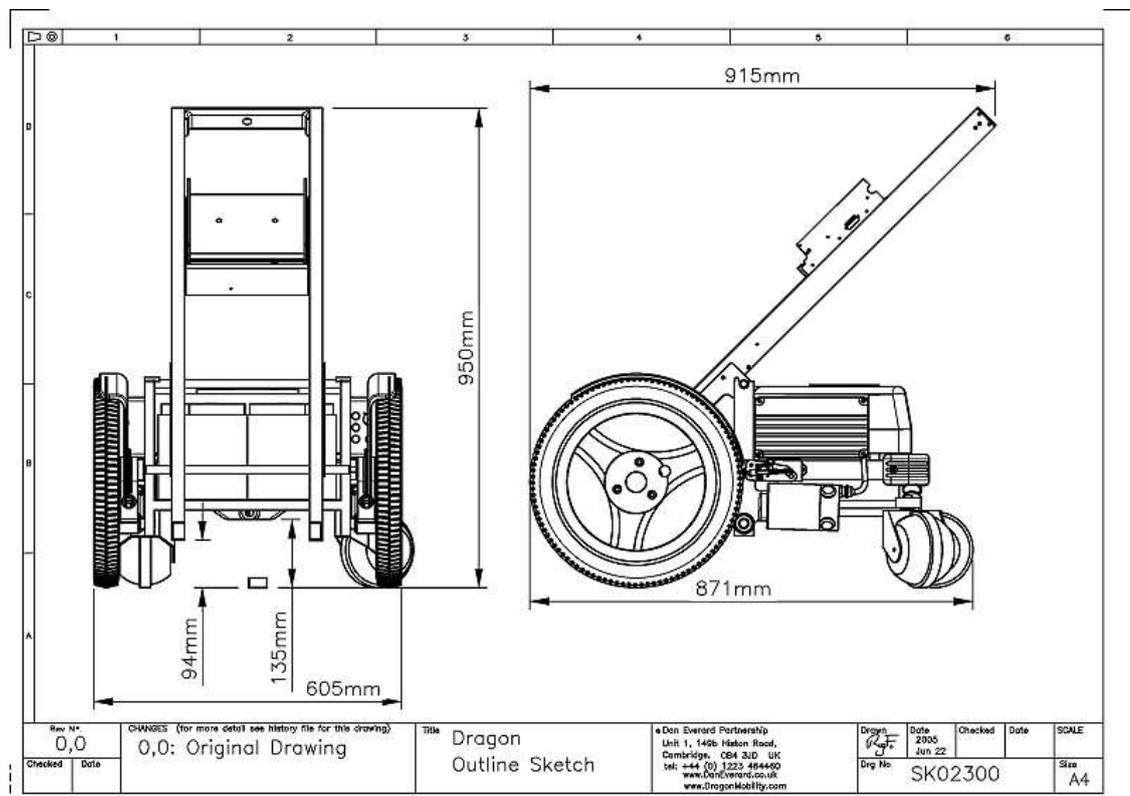


Figura 2.5: Silla de ruedas Dragon (Plano esquemático)

Fuente: Dragon Mobility - Dragon technical specifications (Raked elevator) (20/08/2013 13:00 PM)

La *figura 2.5* permite una mejor comprensión de las dimensiones de la silla de ruedas eléctrica, esta parte del dispositivo es estándar y no requiere ser modificado para una persona en especial, solamente el asiento de la silla de ruedas es variable y está hecho a medida para cada usuario de la silla.

2.2.3. Funcionamiento

Como se puede ver en la *figura 2.6*, se tiene una silla de ruedas Dragon con mecanismo de elevación vertical electrónico (modelo personalizado), cuando el usuario está sentado en el equipo, puede controlar la dirección y velocidad de la silla por medio de la palanca de mando, mientras más se empuja la palanca, mayor será la velocidad de la silla de ruedas motrices y por ende mayor será la velocidad alcanzada por el equipo; la silla de ruedas cuenta con un circuito electrónico diseñado por la misma compañía que permite variar el ángulo del marco guía del asiento mientras el asiento se eleva o desciende, esto permite a la silla bascular (este dispositivo es necesario en aplicaciones médicas cuando lo requiere el operario).

La silla de ruedas baja su velocidad entre mayor es la altura del asiento, así como su ángulo de inclinación; además como una necesidad especial del usuario (especialmente en niños), cuando el usuario necesita subirse a la silla, estando sobre él sobre el piso, la silla de ruedas puede descender su asiento a la misma altura del usuario para que este, pueda subirse al equipo.



Figura 2.6: Silla de ruedas Dragon (Plano esquemático)

Fuente: Dragon Mobility - Dragon technical specifications (Raked elevator) (20/08/2013 13:00 PM)

2.3. Silla de ruedas iBOT 4000

Inventor Dean Kamen
Compañía Independence Technology LLC
New Hampshire - Estados Unidos

Introducción

La silla de ruedas iBOT distribuida Technology LLC que tenía su sede en Bedford, New Hampshire (Estados Unidos) fue diseñada por el inventor y empresario Dean Kamen; el iBOT (Sistema de movilidad independiente) se basa en el auto-balance (*figura 2.7*) que permite al usuario de la silla de ruedas sortear bordillos de veredas, escaleras, y también condiciones agresivas de terreno como arena, piedra, lodo, etc., el iBOT fue mostrado al mundo por primera vez en 1999.



Figura 2.7: Silla de ruedas iBOT 4000
Fuente: 4000 MobilitySystem iBot (R) without Fold-Flat Seating - User Manual (20/08/2013 13:00 PM)

Partes constitutivas

La tecnología patentada de estabilización dinámica (iBalance) es una combinación de sensores y componentes de software y varios equipos que trabajan en conjunto con los giroscopios (los giroscopios son sensores de movimiento que ayudan a mantener el equilibrio) (*figura 2.8*), éstos detectan el movimiento del usuario y envían una señal al CPU del dispositivo, el dispositivo lee la información recopilada y la envía en tiempo real a los motores que se encargan de posicionarse de manera que el movimiento realizado por el ser humano no afecte el centro de equilibrio del sistema.

Aunque no se tiene una información completa de los motores, según la información obtenida en los manuales, este dispositivo cuenta con motores de paso para su funcionamiento, además de apoya brazos y apoya piés, panel de control con joystick para ser controlada por usuario, luces de posicionamiento delanteras y posteriores para poder identificarlo en la noche, tiene tres velocidades dependiendo de la operación que se esté realizando (10,9 km/h en modo estándar, 7,8 km/h en sistema 4 x 4 y 5,1 km/h balanceándole en dos ruedas).

En la opción para subir escaleras usando el modo de balance en dos ruedas se debe tomar en consideración que la altura entre peldaños debe estar entre 127 mm-203 mm, el largo de la pestaña debe estar entre 254 mm y 432 mm, y si la escalera tiene ceja, ésta no puede sobrepasar los 25 mm; además la información del fabricante indica que el usuario de esta silla no puede pesar menos de 34 kg y más de 113 kg, el usuario no debe balancear sus pies o sus caderas mientras está usando la silla porque

puede perder el equilibrio, no mantener la mano en el joystick mientras se contesta el teléfono o se hace otra tarea, entre otras prohibiciones para mantener al usuario seguro en su iBOT.

Funcionamiento

La silla de ruedas iBOT 4000 está diseñada de forma que el chasis tiene sujeto cuatro ruedas, dos frontales y dos posteriores, cuando la silla de ruedas necesita bajar escaleras (figura 2.8), un pivote en la silla permite al usuario mantenerse en posición vertical (el mecanismo para bajar escaleras se activa por medio del panel de control) y para evitar que el usuario de la silla de ruedas pierda el equilibrio, la silla de ruedas cuenta con un mecanismo de péndulo invertido.



Figura 2.8: Silla de ruedas iBOT 4000
Fuente: 4000 MobilitySystem iBot (R) without Fold-Flat Seating - User Manual (20/08/2013 13:00 PM)

En caso contrario cuando la silla de ruedas necesita subir una vereda las ruedas posteriores se mantienen apoyadas sobre el suelo mientras las ruedas delanteras se elevan para sobreponerse sobre la vereda; otro aspecto importante son sus cuatro ruedas motrices que ayudan sobre manera al momento de subir una vereda. La silla de ruedas puede subir obstáculos hasta de 75 mm de alto sin necesidad de que la silla de ruedas use el sistema de péndulo invertido.

La función fundamental que interesa en este capítulo es el sistema para elevar verticalmente al usuario (figura 2.9), para esto el modelo se mantiene sus ruedas posteriores sobre el suelo, mientras sus ruedas delantera se elevan, dos brazos de soporte a cada lado de la silla se encargan de sujetar las ruedas delanteras y posteriores distintamente y el pivote de este brazo está acoplado desde su centro a un reductor de velocidad, por ello, cuando el usuario por medio del panel de control activa un pulsante, la silla empieza a elevarse y or medio del sistema de péndulo invertido, se manipula electrónicamente el centro de gravedad. El centro de gravedad se puede



Figura 2.9: Silla de ruedas iBOT 4000
Fuente: 4000 MobilitySystem iBot (R) without Fold-Flat Seating - User Manual (20/08/2013 13:00 PM)

manipular usando sensores (giroscopios) que calculan la posición del centro de gravedad cuando el usuario está sentado permitiendo manipularlo moviendo el peso del sistema para mantener bajo su centro de gravedad.

2.4. Conclusiones del capítulo

- La silla de ruedas Dragon utiliza un sistema de marco y motorreductor con riel para elevar verticalmente la silla, sin embargo el mecanismo, a criterio del autor de la presente tesis, el sistema de elevación de esta silla utiliza muchos componentes aumentando su costo de fabricación, por ello no será la primera opción al momento de diseñar el mecanismo de elevación vertical.
- La silla de ruedas iBOT 4000 usa motores de pasos para transmitir el movimiento a las ruedas, sin embargo, según la información recopilada del capítulo anterior, la opción más viable es utilizar motores de corriente continua ya que permiten mayor velocidad y con ello mayor independencia (más tiempo de funcionamiento para el operario de la silla), por ello se planteará motores de corriente continua para los elementos móviles del prototipo a diseñar.
- La silla de ruedas PSE2 utiliza un sistema de tijera para elevar a la silla y a criterio del autor de la presente tesis es la opción más viable al momento de diseñar el sistema para elevar verticalmente al usuario.
- Las personas con capacidades especiales normalmente necesitan de otra persona para sujetar objetos que se encuentran en estantes o mobiliarios tales como libros, utensilios de cocina y otros elementos no muy pesados, y no tienen total independencia para operar por sí mismos.
- Los sistemas que deberían emplear las sillas de ruedas para elevar verticalmente al usuario, no se encuentran en el mercado de la ciudad de Cuenca, de tal manera que para conseguir unas de este tipo solo se lograría adquirir bajo pedido a través de casas ortopédicas, que son quienes pueden importarlas con las características que requieren los usuarios con capacidades especiales.

2.5. Referencias del capítulo

[1] Takahashi, Y., Ogawa, S. and Machida, S. (1999). Front wheel raising and inverse pendulum control of power assist wheel chair robot, *Proceeding of 25th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, (2), pp.668-673.

2.6. Bibliografía del capítulo

- Takahashi, Y., Ogawa, S. and Machida, S. (1999). Front wheel raising and inverse pendulum control of power assist wheel chair robot, *Proceeding of 25th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, (2), pp.668-673.

2.7. Sitios Web del capítulo

- 21th Century SCIENTIFIC Inc. - PSE2 POWER SEAT ELEVATOR
<http://www.wheelchairs.com/pwrseat.htm>
- 4000 MobilitySystem iBot (R) without Fold-Flat Seating - User Manual
http://www.ibotnow.com/manuals_without_foldflat.html
- Dragon Mobility - Dragon technical specifications (Raked elevator)
http://www.dragonmobility.com/spec_dragon.php
- Segway Inc.'s Human Transporter (HT) models
<https://www.msu.edu/~luckie/segway/iBOT/iBOT.html>

Capítulo 3: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

Poder subir veredas o escaleras con una silla de ruedas es el mayor reto para los fabricantes de sillas de ruedas en la actualidad, estas sillas presentan varios aditamentos o formas para solucionar este problema, tales como: estabilizadores, ruedas flexibles con superficie de goma adherente, plataformas independientes de acceso, etc., en este capítulo se expone algunos de los modelos encontrados y que dieron las ideas para diseñar el prototipo de la presente tesis.

3.1. Silla de ruedas sube escaleras "HELISO-III"

Fukushima Lab, Dept. of Mechanical and Aerospace Engineering
Tokyo Institute of Technology. All Rights Reserved

3.1.1. Introducción

En 1990 surgió la idea de diseñar una silla de ruedas eléctrica para adultos mayores y personas con capacidades especiales que normalmente tienen muchos inconvenientes al subir o bajar escaleras. Con esta idea se construyó una práctica silla de ruedas, este modelo puede ascender y descender una escalera de manera muy confiable, que puede ascender de forma fiable y bajar escaleras (figura 3.1).

3.1.2. Partes constitutivas

La silla de ruedas HELISO-III contaba con cuatro motores de corriente continua acoplados por medio de motorreductores a cada una de las ruedas del sistema (figura 3.2), las ruedas normales no tienen el suficiente agarre para subir una escalera o para evitar el resbalamiento al bajar a misma, este problema fue solucionado por el diseñador de este prototipo usando 24 pedazos de caucho endurecido sujetos a las cejas de las ruedas por medio de pedazos de resorte. Para evitar que el usuario pierda el equilibrio mientras se mantiene sobre el prototipo de silla de ruedas, el diseñador presenta un modelo de centro remoto (RC) que consta en un motor con reductor acoplado a la silla que se mueve por una cremallera curva que le sirve de guía para mantener al usuario en posición vertical mientras sube o baja las escaleras, además, un sensor se encarga de verificar en tiempo real la posición correcta de la silla para



Figura 3.1: Prototipo silla de ruedas sube escaleras HELISO-III

Fuente: Copyright (c) 2013 Fukushima Lab, Dept. of Mechanical and Aerospace Engineering, Tokyo Institute of Technology. All Rights Reserved (22/08/2013 15:00 PM)

evitar que el usuario pierda el control y caiga de la misma al ascender o descender una escalera.

3.1.3. Funcionamiento

El prototipo de silla de ruedas no cuenta con un mando que utilice el operario al igual que las baterías nos e encuentran dentro del prototipo, como se puede observar en la figura 3.1, el cableado es externo ya que el prototipo nunca se produjo en serie. Cuando la silla de ruedas inicia el ascenso de las escaleras, las 24 piezas de caucho sirven como agarraderas que se acoplan al filo de cada peldaño para que la silla de ruedas pueda subir; cuando por otro lado, se necesita bajar una escalera, el prototipo podría perder agarre y resbalar provocando serios daños al mismo y al operario, por ello el planteamiento del diseñador de este prototipo es, usar las los intersticios de las piezas de caucho para acoplarse a los fillos de las escaleras provocando que la silla no pueda resbalar si la rueda se detiene.

Uno de los principales problemas al momento de subir o bajar escaleras era la inestabilidad, pero este problema fue resuelto por un mecanismo de centro remoto (RC) que permitía al usuario mantenerse en posición de sentado paralelamente al piso por medio de sensores que medían la inclinación de la silla y enviaban la información a la unidad central para que a su vez esta información se traduzca en el movimiento de centro remoto y permita mantener siempre el centro de gravedad en el centro del sistema (*figura 3.2*).

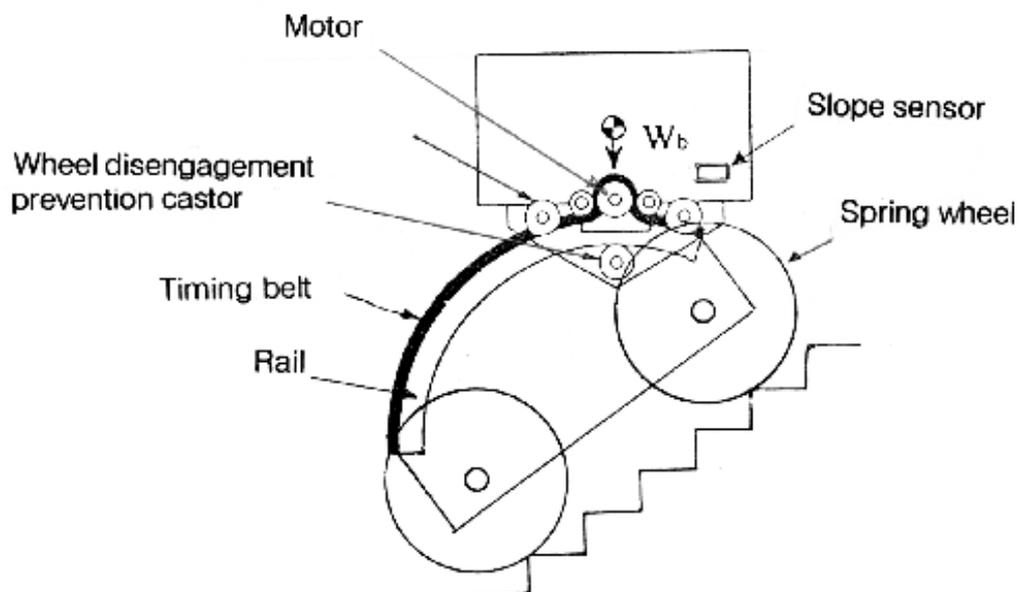


Figura 3.2: Prototipo silla de ruedas sube escaleras HELISO-III (Funcionamiento)

Fuente: Copyright (c) 2013 Fukushima Lab, Dept. of Mechanical and Aerospace Engineering, Tokyo Institute of Technology. All Rights Reserved (22/08/2013 15:00 PM)

3.2. Prototipo silla de ruedas sorteas obstáculos

CHIBA TECH TURNS WHEELS INTO LEGS AND CLIMBS OVER STEPS

3.2.1. Introducción

Este prototipo que aún se encuentra en fase de diseño fue ideado por científicos japoneses y mostrado en Octubre del 2012, la idea de este prototipo es sortear obstáculos que se encuentren en el diario vivir, obstáculos como por ejemplo: veredas, escaleras, imperfecciones en la vía u otros, etc., el sistema se basa en 4 ruedas activadas por un motor de corriente continua acoplado dentro de cada rueda y que permite al usuario tener una silla de ruedas de transmisión independiente 4 x 4 (figura 3.3).



Figura 3.3: Prototipo silla de ruedas sorteas obstáculos



Figura 3.4: Prototipo silla de ruedas sorteas obstáculos subiendo una vereda.

Fuente: ROBOTIC WHEELCHAIR FROM CHIBA TECH TURNS WHEELS INTO LEGS AND CLIMBS OVER STEPS (22/08/2013 15:00 PM)

3.2.2. Partes constitutivas

El sistema cuenta con un mecanismo de 4 ruedas motrices, tanto las dos ruedas frontales como las dos ruedas posteriores están sujetas a un armazón rígido, pero el centro de este armazón está acoplado al chasis de la silla de ruedas por medio de un mecanismo de rótula (motorizada) que le permite a la silla de ruedas colocar una rueda detrás de la otra cuando debe sortear un obstáculo como por ejemplo una vereda y en un movimiento muy parecido al de un nadador en estilo



Figura 3.5: Prototipo silla de ruedas sorteas obstáculos en funcionamiento

Fuente: ROBOTIC WHEELCHAIR FROM CHIBA TECH TURNS WHEELS INTO LEGS AND CLIMBS OVER STEPS

libre (figura 3.4) que permite que la CLIMBS OVER STEPS (22/08/2013 15:00 PM) rueda que está sobre la vereda le sirva de punto de apoyo para subir la rueda que quedó detrás anteriormente. (el sistema no pierde el equilibrio porque siempre tres de las 4 ruedas están soportadas por el piso).

La silla de ruedas de 5 ejes móviles (figura 3.5) es controlada por un joystick que permite moverla en todas direcciones, además los sensores acoplados en la silla indican cuando hay un obstáculo en la vía para que funcione su sistema de rótulas y así sortearlo sin problemas; aunque este proyecto se mantiene en fase de prototipo, Shuro Nakajima, director del proyecto en cuestión prometió hacer más experimentos para mejorar la funcionalidad de este diseño para su posterior venta al público en general.

3.2.3. Funcionamiento

El prototipo cuenta con un sistema de mando que consta de un panel de control y una palanca (joystick) el sistema de mando permite al operario maniobrar la silla de ruedas, cambiar su dirección o variar la velocidad del prototipo; cuando el prototipo llega a un obstáculo, el operario por medio de un interruptor cambia el funcionamiento normal de la silla de ruedas de tal manera que los brazos frontal y posterior permiten a la silla de ruedas actuar como un cuadrúpedo que pueden sortear obstáculos como veredas o piedras en el camino, la silla de ruedas también cuenta con sensores para sortear obstáculos sin necesidad de que se indique la orden desde el panel de control de parte del operador de la silla de ruedas.

3.3. Silla de ruedas P4 country

Power S.A.
Bruselas (Bélgica)

3.3.1. Introducción

La silla de ruedas P4 country que se muestra en la figura 3.6, es un vehículo de 4 ruedas propulsado por 4 motorreductores de 250 vatios y 24 voltios que se conectan directamente hacia las ruedas de este vehículo; esta silla de ruedas está diseñada para sortear obstáculos de hasta 15 cm de alto y tiene una velocidad máxima de 10 km por hora además de una independencia de 30 km gracias a sus tres baterías resistentes al agua y de libre mantenimiento de 8 voltios y 200 amperios hora conectadas en serie.



Figura 3.6: Silla de ruedas P4 country
Fuente: Four Power Four, *P4 Country: Always on track*, Bélgica (22/08/2013 15:00 PM)

3.3.2. Partes constitutivas y funcionamiento

Este modelo de silla de ruedas cuenta con un mecanismo de tracción 4 x 4 que significa 4 ruedas móviles y las 4 son motrices, para ello este equipo cuenta con 4 motorreductores de corriente continua acoplados a cada una de las ruedas del modelo, además de ello este equipo cuenta con un sistema de dirección electrónico de tornillo sin fin y corona muy parecido al de un automotor pero, en vez de moverse por medio de un volante, utiliza un motorreductor de corriente continua; las ruedas frontales como las posteriores cuentan con el mismo sistema de dirección que permite a la silla de ruedas tener un radio de giro bajo.

Esta silla que se puede ver sorteando obstáculos en la *figura 3.7* puede cargar un peso máximo de 120 kg y sus dimensiones estándar son 145 cm de largo, 69 cm de ancho y 156 cm de alto; además, esta silla de ruedas tiene un control de mando con joystick que permite variar la velocidad y realizar giros en un

radio de 1,09 metros. Como si esto no bastara, el sistema cuenta con luces para manejar en una noche oscura y también luces de posición en su parte posterior para denotar su presencia, sin contar con un cesto bien asegurado en su parte posterior que es de fácil acceso para el usuario, ya que mediante un brazo articulado se puede colocar al lado del conductor para que éste pueda tomar cualquier objeto que haya guardado en él.



Figura 3.7: Silla de ruedas P4 country sorteando una vereda

Fuente: Four Power Four, *P4 Country: Always on track*, Bélgica (22/08/2013 15:00 PM)

3.4. Silla de ruedas TankChair

TankChair Company
EE.UU

3.4.1. Introducción

Este modelo de silla con orugas de tanque, como se ve en la *figura 3.8*, es la insignia de la compañía que lleva su nombre, originaria de Estados Unidos, esta silla es un modelo de vehículo todo terreno que permite al operario circular por casi cualquier entorno.



Figura 3.8: Silla tipo oruga TankChair

Fuente: TANKCHAIR, *TankChair*, Copyright 2013 Tc mobility. All rights reserved (22/08/2013 15:00 PM)

3.4.2. Partes constitutivas y funcionamiento

La silla de ruedas cuenta con un chasis de acero muy estable y un sistema de orugas que permiten al usuario recorrer terrenos muy irregulares; este diseño que más bien parece un tanque salido de una película de ciencia ficción, cuenta con dos baterías de ciclo profundo de 12 voltios (129 amperios hora) conectadas en serie (24 Voltios de salida de corriente), el sistema es accionado por dos motores de corriente continua de 1 hp que giran a 127 RPM con una relación de transmisión de movimiento a las orugas de 22:1 y gracias a su sistema de control se puede variar la velocidad de los mismos, *figura 3.9*.



Figura 3.9: Silla tipo oruga TankChair (motor y transmisión)

Fuente: TANKCHAIR, *TankChair*, Copyright 2013 Tc mobility. All rights reserved (22/08/2013 15:00 PM)

El mecanismo de oruga que tiene esta silla está diseñado de un caucho extremadamente resistente que soporta las inclemencias del tiempo y gracias a su labrado agresivo permite a la silla abrirse paso por nieve, arena, grava, piedras y barro (*figura 3.10*); los apoya brazos y apoya piés son ajustables; también cuenta con un asiento de carreras Corbeau que ofrece soporte lateral y lumbar junto con un cómodo sillón de gel para sentarse, además viene con cinturón de seguridad para evitar que el usuario pueda perder el equilibrio y caer de la silla.

Esta silla también cuenta con un panel de control y un joystick que permite mover a la silla en todas las direcciones, indicar el nivel de la batería, velocímetro e incluso corneta. Este producto también puede ser mejorado en función de las necesidades del usuario y su modelo estándar se puede adquirir en Estados Unidos desde \$15.500 USD y también cuentan con servicio de envío a cualquier parte del mundo con su respectivo cargo adicional.



Figura 3.10: Silla tipo oruga TankChair (todo terreno)

Fuente: TANKCHAIR, *TankChair*, Copyright 2013 Tc mobility. All rights reserved (22/08/2013 15:00 PM)

3.5. Sube escaleras para sillas YACK 912

Empresa INGRU
Barcelona-España

3.5.1. Introducción

Este dispositivo distribuido no es parte de la silla de ruedas, es un mecanismo que se acopla a la silla cuando necesita subir una escalera (*figura 3.11*); según las condiciones del fabricante, la altura del peldaño de la escalera no puede sobrepasar los 21 cm, además cuenta con ruedas guías que permiten movilizar el mecanismo para ser guardado incluso con la silla de ruedas todavía montada en el equipo, (*figura 3.12*).



Figura 3.11: Sube escaleras YACK 912 prueba de funcionamiento **Figura 3.12:** Sube escaleras YACK 912 - ruedas de apoyo

Fuente: INGRU, Sube escaleras para sillas YACK 912 (22/08/2013 15:00 PM)

3.5.2. Partes constitutivas y funcionamiento

Este sistema es eléctrico, cuenta con baterías recargables (también su propio cargador) que se pueden monitorear con un panel de control con indicadores LED's que indican cuando la batería está baja y también cuando el sistema se está recargando, además de un control de velocidad para posición peldaño a peldaño o movimiento continuo sin parar. Este mecanismo también cuenta con plataformas abatibles de apoyo para las ruedas de la silla que impiden que éstas golpeen con el piso mientras se utiliza el mecanismo, también consta con bulones (guías de soporte) y cinturón de seguridad para sujetar de manera firme la silla de ruedas mientras se transporta, (*figuras 3.13 y 3.14*).

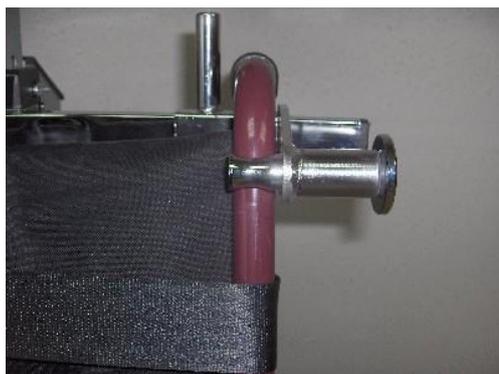


Figura 3.13: Sube escaleras YACK 912 - Bulón de soporte

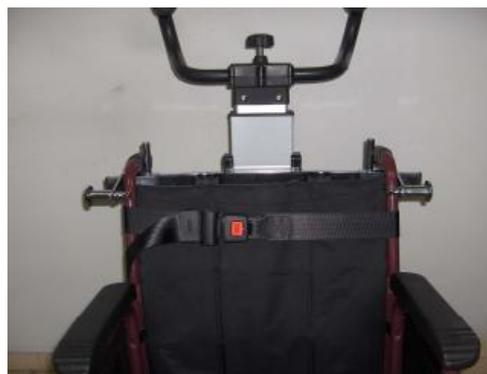


Figura 3.14: Sube escaleras YACK 912 - Cinturón de seguridad

Fuente: INGRU, Sube escaleras para sillas YACK 912 (22/08/2013 15:00 PM)

Además, este sistema sube escaleras se puede descomponer en dos partes para hacer mucho más fácil su transportación y por su forma se puede guardar en espacios reducidos, una ficha técnica de sus características se describe en la *tabla 3.1*.

Tabla 3.1: Ficha técnica Sube escaleras para sillas Yack 912

| | | | |
|--|---|---|---|
| Nombre: | Sube escaleras para sillas Yack 912 | Distribuidor: | INGRU S.A. |
| Capacidad de carga: | 130 kg | Peso del dispositivo: | 41 kg |
| Altura máxima del peldaño: | 21 cm | Cinturón de seguridad: | Si |
| Sistema de anclaje regulable en altura: | Si | Control de nivel de batería (LED's): | Si |
| Control de recarga de batería con indicador de nivel (LED's): | Si | Velocidad: | 11 peldaños por minuto |
| Señal acústica de batería baja: | Si | Freno del sistema automático: | Si |
| Modelo desarmable: | Si | Potencia del motor: | 250 W |
| Tensión : | 24 V | Sistema de seguridad: | Sensor monitorea inclinación mínima de seguridad para su funcionamiento (si es incorrecta el sistema no funciona) |
| Regulación de velocidad: | Modo movimiento continuo o con parada peldaño a peldaño | Autonomía: | 30 Plantas |

Fuente: INGRU, Sube escaleras para sillas YACK 912 (22/08/2013 15:00 PM)

En la *figura 3.15* se muestra el principio de funcionamiento de este mecanismo.

Capítulo 3: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

Fase 1: Ruedas guías se mantienen en el piso, ruedas motrices ascienden perfil del peldaño.



Fase 2: Ruedas guías se mantiene en el piso, ruedas motrices ascienden todo perfil del peldaño



Fase 3: Ruedas motrices descansan sobre el peldaño, ruedas guías se empiezan a retraer.



Fase 4: Ruedas motrices descansan sobre el peldaño, ruedas guías se retraen totalmente



Figura 3.15: Sube escaleras YACK 912 - Bulón de soporte

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=LWtWBstexNY> (22/08/2013 15:00 PM)

Según se puede observar en la *figura 3.15*, las ruedas guías empujan la silla hacia arriba mientras las ruedas motrices escalan la pared del peldaño, una vez que las ruedas motrices llegan al peldaño descansan mientras las ruedas guías se vuelven a retraer, una vez que se retraen, se inicia el nuevo ciclo para subir el siguiente peldaño.

Los diseños antes mencionados son algunos de los modelos más conocidos, sin embargo existen muchos otros modelos que se han diseñado independientemente para solventar un problema, como tesis de grado de estudiantes en universidades o simplemente por una idea que surgió de sus mentes y decidieron construirla. En Ecuador y exactamente en la Ciudad de Cuenca no existen a la venta estos dispositivos, así que se explicará en breves rasgos algunos de los dispositivos que sí se puede encontrar en el país.

3.6. Descripción general de las sillas de ruedas que se pueden comprar

Existen varias maneras de conseguir tipos de sillas de ruedas eléctricas en el país, uno de los métodos más comunes es comprar equipos usados en páginas de internet como por ejemplo: mercadolibre.com, etc., pero si se requiere comprar un equipo nuevo, se tiene que buscar a los proveedores de los productos, en este caso se indicarán tres productos en particular que se tomarán como referencia para analizar cada uno:

3.6.1. MODELO A

Descripción

La silla de ruedas eléctrica ASCEND (figura 3.16) está equipada con dos motores de 300 vatios DX Dynamic Control en cada rueda motriz y dos baterías de 70 Ah, este modelo está diseñado para espacios exteriores, pero también se puede usar en interiores gracias a su maniobrabilidad y construcción compacta. Cuando se usa esta silla de ruedas en calles o aceras, se debe respetar las disposiciones legales vigentes para su uso. Siempre se debe desconectar los sistemas electrónicos después de usar el equipo y emplear sólo el cargador de baterías suministrado (no otro tipo de cargador). Es muy posible que fuentes de emisión electromagnética, como teléfonos móviles, puedan causar interferencias en el equipo y que los sistemas electrónicos de la silla de ruedas puedan afectar a otros aparatos eléctricos cercanos. Para el modelo ASCEND 6 km/h no se necesita ni carnet de conducir ni disponer de un seguro para el vehículo.



Figura 3.16: Ilustraciones de la silla de ruedas eléctrica ASCEND

Fuente: Manual de instrucciones (Silla de ruedas eléctrica Ascend 06/2006) (22/01/2013 11:00 AM)

En la *tabla 3.2* se muestran las especificaciones de la silla de ruedas ASCEND 06/2006 de la Marca Rehagirona S.L.

| | | | |
|---|---|---|----------------|
| Marca: | Rehagirona, S.L. | Modelo: | ASCEND 06/2006 |
| Longitud (sin apoyos para las piernas) | 90 cm (incluyendo la unidad de control) | Longitud (con apoyos para las piernas) | 125 cm |
| Altura (incluyendo el | 103 cm | Anchura (depende de la | 69 – 72 cm |

Capítulo 3: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

| | | | |
|---|--|--|---------------------------------------|
| respaldo) | | anchura del asiento) | |
| Longitud del asiento | 44 cm – 47 cm – 50 cm – 53 cm | Altura del asiento | 54 cm + 1,5 cm + 1,5 cm |
| Altura del respaldo | 53 cm | Altura de los apoya brazos (respecto al asiento) | 19 cm – 21 cm – 23 cm – 25 cm – 27 cm |
| Altura de los apoya brazos (respecto al suelo) | 82 – 92 cm | Motores | 2 x 300 W DX Dynamic Control |
| Baterías | Gel 12 V/70 Ah | Cargador de baterías | Exendis |
| Unidad de control | CD DX / Sistema de frenos electromagnético | Peso (incluyendo baterías) | +/- 145 kg |
| Peso (sin baterías) | +/-91 kg | Temperatura de operación de los sistemas electrónicos | entre -20 °C y +40 °C |
| Fusibles térmicos | 30 AMP | Peso nominal (carga máxima) | 150 kg |
| Velocidad máxima | 6 km/h | Autonomía | Unos 35 km |
| Presión de los neumáticos, ruedas de dirección de 10" | Máx. 3,5 bar | Presión de los neumáticos, ruedas traseras (de tracción) de 12" | Máx. 2,5 bar |
| Radio de giro | unos 195 cm | Pendiente ascendente máxima | 12° (sentándose erguido) |
| Altura de obstáculos máxima | 74 mm Clase B (sentándose erguido) | Tolerancia de la medida | +/- 15 mm/kg |
| Fuente: Manual de instrucciones (Silla de ruedas eléctrica Ascend 06/2006) (22/01/2013 11:00 AM) | | | |

Gracias a la tabla anterior se puede conocer las dimensiones y los componentes más importantes que conforman la silla de ruedas eléctricas ASCEND 06/2006 de la Marca Rehagirona S.L. y con esto se puede tener una mejor idea de su funcionamiento.

Ya que no se ha podido encontrar información referente más completa acerca de esta silla de ruedas, usando las fotografías encontradas en internet se tratará de usar el criterio adquirido con los años de estudio de la carrera de ingeniería mecánica, con la finalidad de tener una aproximación más cercana a la realidad del equipo mencionado.

Partes constitutivas

Sistema de desplazamiento en interiores y exteriores.- Para este equipo se ha optado con dos motores de 300 vatios DX Dynamic Control, uno acoplado a cada lado de la silla y que se conecta directamente con las ruedas motrices laterales (ruedas de 12 pulgadas) que están en la parte posterior de la silla de ruedas (para el efecto el eje del motorreductor está acoplado directamente a las ruedas por la posición que se muestra en la *figura 3.16*, en la parte frontal se puede ver dos ruedas seguidoras que permiten que la silla de ruedas tenga un menor radio de giro (esto permite que pueda girar fácilmente en espacios estrechos como por ejemplo corredores), además tiene dos baterías de 12 voltios y 70 Ah que le permiten una autonomía de aproximadamente 35 km.

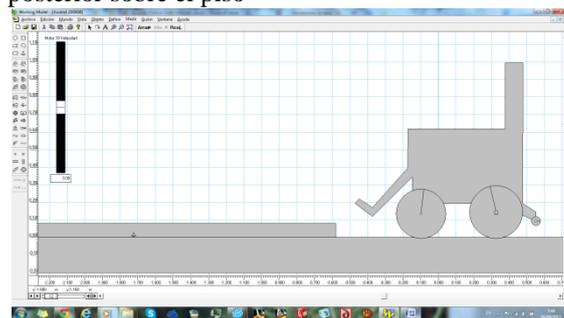
- Sistema de desplazamiento vertical.- En esta silla de ruedas se ha utilizado un mecanismo de actuador eléctrico tanto para su elevación como para la basculación del asiento, éste permite a la silla elevarse a diferentes posiciones con solo presionar un botón en el panel de control de la misma.
- Asiento Basculante.- El asiento basculante permite al operador tomar varias posiciones para su descanso mientras se encuentra en la silla de ruedas realizando algún trabajo o simplemente descansando sobre ella; además, gracias a su forma de asiento de escritorio esta silla permite confort y posicionamiento óptimo.
- Sistemas de control.- Para controlar la silla de ruedas dispone de un joystick que permite el movimiento en interiores y exteriores, además de un tablero digital para aumentar la velocidad de la silla, en el panel también se encuentran los botones de control de elevación de la silla además de luces de parada, marcha atrás y luces direccionales.

Funcionamiento

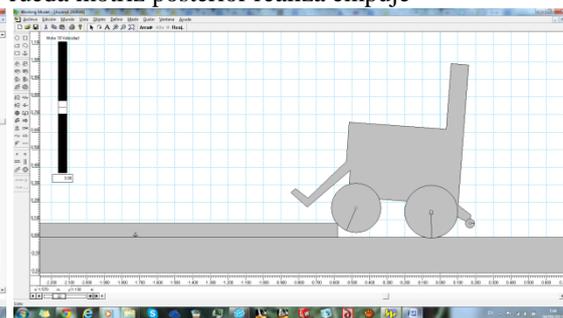
La silla de ruedas ASCEND presenta un modelo relativamente simple que permite una gran movilidad, su sistema de desplazamiento tanto en interiores como en exteriores se basa en sus dos ruedas motrices y dos seguidoras (diámetro 300 x 80 y 260 x 85 neumáticas respectivamente); la silla de ruedas mencionada permite evadir obstáculos que existan en su trayectoria siempre y cuando ésta no tenga que pasar por encima de ellos. Según un análisis rápido realizado en el software *Working Model (figura 3.17)*, utilizando las dimensiones de las ruedas de la silla de ruedas eléctrica ASCEND, dicha silla de ruedas, en teoría, podría sortear obstáculos sin evadirlos mientras dichos obstáculos no sobrepasen los 74 mm de altura desde el suelo (valor confirmado gracias al manual de usuario de esta silla).

Capítulo 3: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

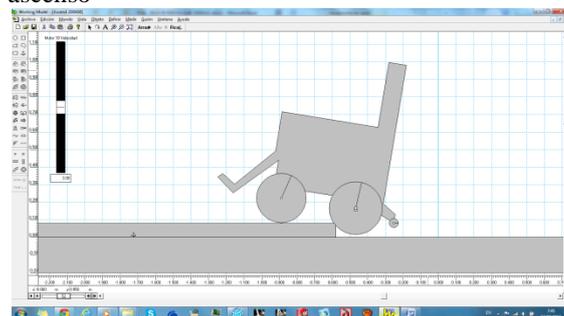
Fase 1: Rueda seguidora frontal y rueda motriz posterior sobre el piso



Fase 2: Rueda seguidora frontal inicia ascenso, rueda motriz posterior realiza empuje



Fase 3: Rueda seguidora frontal está sobre el obstáculo, Rueda motriz posterior empieza ascenso



Fase 4: Rueda seguidora frontal y rueda motriz posterior están sobre el obstáculo

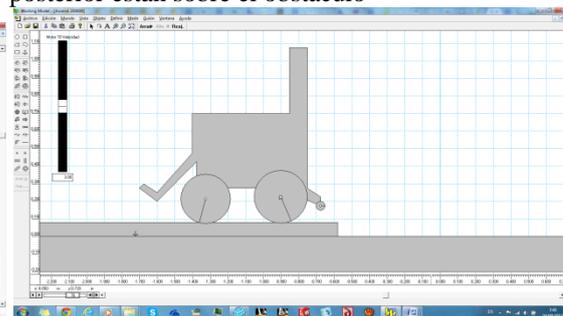


Figura 3.17: Ilustraciones de simulación básica de silla de ruedas ASCEND 06/2006 (Software Working Model)

Fuente: Manual de instrucciones (Silla de ruedas eléctrica Ascend 06/2006) (22/01/2013 11:00 AM)

Elaboración: El Autor

Como un dato importante que no apareció al principio del análisis, existen dos ruedas pequeñas en la parte posterior de la silla, las cuales evitan que la silla pierda equilibrio y evita que el conductor con la silla caiga de espaldas al momento de sortear un obstáculo.

Siguiendo con el funcionamiento de la silla de ruedas, el mecanismo de elevación vertical consta de un actuador eléctrico, el cual se desplaza verticalmente para elevar el asiento de la silla de ruedas; ya que no cuenta con el equipo para revisarlo y verificar su diagrama de funcionamiento, es opinión del autor que el diagrama de funcionamiento debe ser similar al mostrado en la *figura 3.18*.

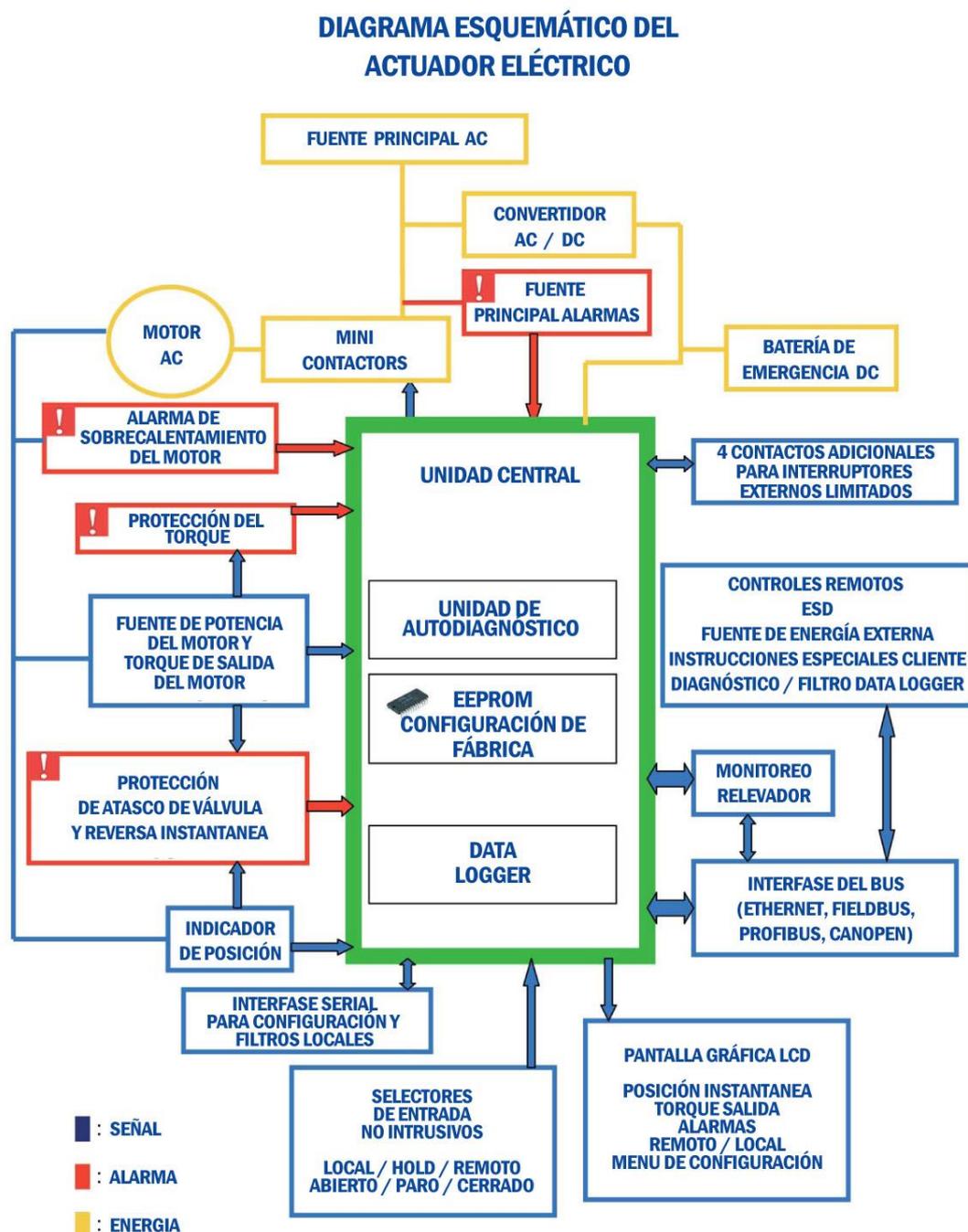


Figura 3.18: Diagrama esquemático del actuador eléctrico
Fuente: SIASA - VALVITALIA (04/05/2013 07:22 AM)

El diagrama de la *figura 3.18* muestra de manera esquemática cómo se conectaría un actuador eléctrico a un sistema de control que recibe la señal a través de un panel de control y se detiene en su posición de reposo o de completamente elevado usando ya sea sensores o de mecanismos fin carrera como pulsantes normalmente cerrados.

Ergonomía

El asiento de la silla de ruedas ASCEND 06/2006 es ergonómico ya que está diseñado de manera que el operario pueda realizar cualquier trabajo sin perder el confort que le ofrece esta silla gracias a su espaldar regulable, apoya brazos y apoya pies; un inconveniente que salta a la vista en su diseño es el recubrimiento de cuero del asiento que no permite respirar a la piel con facilidad (*imagen 3.19*).



Figura 3.19: Silla de ruedas eléctrica (Para interior/ exterior) ASCEND

Fuente: Manual de instrucciones (Silla de ruedas eléctrica Ascend 06/2006) (22/01/2013 11:00 AM)

Costos

Esta silla ya no se encuentra disponible para comprarla ya que su modelo fue discontinuado, sin embargo su diseño proporciona una idea más clara para realizar el diseño de la silla de ruedas.

3.6.2. MODELO B

Descripción

La silla de ruedas Pronto Air Personal Transporter diseñada por la compañía INVACARE es una silla de ruedas que busca dar confort al operario, está diseñada con dos ruedas motrices de 12 pulgadas y dos ruedas seguidoras en la parte frontal (igual a la silla de ruedas eléctrica ASCEND 2006/06) que permiten a este equipo alcanzar una velocidad de 4.5 millas por hora y una distancia aproximada de funcionamiento de 9 millas; además, cuenta con un elegante diseño muy ergonómico, como se puede observar en la forma de su asiento que, según la compañía fabricante, los asientos de INVACARE se componen de espuma para aliviar la presión y una malla transpirable que se ajusta a las curvas del cuerpo y se apoya en los puntos de presión primarios. El asiento además de ser ajustable cuenta con: ángulo del respaldo, reposacabezas, y anchura ajustable, ángulo, altura y apoya brazos, profundidad para garantizar un viaje cómodo. Esta silla de ruedas tiene como otra ventaja su peso reducido y su capacidad de desmontarse en 3 partes para su transportación (el subconjunto más pesado pesa 75 libras, como se muestra en la figura 3.20 y figura 3.21).



Figura 3.20: Ilustraciones de la silla de ruedas eléctrica INVACARE

Fuente: INVACARE WORLDWIDE, Invacare Pronto Air Personal Transporter (17/02/2013 20:00 PM)

En la *tabla 3.3* se muestran las especificaciones de la silla de ruedas Pronto Air Personal Transporter de INVACARE.

Tabla 3.3: Ficha técnica de especificaciones de la silla de ruedas Pronto Air personal Transporter

| | | | |
|--|--|---------------------------------------|---------------------------------|
| Marca: | Invacare | Modelo: | Pronto Air Personal Transporter |
| Ancho de la base: | 23.5 "sin palanca de mando | Base Largo: | 37,8 "con pala |
| Altura total: | 42 "-46" Base de Asiento de 15 "-19" Base sólo | Asiento a la altura del suelo: | 21 "-25" en incrementos de 1 " |
| Asiento Para reposapiés Altura: | 18 "-22" w / 3 "de la tierra de 17 "-21" w / reposapiés 4 "del suelo | Ancho del asiento: | 20 " |
| Profundidad del asiento: | 18 "-20" | Altura del respaldo: | 7 "Ajuste de la altura |
| Angle Back: | 24 ° de ángulo de inclinación | Estilo del | Ajuste |

Capítulo 3: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

| | | | |
|---|--|---------------------------|--|
| | (ajuste continuo) | brazo: | ancho: 3 " Altura: 3 " Ángulo 38 ° Profundidad: 2,5 " |
| Rueda y Caster Tamaño: | Uretano 6x2 con precisión rodamientos sellados 12x2.5 uretano que no deja marcas | Batería: | 17 AH x2 |
| Reposapiés: | Altura: 3 ", 4" del suelo Profundidad: 0,5 ", 1", 1,5 "de chasis | Peso del producto: | £ 75 base sin baterías Asiento lb 55 lb 30 baterías |
| Producto Capacidad de peso: | Hasta £ 250 | | |
| Fuente: INVACARE WORLDWIDE, Invacare Pronto Air Personal Transporter (17/02/2013 20:00 PM) | | | |

Partes constitutivas

- Sistema de desplazamiento en interiores, para este equipo no se indica el tipo de motores que utiliza; sin embargo, usando como referencia la *figura 3.20* y basado en información de internet, se puede presumir que el mecanismo utiliza un motor de corriente continua de magneto como el de la *figura 3.22*, uno acoplado a cada lado de la silla y que se conecta directamente

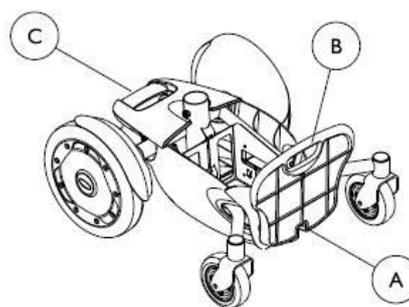


Figura 3.21: Invacare Pronto Air Personal Transporter

Fuente: INVACARE WORLDWIDE, Invacare Pronto Air Personal Transporter (17/02/2013 20:00 PM)

con las ruedas motrices laterales (ruedas de 12x2.5 pulgadas) que están en la parte posterior de la silla de ruedas, en la parte frontal se tienen dos ruedas seguidoras (6x2 pulgadas) que permiten que la silla de ruedas tenga un bajo radio de giro (esto permite que pueda girar fácilmente en espacios estrechos como por ejemplo corredores), además tiene dos baterías de 12 voltios y 17 Ah y le permite una velocidad máxima de 4.5 mph.



Figura 3.22: Rueda con motor de imán permanente (DC) para sillas de ruedas y equipos móviles

Fuente: Alibaba.com, Electric wheelchair motor kit (04/05/2013 6:25 AM)

- Asiento.- El asiento permite al operador descansar su cuerpo

suavemente mientras se encuentra en la silla de ruedas realizando algún trabajo o simplemente descansando sobre ella; además, gracias a su forma de asiento de escritorio esta silla permite confort y posicionamiento óptimo.

- **Sistemas de control.**- Para controlar la silla de ruedas se dispone de un joystick que permite el movimiento de la silla en todas las direcciones, ya sea de adelante hacia atrás o de izquierda a derecha.

Funcionamiento

La silla de ruedas INVACARE presenta un modelo estilizado que, en comparación con las sillas de ruedas eléctricas existentes en el mercado, es menos voluminoso y más ligero pero en sí, el principio de funcionamiento es el mismo, las dos ruedas motrices de esta silla de ruedas al girar en el mismo sentido permiten que la silla se mueva ya sea hacia adelante o hacia atrás, al girar las ruedas motrices en sentido contrario, la silla puede girar fácilmente (para controlar el movimiento de la silla de ruedas eléctrica se utiliza un joystick estándar).

Ergonomía

"La silla de ruedas Pronto Air Personal Transporter está diseñada para cumplir con el usuario de la mejor manera posible, y en ese sentido, esta silla de ruedas ofrece una serie de características de ajustabilidad, así como las características que permiten que la silla sea fácil y completamente transportable.

El apoyo para la cabeza estándar viene con un tornillo de fijación que permite el ajuste de altura a medida. Bajando su respaldo 21 pulgadas, el Pronto Air cuenta con ganchos que pueden acomodar una bolsa estándar, que puede llevar un cargador y accesorios, y hay puntos de montaje de los accesorios y para permitir personalizarla.

La parte posterior abatible puede ser levantada y doblada hacia abajo, y volver de nuevo a su posición original en su lugar sin necesidad de herramientas. Un botón de ajuste permite un ángulo de inclinación de hasta 25 grados.

Otra característica de ajuste para el Pronto Air son sus reposabrazos. Los brazos se pueden ajustar en altura, anchura, profundidad y hasta qué punto el ángulo de los brazos hacia el interior y hacia el exterior, así como arriba y abajo y en términos de ergonomía. Algunos de estos ajustes no requieren herramientas, mientras que otros requieren una herramienta para ajustar." ¹

Esta silla incluye comodidad en un diseño reducido, lo que le da al operario una gran facilidad de manejo en un modelo estilizado que se muestra cómodo y fácil de usar.

¹ HME BUSINESS <http://hme-business.com/articles/2013/01/01/pronto-air-personal-transporter.aspx> (10/09/2013 20:30 PM)

Capítulo 3: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

Costos

Para poder comprar esta silla de ruedas se puede utilizar servicios de compra de productos por internet usando como referencia las siguientes páginas.

| Tabla 3.4: Costos Pronto Air Personal Transporter de INVACARE | | | |
|--|---|---------------------------|--|
| Nombre de la página: | URL: | Fecha de revisión: | Costo (Dólares estadounidenses) |
| 1-800 WHEELCHAIR.COM | http://www.1800wheelchair.com/product/6017/invacare-pronto-air-pt-personal-transporter | 10/09/2013 (20:39 PM) | \$2995,00 |
| SpinLife™ Experts in motion | http://www.spinlife.com/Invacare-Pronto-Air-Personal-Transporter-Travel/-Portable-Power-Wheelchair/spec.cfm?productID=98941#.Ui-zJMZWzIU | 10/09/2013 (20:42 PM) | \$2995,00 |
| Sherman Oaks - Medical Supplies | https://www.shermanoaksmedical.com/Invacare_Pronto_Air_Personal_Transporter_p/invacare_pronto_air_transp ort.htm | 10/09/2013 (20:50 PM) | \$2994,00 |
| U-GoMobility | http://www.ugomobility.com/personal-transporters/invacare-pronto-pt-air.html | 10/09/2013 (20:55 PM) | \$2999,00 |
| Para enviar a Ecuador hay que incluir los impuestos de envío de productos a Ecuador desde Estados Unidos | | | |
| Fuente: Sitios en internet | | | |
| Elaboración: El autor | | | |

La tabla anterior permite conocer de qué manera se puede adquirir este dispositivo para usarlo en la Ciudad de Cuenca.

3.6.3. MODELO C

Descripción

La silla de ruedas eléctrica Pride Jet 7 que se ve en las *figuras 3.23 y 3.24* tiene un marco único, que se desmonta en 7 piezas para facilitar su transporte (*imagen 3.25*) además es estable, rápida en comparación con la mayoría de sillas de ruedas eléctricas (4 mph), como otro dato importante se puede indicar que el radio de giro de 17 pulgadas (43,18 cm) de la silla de ruedas es muy ajustado en comparación con su tamaño que le permite al operario dar la vuelta en pasillos reducidos.



Figura 3.23: Silla de ruedas eléctrica Pride Jazzy Jet 7



Figura 3.24: Used Pride Mobility Jazzy Jet 7 Power Wheelchair



Figura 3.25: Despiece silla de ruedas Jazzy Jet 7

Fuente: American Wheelchairs, *Pride Jazzy Jet 7 Take-Apart Electric Wheelchair* (04/05/2013 6:55 PM)

En la *tabla 3.5* se muestran las especificaciones de la silla de ruedas Pride Jazzy Jet 7

Tabla 3.5: Ficha técnica de especificaciones de la silla de ruedas Pride Jazzy Jet 7

| | | | |
|---|--|---|--------------------------------------|
| Marca: | PRIDE MOBILITY PRODUCTS CORP. | Modelo: | JAZZY JET 7 |
| Ruedas de dirección: | Macizas, 10 in. (neumáticas en opción) | Ruedas orientables: | Macizas, 8 in. |
| Ruedas antivuelco: | Macizas, 6 in. y borde frontal | Velocidad máx.: | 3 mph |
| Distancia al suelo: | 1.75 in. | Longitud plataforma superior: | 33 in. |
| Longitud plataforma inferior: | 39.5 in. | Anchura total: | 23 in. |
| Diámetro de giro: | 16.5 in. | Asiento: | Respaldo medio |
| Respaldo alto con reposacabezas (semireclinado) | | Automotor: | Dos motores, tracción ruedas |
| Batería: | 12 voltios, U-1 (2) | Cargador de batería: | 4-amp incorporados (o como extras) |
| Autonomía: | De hasta 25 millas | Componentes eléctricos: | 50 amp P&G Pilot / 50 amp Dynamic DL |
| Capacidad de carga: | 300 lbs. | Peso del asiento: | 32 lbs. |
| Peso del apoyo piés: | 6.5 lbs. | Peso de la batería y caja frontales: | 25.5 lbs. |
| Peso de la batería y caja | 25.5 lbs. | Peso del contenedor de | 12.5 lbs. |

Capítulo 3: INVESTIGACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

| | | | |
|--|----------|---------------------------------------|-----------|
| traseros: | | batería: | |
| Peso de la estructura frontal: | 2.5 lbs. | Peso de la estructura derecha: | 33 lbs. |
| Peso de la estructura izquierda: | 33 lbs. | Peso total: | 170. lbs. |
| Garantía: Garantía de 5 años limitada a la estructura | | | |
| 1 año para los componentes eléctricos | | | |
| 1 año para los elementos de conducción | | | |
| Fuente: JET 7 OWNER'S MANUAL (http://www.spinlife.com/files/pride_jet_7_om.pdf 09/05/2013 23:00 PM) | | | |

Funcionamiento

Esta silla de ruedas fabricada por la compañía PRIDE MOBILITY PRODUCTS CORP consiste en un asiento muy parecido al de un automóvil montado en un chasis ligero con dos ruedas motrices sujetadas a cada lado de la silla de ruedas y 4 ruedas seguidoras para darle estabilidad al equipo, además el equipo cuenta con dos baterías de 12 Voltios que le permiten una independencia de aproximadamente 27 millas y un joystick que permite controlar la dirección y movimiento de la silla de ruedas.

Ergonomía

Ya que el modelo de la silla de ruedas JAZZY JET 7 se asemeja en gran medida al asiento de un vehículo normal, esto permite que tres cuartas partes del cuerpo del operario estén en contacto con el asiento, lo que juega un rol fundamental entre confort del operario y control del equipo; los apoyapiés en cambio permiten que los pies no estén sueltos y rocen el piso mientras el equipo está funcionando, en cambio éstos descansan suavemente mientras el operario utiliza esta silla de ruedas.

Costos

Para poder comprar esta silla de ruedas se puede utilizar servicios de compra de productos por internet usando como referencia las siguientes páginas.

| Tabla 3.6: Costos PRIDE JAZZY JET 7 | | | |
|---|---|---------------------------|--|
| Nombre de la página: | URL: | Fecha de revisión: | Costo (Dólares estadounidenses) |
| ABSOLUTE MEDICAL EQUIPMENT | http://www.absolutemed.com/Medical-Equipment/Power-Wheelchairs/PRIDE-JET-7-POWER-ELECTRIC-WHEELCHAIR-JAZZY | 10/09/2013 (21:25 PM) | \$1899,00 |
| MOBILITY DISCOUNT | http://www.mobilitydiscount.com/web/powerchairs/JAZZY.htm | 10/09/2013 (21:27 PM) | \$3395,00 |
| Pride Mobility Productos Corp. | http://www.scooterville.net/Jazzy-Powerchair.html | 10/09/2013 (21:29 PM) | \$3863,00 |
| Nota: Para enviar a Ecuador hay que incluir los impuestos de envío de productos a Ecuador desde Estados Unidos | | | |
| Fuente: Sitios en internet | | | |
| Elaboración: El autor | | | |

La tabla anterior permite conocer de qué manera se puede adquirir este dispositivo para usarlo en la Ciudad de Cuenca.

3.7. Conclusiones del capítulo

- Se debe tomar en cuenta que el tipo de ruedas que se utilice para el prototipo que se desea plantear en la presente tesis no puede ser liso, ya que podría resbalar como se indica en el prototipo de silla de ruedas HELISO-III.
- El prototipo de silla de ruedas sorteando obstáculos se mueve lentamente cuando sorteando algún objeto que está en su camino.
- La silla de ruedas P4 Country parece la mejor opción para partir en el diseño del prototipo de silla de ruedas de la presente tesis ya que consta de un sistema de cuatro ruedas motrices.
- La silla de ruedas TankChair podría ser una segunda opción para partir como referencia al diseñar el prototipo de silla de ruedas, sin embargo, el mecanismo de oruga, a criterio del autor, presentaría muchos problemas de mantenimiento.
- Existen varios modelos de sillas de ruedas para subir veredas y escaleras, sin embargo la mayoría de estos diseños han quedado solamente como prototipos y muy pocos se han construido para su venta.
- La mayoría de sillas de ruedas eléctricas existentes en el mercado son costosas, además no se dispone de todos los modelos que se adapten a las necesidades de cualquier usuario con capacidades especiales que requiera de una silla de ruedas; también en la ciudad de Cuenca no existen o no se han identificado sillas de ruedas que permitan subir veredas.

3.8. Bibliografía del capítulo

- Copyright (c) 2013 Fukushima Lab, Dept. of Mechanical and Aerospace Engineering, Tokyo Institute of Technology. All Rights Reserved.
- Four Power Four, *P4 Country: Always on track*, Bélgica.
- INGRU, *Sube escaleras para sillas YACK 912*.
- Manual de instrucciones (Silla de ruedas eléctrica Ascend 06/2006).
- TANKCHAIR, *TankChair*, Copyright 2013 Tc mobility. All rights reserved.

3.9. Sitios Web del capítulo

- Alibaba.com, *Electric wheelchair motor kit*
http://smartautomation.en.alibaba.com/product/425400229-214281731/Electric_wheelchair_motor_kit.html
- American Wheelchairs, *Pride Jazzy Jet 7 Take-Apart Electric Wheelchair*
<http://www.americanwheelchairs.com/specjet7.shtml>

- INVACARE WORLDWIDE, Invacare Pronto Air Personal Transporter
http://www.invacare.com/cgi-bin/imhqprd/inv_catalog/prod_cat_detail.jsp?s=0&prodID=AIRPTMBDY20&catalogOID=-536891673
- ROBOTIC WHEELCHAIR FROM CHIBA TECH TURNS WHEELS INTO LEGS AND CLIMBS OVER STEPS
<http://www.houseofjapan.com/robots/robotic-wheelchair-from-chiba-tech-turns-wheels-into-legs-and-climbs-over-steps>
- SIASA-VALVITALIA
<http://www.mexicosiasa.com/actuadores-para-valvulas.php>

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

4.1. Introducción

Las sillas de ruedas a pesar de brindar una gran ayuda a personas con capacidades especiales, en la mayoría de los casos, no pueden solventar todas las necesidades del usuario, uno de los principales problemas surge cuando el usuario necesita sujetar un objeto que se encuentra a una altura considerablemente mayor que el largo de sus brazos (*figura 4.1*).

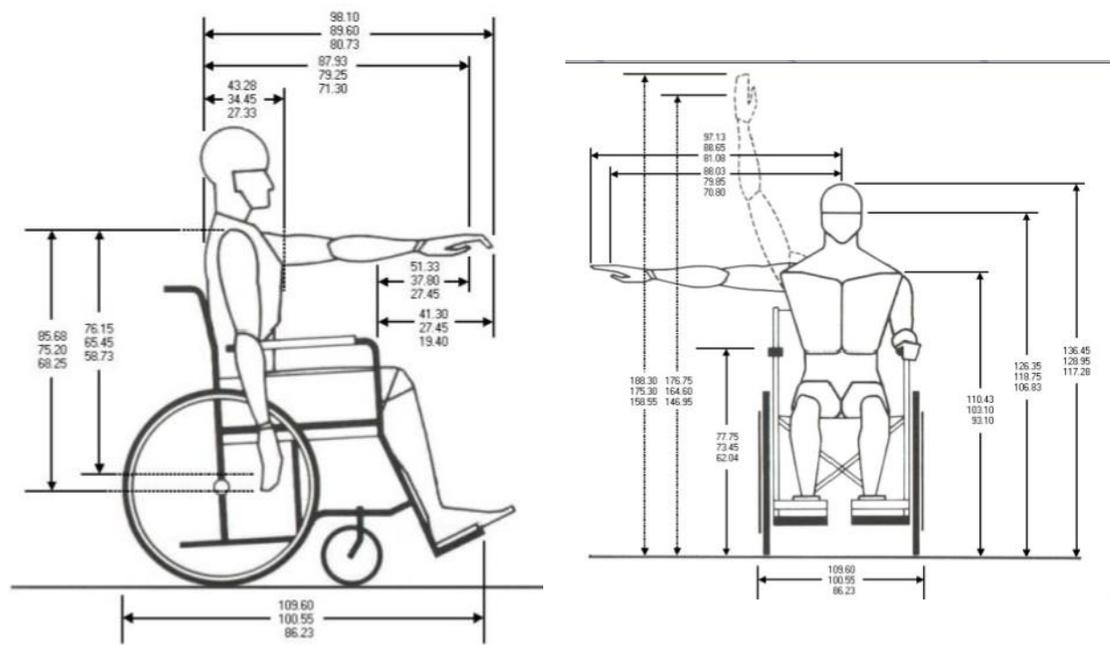
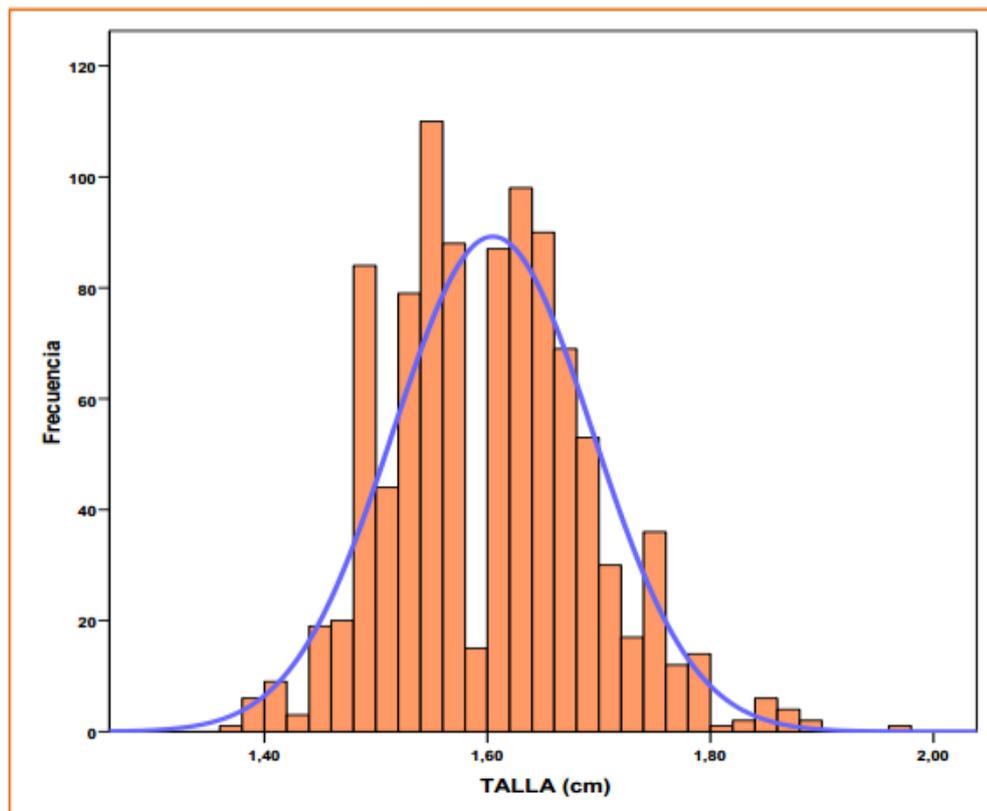


Figura 4.1: Sillas de ruedas (dimensiones)

Fuente: Teo en Pro de la autonomía, *Silla de ruedas eléctricas* (27/11/2013 16:00 AM)

Por ello surge la necesidad de diseñar una silla de ruedas que permita al usuario sujetar objetos que se encuentren a la altura de una persona de pie (175 cm), sin embargo la investigación realizada por estudiantes de la UNIVERSIDAD DE CUENCA en su tesis de graduación (CALCIO SÉRICO EN PERSONAS DE 23 A 42 AÑOS DE LA CIUDAD DE CUENCA "2009-2010") muestra en su curva de normalidad que de una muestra de 1000 personas se obtuvo un valor promedio de 160 cm de altura de una persona de pie (*cuadro 4.1*); sin embargo, una persona de esa altura tiene dificultades para obtener objetos en estantes o gavetas que se encuentran a una altura considerable del piso.

Cuadro 4.1: Curva de normalidad (estatura promedio)



Valor promedio: 160 cm.
Valor mínimo: 136 cm.
Valor máximo: 197 cm.

Fuente: TESIS CALCIO SÉRICO EN PERSONAS DE 23 A 42 AÑOS DE LA CIUDAD DE CUENCA (Página 40)

Aunque existen varios modelos de mecanismos y uno de ellos ya fue descrito en el capítulo 1 de esta tesis (*MODELO A*), sin embargo, se ha decidido trabajar un modelo que hipotéticamente será más económico porque el equipo eléctrico que utiliza es fácil de conseguir en el mercado actual.

4.2. Determinación de los parámetros de diseño

Los parámetros de diseño que se tomarán en cuenta para el sistema se muestran a continuación en la *tabla 4.1*, además se cuenta con dos cilindros que sirven como guía del gato mecánico pero tienen holgura para que su fricción sea despreciada en los cálculos.

Tabla 4.1: Tabla de parámetros de diseño

| | | | | |
|-----------------------------|--|----------------------------|-----|------------------------|
| Longitud del asiento | Ver <i>anexo 25</i> | Altura del asiento | del | 557,2 mm (no variable) |
| Gato eléctrico | 1 motorreductor de 12 V/10 A, peso máximo de 2000 kg, rango de altura de 110 a 340 | Altura del respaldo | del | 440 mm (no variable) |

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

| | | | |
|------------------------------------|---|--|--|
| | mm, dimensiones 440 x 235 x 120 mm, potencia de salida de 120W, peso del equipo 5,5 kg. | | |
| Cargador de baterías | Exendis | Temperatura de operación de los sistemas electrónicos | entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (supuesto) |
| Peso nominal (carga máxima) | 93 kg (máxima carga con persona + silla + otros) | Carrera necesaria: | 250 mm |
| Velocidad máxima | No conocida | | |
| Elaboración: El autor | | | |

4.3. Dimensionamiento del sistema

Con el uso del software *Autodesk Inventor Professional 2013* se realizó el diseño preliminar del sistema para elevar a la persona, en la figura 4.2 se muestra la altura del sistema en reposo y también en su máxima altura tomando un cuenta el modelo de un gato mecánico (equipo usado para elevar un vehículo al momento de cambiar un neumático).

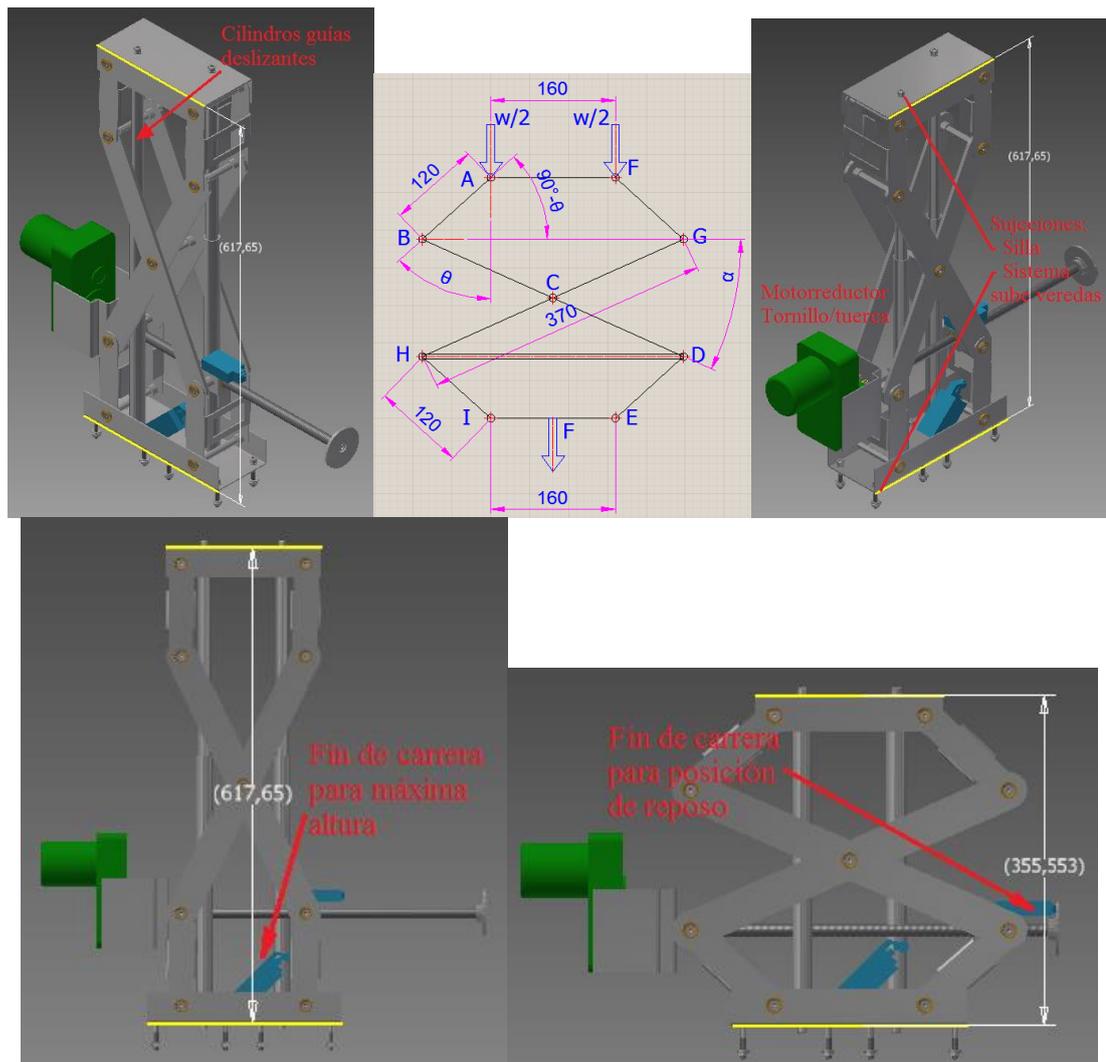


Figura 4.2: Diseño del sistema para subir veredas de la silla de ruedas eléctrica

Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013/ Autodesk Autocad Mechanical 2013

Elaboración: El Autor

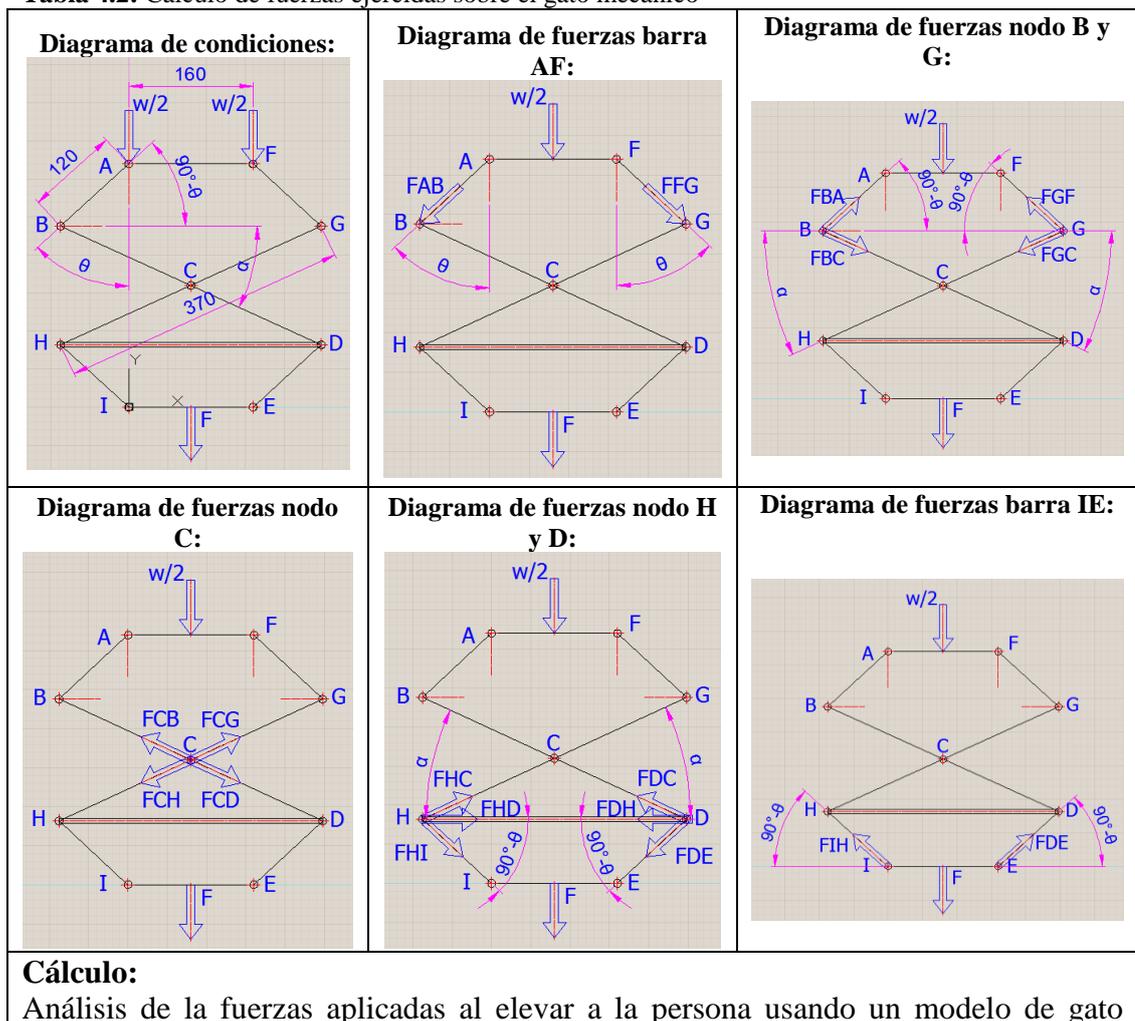
La altura del sistema de elevación vertical en reposo es de 355,533 mm y la misma en elevación máxima es de 617,65 mm, por tanto su diferencia de altura es 262,097 mm, ahora, gracias al software *Autodesk Inventor Professional 2013* se puede usar el modelado para conocer la carrera que debe realizar la tuerca cuando el tornillo gira en su propio eje, la distancia recorrida desde su posición de reposo hasta su posición de altura máxima es entonces 178 mm, esta distancia se necesitará en los cálculos que se realizarán a continuación.

4.4. Cálculo del sistema

4.4.1. Análisis de fuerzas que actúan en el mecanismo de barras

Para calcular el sistema primero se realizó el diagrama de cuerpo libre (*tabla 4.2*) usando el software *Autodesk Autocad Mechanical 2013* y para realizar las ecuaciones se utilizó el software *Derive V6*.

Tabla 4.2: Cálculo de fuerzas ejercidas sobre el gato mecánico



mecánico (ya que la figura es simétrica se puede calcular desde su base):

$$F = w = m \cdot g = 93 \text{ [kg]} \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] = 912,33 \text{ [N]}$$

Nodo barra IE:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ -FIH \cdot \text{sen}(\theta) + FED \cdot \text{sen}(\theta) &= 0 \\ FIH &= FED \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ FED \cdot \text{cos}(\theta) + FIH \cdot \text{cos}(\theta) - w &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FIH \cdot \text{cos}(\theta) + FIH \cdot \text{cos}(\theta) - w &= 0 \\ FED \cdot \text{cos}(\theta) + FED \cdot \text{cos}(\theta) - w &= 0 \end{aligned}$$

$$FIH = FED = \frac{w}{2 \cdot \text{COS}(\theta)}$$

$$FIH = FED = \frac{912,33}{2 \cdot \text{COS}(46,99^\circ)}$$

$$FIH = FED = 668,74 \text{ [N]}$$

Nodo H

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ FHC \cdot \text{cos}(\alpha) + FHD + FHI \cdot \text{cos}(90^\circ - \theta) &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \\ FHC \cdot \text{sen}(\alpha) - FHI \cdot \text{sen}(90^\circ - \theta) &= 0 \end{aligned}$$

$$FHC \cdot \text{sen}(\alpha) - \frac{w}{2 \cdot \text{COS}(\theta)} \cdot \text{sen}(90^\circ - \theta) = 0$$

$$FHC = \frac{w}{2 \cdot \text{sen}(\alpha)}$$

$$FHC = \frac{912,33}{2 \cdot \text{sen}(24,94^\circ)}$$

$$FHC = 1081,8083 \text{ [N]}$$

$$\frac{w}{2 \cdot \text{sen}(\alpha)} \cdot \text{cos}(\alpha) + FHD + \frac{w}{2 \cdot \text{cos}(\theta)} \cdot \text{cos}(90^\circ - \theta) = 0$$

$$FHD = -w \cdot \frac{\text{cot}(\alpha)}{2} - w \cdot \frac{\text{tan}(\theta)}{2}$$

$$FHD = -912,33 \text{ [N]} \cdot \frac{\text{cot}(24,94^\circ)}{2} - 912,33 \text{ [N]} \cdot \frac{\text{TAN}(46,99^\circ)}{2}$$

$$FHD = -1469,935 [N]$$

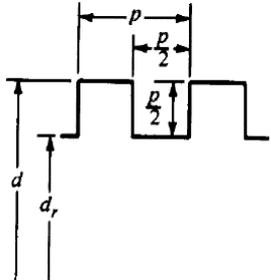
Los valores de los ángulos de referencia que se tomaron en cuenta fueron encontrados a través del programa *Autodesk Autocad Mechanical 2013*.

Elaboración: El autor

4.4.2. Análisis del tornillo de transmisión de movimiento

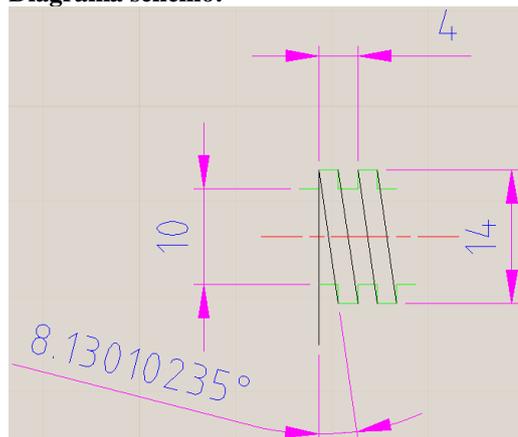
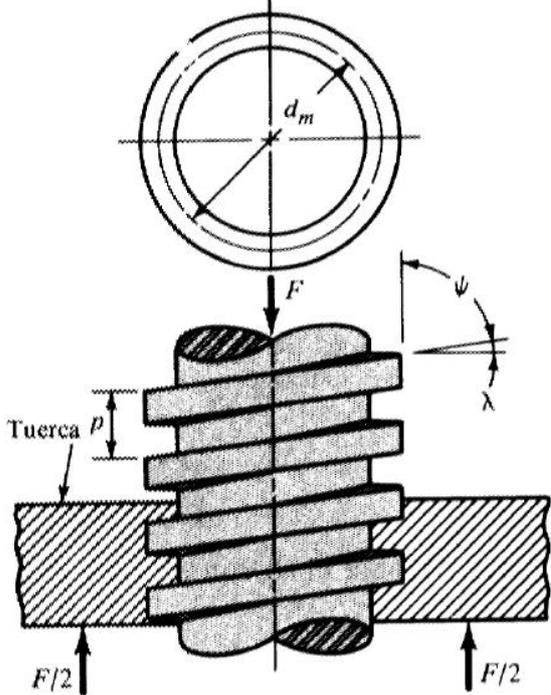
Para el análisis del tornillo de transmisión de movimiento se debe tomar en cuenta los parámetros que se tomaron como base del diseño, para este diseño se tomó una rosca Tornillo/Tuerca (interior/exterior) tipo cuadrada y cuyos parámetros se indican de mejor manera en la *tabla 4.3*.

Tabla 4.3: Dimensiones y datos tornillo/tuerca de rosca cuadrada

| | |
|---|---|
| <p>Tornillo de rosca cuadrada</p> <p>Especificaciones:</p> <p>P = paso = 4 mm d = Diámetro mayor = 14 mm dr = Diámetro menor = 10 mm dm = Diámetro medio = 12 mm</p> |  |
| <p>Fuente: Tecnum - Campus tecnológico - Universidad de Navarra - Tornillos y Uniones Atornilladas (pag. 121)</p> | |
| <p>Elaboración: El Autor</p> | |

Con la información de diseño de la *tabla 4.3*, se procedió a realizar el análisis de un tornillo para transformar el movimiento angular en lineal (*tabla 4.4*) transmitiendo una fuerza (ej. prensas, gatos, husillos de avance de tornos, etc.)

Tabla 4.4: Análisis tornillo/tuerca de rosca cuadrada

| | |
|--|--|
| <p>Diagrama sencillo:</p>  |  |
| <p>Datos: Tornillo de rosca cuadrada, especificaciones: Material Tornillo = Acero de transmisión Material Tuerca = Bronce CuSn12 DIN 170 (Para corona dentada) Coeficiente de fricción Bronce/Acero = 0,36 P = paso = 4 mm d = Diámetro mayor = 14 mm</p> | |

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

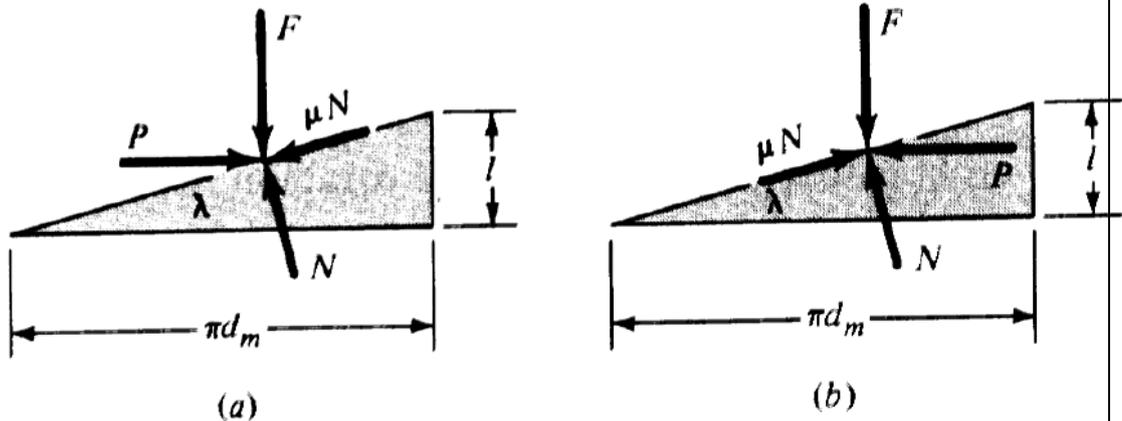
dr = Diámetro menor = 10 mm
 dm = Diámetro medio = 12 mm
 $\lambda = \text{Ángulo de paso} = 8,1301^\circ$
 F = 1469,935 N

Cálculo:

Se realiza el análisis en dos casos:

Caso (a) para subir la carga,

Caso (b) para bajar la carga,



Planteando las condiciones de equilibrio

$$\sum F_x = 0 \text{ y } \sum F_y = 0$$

Se tiene,

Caso (a)

$$P = \frac{F \cdot (\text{sen}(\lambda) + \mu \cdot \text{cos}(\lambda))}{\text{cos}(\lambda) - \mu \cdot \text{sen}(\lambda)}$$

Caso (b)

$$P = \frac{F \cdot (\mu \cdot \text{cos}(\lambda) - \text{sen}(\lambda))}{\text{cos}(\lambda) + \mu \cdot \text{sen}(\lambda)}$$

Sustituyendo en las dos ecuaciones anteriores,

$$\tan(\lambda) = \frac{l}{\pi \cdot dm}$$

$$T = P \cdot \frac{dm}{2}$$

Despejando l de la ecuación se obtiene

$$l = \tan(\lambda) \cdot \pi \cdot dm$$

Se hallan las expresiones que ligan la carga, F con el torque T según se trate de subir o bajar la carga,

Caso (a) - Subir la carga

$$T = F \cdot \frac{dm}{2} \left(\frac{l + \pi \cdot \mu \cdot dm}{\pi \cdot dm - \mu \cdot l} \right)$$

Caso (b) - Bajar la carga

$$T = F \cdot \frac{dm}{2} \left(\frac{\pi \cdot \mu \cdot dm - l}{\pi \cdot dm + \mu \cdot l} \right)$$

Entonces resolviendo ambos casos se tiene,

$$l = \tan(8,1301^\circ) \cdot \pi \cdot 12[\text{mm}]$$

$$l = 5,385587406[\text{mm}]$$

Caso (a) - Subir la carga

$$T = 1469,935[\text{N}] \cdot \frac{12[\text{mm}]}{2} \left(\frac{5,385587406[\text{mm}] + \pi \cdot 0,36 \cdot 12[\text{mm}]}{\pi \cdot 12[\text{mm}] - 0,36 \cdot 5,385587406[\text{mm}]} \right)$$

$$T = 4675,455903[\text{N} \cdot \text{mm}] = 4,675 [\text{Nm}]$$

Caso (b) - Bajar la carga

$$T = 1469,935[\text{N}] \cdot \frac{12[\text{mm}]}{2} \left(\frac{\pi \cdot 0,36 \cdot 12[\text{mm}] - 5,385587406[\text{mm}]}{\pi \cdot 12[\text{mm}] + 0,36 \cdot 5,385587406[\text{mm}]} \right)$$

$$T = 1821,441195[\text{N} \cdot \text{mm}] = 1,821 [\text{Nm}]$$

En el caso (b) se calcula el momento necesario para vencer parte de la fricción para que la carga baje. Se pueden distinguir dos casos diferentes:

Si $\pi \cdot \mu \cdot dm > l$, $\mu > \tan(\lambda)$ y $T > 0$ entonces el tornillo es auto-asegurante

Si $\pi \cdot \mu \cdot dm < l$, $\mu < \tan(\lambda)$ y $T < 0$ entonces la carga baja sola

Calculando,

Si $13,57[\text{mm}] > 5,38[\text{mm}]$, $0,36 > 0,14$ y $1821,44 > 0$ entonces el tornillo es auto-asegurante

Si $13,57[\text{mm}] < 5,38[\text{mm}]$, $0,36 < 0,14$ y $1821,44 < 0$ entonces la carga baja sola

Entonces el tornillo que se ha calculado es *Auto-asegurante*

Fuente: Tecnum - Campus tecnológico - Universidad de Navarra - Tornillos y Uniones Atornilladas (pag. 121-123)

Elaboración: El Autor

Gracias a los datos proporcionados por los cálculos de la tabla 4.4 se pudo obtener el torque necesario para alzar la silla, con estos datos se puede obtener la eficiencia del tornillo de rosca cuadrada que viene denotado por,

$$e = \frac{T_o}{T}$$

donde T_o es el torque que habría que realizar si el rozamiento fuera nulo, teniendo,

$$T = \frac{F \cdot l}{2 \cdot \pi}$$

resolviendo se tiene,

$$T = \frac{1469,935[N] \cdot 5,385587406[mm]}{2 \cdot \pi}$$

$$T = 1259,944285[N \cdot mm] = 1,259[Nm]$$

y la eficiencia entonces sería de,

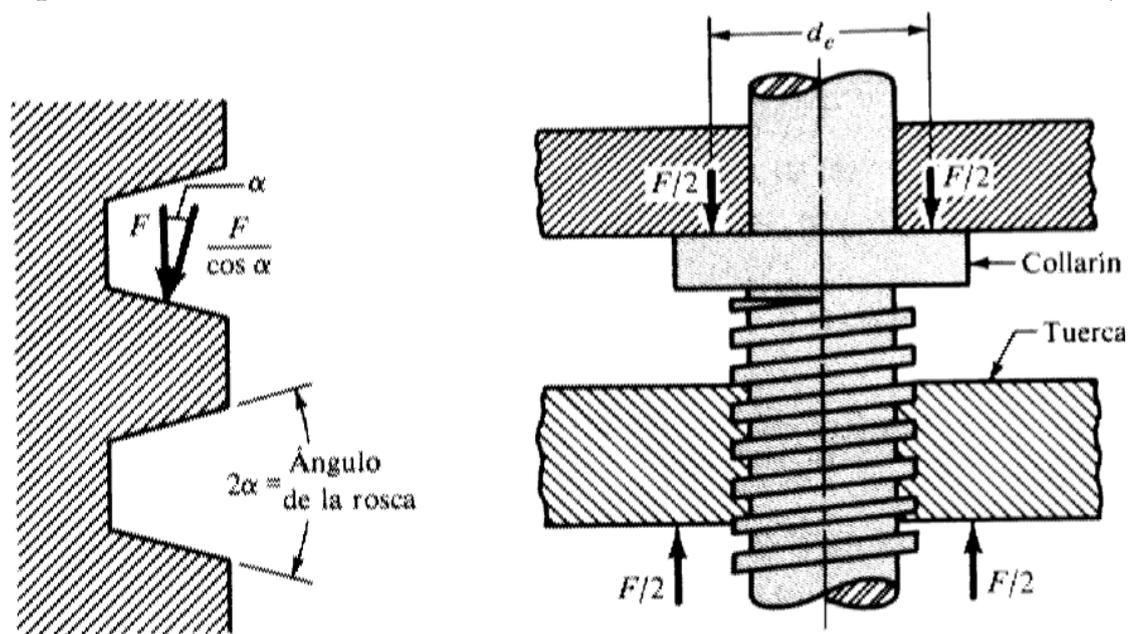
$$e = \frac{1,259[Nm]}{4,675 [Nm]}$$

$$e = 0.2693048128 = 26,93\%$$

La eficiencia obtenida fue baja por lo que se decidió hacer otro análisis usando tornillo/rosca ACME y se puede apreciar de mejor manera su cálculo en la *tabla 4.5*.

Tabla 4.5: Análisis tornillo/tuerca de rosca ACME

Diagrama sencillo:



Datos:

Tornillo de rosca cuadrada, especificaciones:
 Material Tornillo = Acero de transmisión
 Material Tuerca = Bronce CuSn12 DIN 170 (Para corona dentada)
 Coeficiente de fricción Bronce/Acero = 0,36
 P = paso = 4 mm
 d = Diámetro mayor = 14 mm
 dr = Diámetro menor = 10 mm
 dm = Diámetro medio = 12 mm
 λ = Ángulo de paso = $8,1301^\circ$
 2α = Ángulo de rosca = 60°
 F = 1469,935 N

Cálculo:

El par necesario para subir la carga puede aproximarse por la siguiente expresión en la que el ángulo α queda definido por,

$$T = F \cdot \frac{dm}{2} \left(\frac{l + \pi \cdot \mu \cdot dm \cdot \sec(\alpha)}{\pi \cdot dm - \mu \cdot l \cdot \sec(\alpha)} \right)$$

Entonces resolviendo con los datos se tiene,

$$T = 1469,935[N] \cdot \frac{12[mm]}{2} \left(\frac{5,385587406[mm] + \pi \cdot 0,36 \cdot 12[mm] \cdot \sec(60^\circ)}{\pi \cdot 12[mm] - 0,36 \cdot 5,385587406[mm] \cdot \sec(60^\circ)} \right)$$

$$T = \mathbf{8482,554840[N \cdot mm]} = \mathbf{8,482 [Nm]}$$

Fuente: Tecnum - Campus tecnológico - Universidad de Navarra - Tornillos y Uniones Atornilladas (pag. 121)

Elaboración: El Autor

Claramente el torque es mucho mayor por lo que se puede concluir que en caso de tornillos de fuerza la rosca ACME no es tan eficiente como la rosca cuadrada, sin embargo suele preferirse porque es más fácil de mecanizar, sin embargo para el diseño se propone mantener el diseño de rosca cuadrada por ser más eficiente.

4.4.3. Análisis de esfuerzo provocado en la rosca

Para realizar el análisis se plantea la hipótesis de que todos los hilos de la rosca que están en contacto con la tuerca comparten la carga; esta hipótesis es sólo en parte válida y por ello hay que utilizar en los cálculos coeficientes de seguridad amplios para tener un valor de esfuerzo más acorde a la realidad.

Con las restricciones de la hipótesis planteada, se pueden derivar las siguientes expresiones:

La presión de contacto

Tomando en cuenta B como la superficie de contacto de la rosca,

$$\sigma_B = \frac{F}{\pi \cdot dm \cdot h \cdot n}$$

donde n es el número de hilos en contacto y h es la altura del diente, resolviendo,

$$\sigma_B = \frac{1469,935[N]}{\pi \cdot 12[mm] \cdot 2[mm] \cdot \left(\frac{30}{4}\right)}$$

$$\sigma_B = 2,599415791 \left[\frac{N}{mm^2} \right] = 2,599 \cdot 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

El número de dientes fue obtenido en función del largo de la tuerca que se diseñó y el paso de la rosca, ver *anexo 12*.

Tensión debida a la flexión

Al suponer que la carga F está uniformemente distribuida en la rosca a lo largo de todo el diámetro del tornillo,

- Momento máximo sobre los hilos de la rosca:

$$M = \frac{F \cdot h}{2}$$

- Tensión máxima sobre los hilos de la rosca:

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot h}{\pi \cdot dm \cdot n \cdot b^2}$$

donde b es el diámetro medio de la rosca,

al reemplazar queda,

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot 1469,935[N] \cdot 2[mm]}{\pi \cdot 12[mm] \cdot \left(\frac{30}{4}\right) \cdot (12[mm])^2}$$

$$\sigma_b = 0,2166179826 \left[\frac{N}{mm^2} \right] = 2,166 \cdot 10^5 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Tensión cortante

Para el tornillo y la tuerca respectivamente la tensión cortante es:

para el tornillo,

$$\tau_{tornillo} = \frac{3 \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot dr \cdot n \cdot b}$$

para la tuerca,

$$\tau_{tuerca} = \frac{3 \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot do \cdot n \cdot b}$$

donde dr es el diámetro interior y do es el diámetro exterior, resolviendo:

$$\tau_{tornillo} = \frac{3 \cdot 1469,935[N]}{2 \cdot \pi \cdot 10[mm] \cdot \left(\frac{30}{4}\right) \cdot 12[mm]}$$

$$\tau_{tornillo} = 0,7798247375 \left[\frac{N}{mm^2} \right] = 7,798 \cdot 10^5 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$\tau_{tuerca} = \frac{3 \cdot 1469,935[N]}{2 \cdot \pi \cdot 14[mm] \cdot \left(\frac{30}{4}\right) \cdot 12[mm]}$$

$$\tau_{tuerca} = 0,5570176696 \left[\frac{N}{mm^2} \right] = 5,57 \cdot 10^5 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

En la *tabla 4.6* se muestran las propiedades de los materiales que se plantearon para el diseño del prototipo del mecanismo tornillo/tuerca.

Tabla 4.6: Parámetros de materiales tornillo/tuerca

| | | | |
|--|------------------------|----------------------------------|---|
| Material Tornillo | Acero de transmisión | Material Tuerca | Bronce CuSn12 DIN 170 (Para corona dentada) |
| Densidad de Masa | 8,08 g/cm ³ | Densidad de Masa | 8,47 g/cm ³ |
| Límite elástico | 250 MPa | Límite elástico | 103,4 MPa |
| Resistencia a la tracción | 540 MPa | Resistencia a la tracción | 275 MPa |
| Módulo de Young | 193 GPa | Módulo de Young | 109,6 GPa |
| Relación de Poisson | 0,3 ul | Relación de Poisson | 0,331 ul |
| Módulo de corte | 74,2308 GPa | Módulo de corte | 41,1721 GPa |
| Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013 | | | |
| Elaboración: El autor | | | |

Los datos de la tabla anterior muestran las propiedades de los dos materiales que componen el mecanismo tornillo/tuerca y que fueron obtenidos por el software *Autodesk Inventor Professional 2013*, gracias a estos datos se puede obtener los factores de seguridad del tornillo y de la tuerca que permitirán conocer si los materiales y las dimensiones realizadas en el diseño son las correctas. En la *tabla 4.7* se muestra los factores de seguridad alcanzados usando los resultados obtenidos en este análisis y comparándolos con los datos de la *tabla 4.6*.

Tabla 4.7: Factores de seguridad para mecanismo tornillo/tuerca

| | | | |
|---|---------------------|------------------------|----------------------------|
| $FS = \frac{\text{Resistencia real (Tablas)}}{\text{Resistencia obtenida (Cálculo)}} > 1$ | | | |
| Esfuerzo: | Tablas (MPa) | Calculado (MPa) | Factor de seguridad |
| Esfuerzo superficie de contacto B (Acero) | 250 | 2,599 | > 15 |
| Esfuerzo superficie de contacto B (Bronce) | 103,4 | 2,599 | > 15 |
| Esfuerzo de flexión b (Acero) | 250 | 0,216 | > 15 |
| Esfuerzo de flexión b (Bronce) | 103,4 | 0,216 | > 15 |
| Tensión cortante sobre el tornillo (Acero) | 540 | 0,779 | > 15 |
| Tensión cortante sobre la tuerca (Bronce) | 275 | 0,557 | > 15 |
| Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013 | | | |
| Elaboración: El autor | | | |

La tabla de la parte superior indica que el mecanismo está sobredimensionado, en este caso lo más lógico sería redimensionar el mecanismo, sin embargo, el costo de mecanizar un mecanismo de menor diámetro y con dimensiones reducidas, a criterio del autor de esta tesis sería mucho mayor que conservar las dimensiones y materiales que actualmente se colocó en este mecanismo.

4.4.4. Análisis de tiempo de elevación de la silla

Después de obtener el torque necesario para el motor y su eficiencia se procedió con el cálculo para encontrar el tiempo que demora el sistema en alcanzar su máxima altura, la información del cálculo se puede ver en la *tabla 4.7* y se usó como referencia el modelado realizado en el software *Autodesk Inventor Professional 2013*.

Tabla 4.8: Cálculo de tiempo necesario para elevación de la silla

Cálculo:

El tornillo de rosca cuadrada se caracteriza por el número de entradas (E) y por el paso de la rosca (P)

$$A = P \cdot E$$

E = 1 entrada

$$P = 0,004[m]$$

A = avance

$$A = 0,004 * 1$$

$$A = 0,004[m]$$

La velocidad de avance será:

$$Va = A \cdot N = P \cdot E \cdot N$$

N = velocidad circular de giro = 120 [RPM] = 12,5663706144 [rad/s]

$$Va = 0,004[m] \cdot 12,5663706144 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$Va = 0,05026548244 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$Va = \frac{l}{t}$$

Donde:

$$t = \frac{l}{Va}$$

l = Distancia del recorrido = 0,308 [m] "Reposo" - 0,13 [m] "Accionada carrera máxima"

$$l = 0,178[m]$$

$$t = \frac{l}{Va}$$

| |
|--|
| $t = \frac{0,178[m]}{0,05026548244 \left[\frac{m}{s} \right]}$ <p><i>t = 3,54 segundos</i></p> |
| La velocidad se toma como constante en todo el recorrido |
| Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013 |
| Elaboración: El autor |

Con la información de las *tablas 4.4* y *4.8* se puede observar que el motorreductor tomado en el diseño (*tabla 4.1*) tiene un torque mucho mayor al necesario y una baja velocidad de giro del eje de salida; una baja velocidad de giro del motorreductor permitirá al operario subir completa o parcialmente el sistema de elevación vertical de la silla de ruedas para alcanzar objetos; la información de este motorreductor se puede observar en el *anexo 26*.

4.4.5. Análisis de esfuerzos y deformaciones de los elementos del sistema

Para el análisis de esfuerzos y deformaciones del sistema se utilizó el programa *Autodesk Inventor Professional 2013*, ya que éste permite tener una idea más clara de los esfuerzos y deformaciones generadas en cada componente del sistema, y en algunos casos los componentes tienen formas complejas, por lo que resulta mejor utilizar un software.

Análisis del soporte de la silla del sistema de elevación.- El soporte de la silla es la parte superior del gato mecánico y se encarga de soportar el peso de la silla y del ser humano que se encuentra encima de ella. En la *tabla 4.2* se puede ver que el peso que soporta este componente es de 912,33 [N] que es una carga distribuida en la mayor área del soporte. En la *tabla 4.9* se indica la información obtenida por el programa en el análisis.

Tabla 4.9: Información Soporte silla sistema de elevación

| Parámetros del material | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|
| Material | Acero de transmisión | Límite elástico | 250 MPa |
| Densidad de Masa | 8,08 g/cm ³ | Resistencia a la tracción | 540 MPa |
| Masa | 0,648356 kg | Módulo de Young | 193 GPa |
| Área | 82574,4 mm ² | Relación de Poisson | 0,3 ul |
| Volumen | 80242,1 mm ³ | Módulo de corte | 74,2308 GPa |
| Centro de gravedad | x=0 mm y=0 mm z=10,2446 mm | Coefficiente de Expansión | 0,0000104 ul/c |
| | | Conductividad Térmica | 16 W/(m K) |
| | | Calor específico | 477 J/(kg c) |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | 80242,1 mm ³ | | |
| Masa | 0,648356 kg | | |

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

| | | | |
|--|------------------|--|--|
| Tensión Von Mises¹ | 0,0000183972 MPa | 29,3345 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,00989497 mm | |
| Factor de Seguridad | 8,5224 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |
| Esfuerzo de Von Mises (vista 1): | | Esfuerzo de Von Mises (vista 2): | |
| | | | |
| Desplazamiento (deformación): | | Factor de seguridad (siempre > 1): | |
| | | | |
| Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013 | | | |
| Elaboración: El autor | | | |

La información recopilada indica que el componente diseñado resiste el peso de la persona sumado al peso de la silla, además que la deformación del componente es casi nula por el valor obtenido de 0,009 mm y esto da un factor de seguridad mínimo en el sistema 8,52 que es un valor aceptable y podría decirse hasta cierto punto redimensionado.

Análisis soportes principales gato mecánico.- Los soportes principales son los primeros y los últimos en soportar la carga distribuida del peso del operador y los componentes superiores, al igual que el análisis anterior se utilizan las fuerzas descritas en la *tabla 4.2*. En la *tabla 4.10* se muestra los resultados obtenidos por el programa en el análisis.

¹ Tensión 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.

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

Tabla 4.10: Información Soporte principal gato mecánico

| Parámetros del material | | | |
|--|--|--|----------------|
| Material | Acero de transmisión | Límite elástico | 250 MPa |
| Densidad de Masa | 8,08 g/cm ³ | Resistencia a la tracción | 540 MPa |
| Masa | 0,224039 kg | Módulo de Young | 193 GPa |
| Área | 30081,6 mm ² | Relación de Poisson | 0,3 ul |
| Volumen | 27727,6 mm ³ | Módulo de corte | 74,2308 GPa |
| Centro de gravedad | x=-0,0000000226893 mm y=0 mm z=-17,7807 mm | Coefficiente de Expansión | 0,0000104 ul/c |
| | | Conductividad Térmica | 16 W/(m K) |
| | | Calor específico | 477 J/(kg c) |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | | 22785,1 mm ³ | |
| Masa | | 0,184104 kg | |
| Tensión Von Mises | 0,0100717 MPa | 99,2324 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,123616 mm | |
| Factor de Seguridad | 2,51934 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |
| Esfuerzo de Von Mises (vista 1): | | Esfuerzo de Von Mises (vista 2): | |
| <p>Gráfico de esfuerzo de Von Mises (vista 1) que muestra la distribución de tensiones en el componente. El eje de color indica valores desde 0,01 MPa (azul) hasta 99,23 MPa (rojo). El valor máximo de 99,23 MPa se encuentra en la zona de conexión de la barra horizontal con la vertical.</p> | | <p>Gráfico de esfuerzo de Von Mises (vista 2) que muestra la distribución de tensiones en el componente desde una perspectiva diferente. El eje de color indica valores desde 0,01 MPa (azul) hasta 99,23 MPa (rojo). El valor máximo de 99,23 MPa se encuentra en la zona de conexión de la barra horizontal con la vertical.</p> | |
| Desplazamiento (deformación): | | Factor de seguridad (siempre > 1): | |
| <p>Gráfico de desplazamiento (deformación) que muestra la deformación del componente. El eje de color indica valores desde 0 mm (azul) hasta 0,1236 mm (rojo). El valor máximo de 0,1236 mm se encuentra en la zona de conexión de la barra horizontal con la vertical.</p> | | <p>Gráfico de factor de seguridad que muestra el factor de seguridad del componente. El eje de color indica valores desde 2,52 ul (azul) hasta 15 ul (rojo). El valor máximo de 15 ul se encuentra en la zona de conexión de la barra horizontal con la vertical.</p> | |
| Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013 | | | |
| Elaboración: El autor | | | |

La información obtenida con el software indica que el componente resiste a la fuerza aplicada con una deformación máxima de 0,123 mm que es un valor muy bajo, además su factor de seguridad de 2,51 es un buen valor de seguridad, ya que indica que soportará un trabajo continuo de carrera de subida y bajada.

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

Análisis brazos gato mecánico.- Los brazos del gato mecánico están montados en forma de cruz para soportar el peso del operador y los componentes por encima del soporte silla, al igual que en el análisis anterior, se utilizan las fuerzas descritas en la *tabla 4.2*. En la *tabla 4.11* se indica los resultados que se obtienen del programa de análisis.

Tabla 4.11: Información Brazo gato mecánico

| Parámetros del material | | | |
|---|------------------------------|--|----------------|
| Material | Acero de transmisión | Límite elástico | 250 MPa |
| Densidad de Masa | 8,08 g/cm ³ | Resistencia a la tracción | 540 MPa |
| Masa | 0,634982 kg | Módulo de Young | 193 GPa |
| Área | 36328,5 mm ² | Relación de Poisson | 0,3 ul |
| Volumen | 78586,8 mm ³ | Módulo de corte | 74,2308 GPa |
| Centro de gravedad | x=2,5 mm y=0 mm z=0 mm | Coefficiente de Expansión | 0,0000104 ul/c |
| | | Conductividad Térmica | 16 W/(m K) |
| | | Calor específico | 477 J/(kg c) |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | 78588,7 mm ³ | | |
| Masa | 0,634996 kg | | |
| Tensión Von Mises | 0,15181 MPa | 100,824 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,133437 mm | |
| Factor de Seguridad | 2,47957 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |
| Esfuerzo de Von Mises (vista 1): | | Esfuerzo de Von Mises (vista 2): | |
| <p>Gráfico de esfuerzo de Von Mises (vista 1) que muestra la distribución de tensiones en un brazo mecánico. El eje de color indica valores desde 0,2 MPa (azul) hasta 100,8 MPa (rojo). Se observa un punto de máxima tensión de 100,8 MPa en la zona de conexión superior.</p> | | <p>Gráfico de esfuerzo de Von Mises (vista 2) que muestra la distribución de tensiones en un brazo mecánico. El eje de color indica valores desde 0,2 MPa (azul) hasta 100,8 MPa (rojo). Se observa un punto de máxima tensión de 100,8 MPa en la zona de conexión superior.</p> | |
| Desplazamiento (deformación): | | Factor de seguridad (siempre > 1): | |
| <p>Gráfico de desplazamiento (deformación) que muestra la distribución de desplazamientos en un brazo mecánico. El eje de color indica valores desde 0 mm (azul) hasta 0,1334 mm (rojo). Se observa un punto de máximo desplazamiento de 0,1334 mm en la zona de conexión superior.</p> | | <p>Gráfico de factor de seguridad que muestra la distribución del factor de seguridad en un brazo mecánico. El eje de color indica valores desde 2,48 (azul) hasta 15 (rojo). Se observa un punto de mínimo factor de seguridad de 2,48 ul en la zona de conexión superior.</p> | |
| Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013 | | | |
| Elaboración: El autor | | | |

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

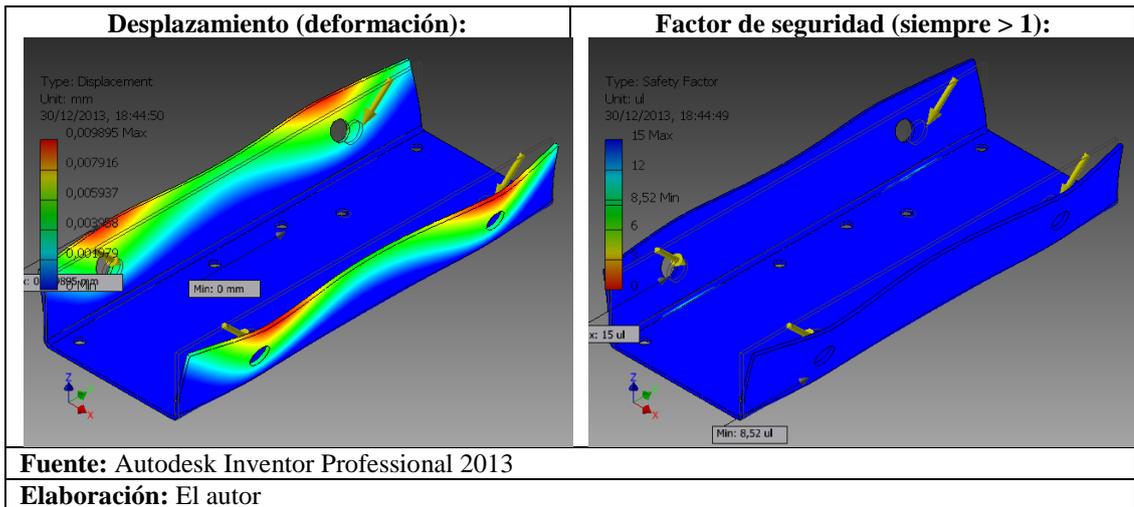
La información que se obtuvo usando el software, muestra que este componente puede resistir a las fuerzas aplicadas y que su deformación es baja (0,133 mm), también su factor de seguridad de 2,48 es alto e indica que soportará un trabajo continuo.

Análisis Base sistema de elevación.- El sistema de elevación irá acoplado por medio de pernos a la estructura de la silla de ruedas y soportará el peso del operario y todo el mecanismo de elevación de la silla; para analizar los esfuerzos y deformaciones se utiliza el mismo software que se utilizó en los análisis anteriores usando las fuerzas descritas en la *tabla 4.2*. En la *tabla 4.12* se indica los resultados que lanza el programa de análisis.

Tabla 4.12: Información soporte base sistema de elevación

| Parámetros del material | | | |
|---|-------------------------|--|----------------|
| Material | Acero de transmisión | Límite elástico | 250 MPa |
| Densidad de Masa | 8,08 g/cm ³ | Resistencia a la tracción | 540 MPa |
| Masa | 0,648356 kg | Módulo de Young | 193 GPa |
| Área | 82574,4 mm ² | Relación de Poisson | 0,3 ul |
| Volumen | 80242,1 mm ³ | Módulo de corte | 74,2308 GPa |
| Centro de gravedad | x=0 mm | Coeficiente de Expansión | 0,0000104 ul/c |
| | y=0 mm | | |
| | z=10,2446 mm | Conductividad Térmica | 16 W/(m K) |
| | | Calor específico | 477 J/(kg c) |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | 80242,1 mm ³ | | |
| Masa | 0,648356 kg | | |
| Tensión Von Mises | 0,0000183972 MPa | 29,3345 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,00989497 mm | |
| Factor de Seguridad | 8,5224 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |
| Esfuerzo de Von Mises (vista 1): | | Esfuerzo de Von Mises (vista 2): | |
| <p>Este gráfico muestra la distribución del esfuerzo de Von Mises en una vista lateral del componente. El eje de color indica el nivel de esfuerzo, desde 0 MPa (azul) hasta 29,33 MPa (rojo). Se observan zonas de alto esfuerzo (amarillo y rojo) en las áreas de conexión y en la parte superior del componente. El valor máximo registrado es de 29,33 MPa.</p> | | <p>Este gráfico muestra la distribución del esfuerzo de Von Mises en una vista superior del componente. El eje de color indica el nivel de esfuerzo, desde 0 MPa (azul) hasta 29,33 MPa (rojo). Se observan zonas de alto esfuerzo (amarillo y rojo) en las áreas de conexión y en la parte superior del componente. El valor máximo registrado es de 29,33 MPa.</p> | |

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO



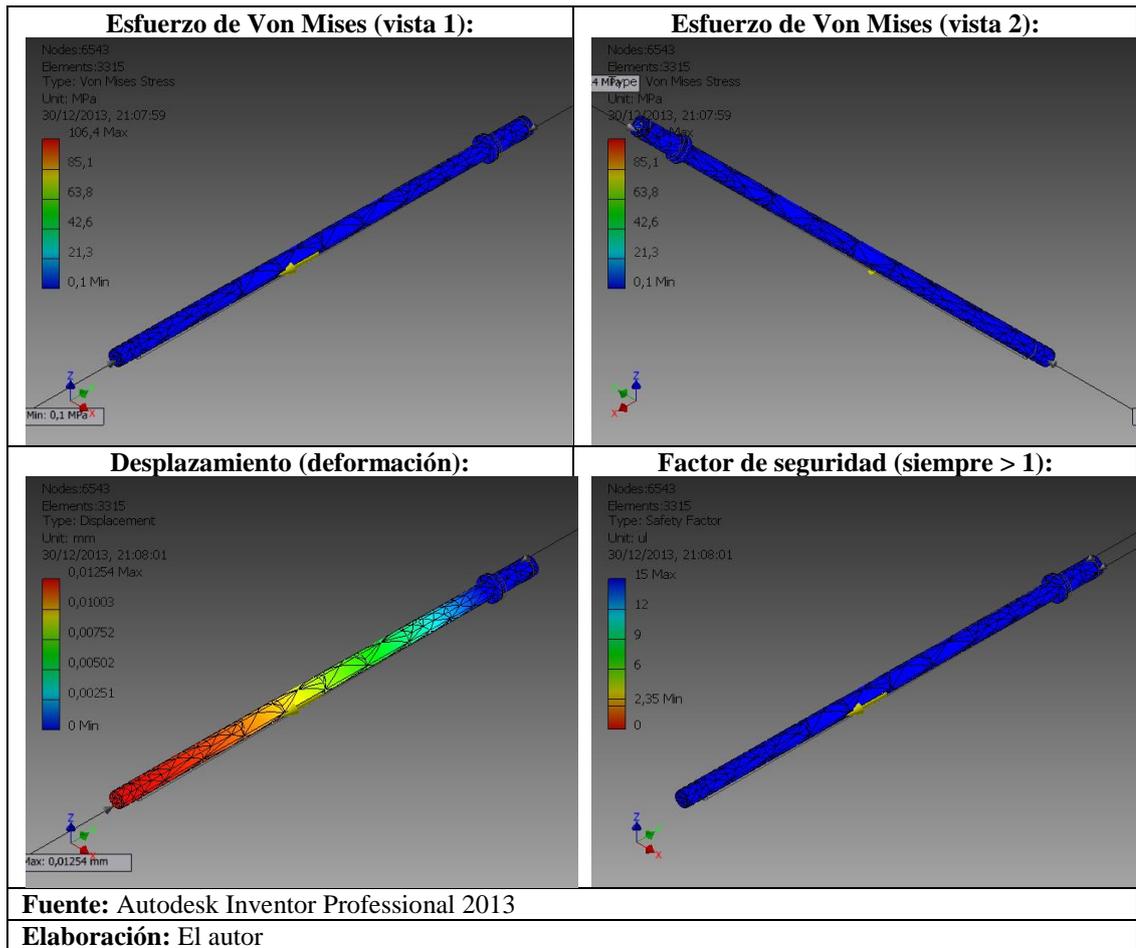
Con los datos que arroja el software se indica que este componente puede resistir a las fuerzas aplicadas y que su deformación provocada por el peso del operario, la deformación máxima es de (0,0098 mm), y su factor de seguridad es de 8,52, este valor indica que el componente no tendrá ningún problema si se llegara a exceder el peso por equivocación del usuario de esta silla de ruedas y permitirá un trabajo continuo.

Análisis Eje de sistema de levantamiento.- El eje del sistema de elevación soporta la carga axial que se genera cuando la persona se sienta en el sistema y por efecto se da un esfuerzo, por medio de software *Autodesk Inventor Professional 2013* se realiza el análisis de esfuerzos y deformaciones, como en los casos anteriores, usando las fuerzas descritas en la *tabla 4.2*. En la *tabla 4.13* se indica los resultados que lanza el programa de análisis.

Tabla 4.13: Información Eje de sistema de levantamiento

| Parámetros del material | | | |
|----------------------------|--|----------------------------------|----------------|
| Material | Acero de transmisión | Límite elástico | 250 MPa |
| Densidad de Masa | 8,08 g/cm ³ | Resistencia a la tracción | 540 MPa |
| Masa | 0,450866 kg | Módulo de Young | 193 GPa |
| Área | 25267,3 mm ² | Relación de Poisson | 0,3 ul |
| Volumen | 55800,3 mm ³ | Módulo de corte | 74,2308 GPa |
| Centro de gravedad | x=0,000000000775015 mm y=5,35653 mm z=0 mm | Coefficiente de Expansión | 0,0000104 ul/c |
| | | Conductividad Térmica | 16 W/(m K) |
| | | Calor específico | 477 J/(kg c) |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | 55800,3 mm ³ | | |
| Masa | 0,450866 kg | | |
| Tensión Von Mises | 0,0722982 MPa | 106,362 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,0125388 mm | |
| Factor de Seguridad | 2,35046 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO



Con los datos que arroja el software, se indica que este componente puede resistir a las cargas aplicadas y que su deformación provocada por el peso del operario que es de (0,012 mm), este valor indica que el componente no tendrá ningún problema si se llegara a exceder el peso por equivocación del usuario de esta silla de ruedas y permitirá un trabajo continuo.

Análisis tuerca de eje de elevación.- La tuerca de eje de elevación está sujeta a la base del tornillo del sistema de elevación y se encarga de transformar el movimiento circular del tornillo en un movimiento de deslizamiento que permite elevar el modelo de gato mecánico, con la fuerza obtenida al final de la *tabla 4.2* se realiza los análisis que se puede apreciar de mejor manera en la *tabla 4.14*.

Tabla 4.14: Información Eje de sistema de levantamiento

| Parámetros del material | | | |
|---------------------------|---|----------------------------------|----------------|
| Material | Bronce CuSn12 DIN 170 (Para corona dentada) | Límite elástico | 103,4 MPa |
| Densidad de Masa | 8,47 g/cm ³ | Resistencia a la tracción | 275 MPa |
| Masa | 0,0406557 kg | Módulo de Young | 109,6 GPa |
| Área | 3493,58 mm ² | Relación de Poisson | 0,331 ul |
| Volumen | 4799,96 mm ³ | Módulo de corte | 41,1721 GPa |
| Centro de gravedad | x=0,0000000026941 | Coefficiente de | 0,0000205 ul/c |

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

| | | | |
|--|-------------------------|--|----------------|
| | mm y=0 mm z=0 mm | Expansión | |
| | | Conductividad Térmica | 116 W/(m K) |
| | | Calor específico | 369 J/(kg c) |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | 4799,96 mm ³ | | |
| Masa | 0,0406557 kg | | |
| Tensión Von Mises | 0,848996 MPa | 4,6666 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,000100841 mm | |
| Factor de Seguridad | 15 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |
| Esfuerzo de Von Mises (vista 1): | | Esfuerzo de Von Mises (vista 2): | |
| | | | |
| Desplazamiento (deformación): | | Factor de seguridad (siempre > 1): | |
| | | | |
| Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013 | | | |
| Elaboración: El autor | | | |

Según el análisis de la tabla anterior la tuerca sí resiste ya que la deformación producida tiende a 0 y el factor de seguridad es de 15, podría decirse que está sobredimensionado, pero por su tamaño reducido se propone mantener el modelo diseñado.

Análisis base de tornillo de sistema de elevación.- En el interior de la base del tornillo se acopla a presión la tuerca del sistema de levantamiento y este conjunto permite, junto al soporte principal del gato mecánico, elevar al usuario de la silla de ruedas, al final de la tabla 4.2 se encuentra la carga máxima aplicada, en la *tabla 4.15*

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

se encuentran los resultados del análisis en el software *Autodesk Inventor Professional 2013*.

Tabla 4.15: Información Base de tornillo de sistema de elevación

| Parámetros del material | | | |
|---|-------------------------|--|----------------|
| Material | Acero de transmisión | Límite elástico | 250 MPa |
| Densidad de Masa | 8,08 g/cm ³ | Resistencia a la tracción | 540 MPa |
| Masa | 0,200334 kg | Módulo de Young | 193 GPa |
| Área | 9489,35 mm ² | Relación de Poisson | 0,3 ul |
| Volumen | 24793,8 mm ³ | Módulo de corte | 74,2308 GPa |
| Centro de gravedad | x=0 mm | Coefficiente de Expansión | 0,0000104 ul/c |
| | y=-0,000000000284922 mm | Conductividad Térmica | 16 W/(m K) |
| | z=0 mm | Calor específico | 477 J/(kg c) |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | 24793,8 mm ³ | | |
| Masa | 0,200334 kg | | |
| Tensión Von Mises | 0,22287 MPa | 25,564 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,00110631 mm | |
| Factor de Seguridad | 9,77938 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |
| Esfuerzo de Von Mises (vista 1): | | Esfuerzo de Von Mises (vista 2): | |
| <p>Nodes:1488 Elements:736 Type: Von Mises Stress Unit: MPa 30/12/2013, 20:02:56 25,56 Max 20,5 15,43 10,36 5,29 0,22 Min Max: 25,56 MPa Min: 0,22 MPa</p> | | <p>Nodes:1488 Elements:736 Type: Von Mises Stress Unit: MPa 30/12/2013, 20:02:56 25,56 Max 20,5 15,43 10,36 5,29 0,22 Min Max: 25,56 MPa Min: 0,22 MPa</p> | |
| Desplazamiento (deformación): | | Factor de seguridad (siempre > 1): | |
| <p>Nodes:1488 Elements:736 Type: Displacement Unit: mm 30/12/2013, 20:02:59 0,001106 Max 0,000885 0,000664 0,000443 0,000221 0 Min Max: 0,001106 mm Min: 0 mm</p> | | <p>Nodes:1488 Elements:736 Type: Safety Factor Unit: ul 30/12/2013, 20:02:59 15 Max 12 9,78 Min 6 3 0 Max: 15 ul Min: 9,78 ul</p> | |
| Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013 | | | |
| Elaboración: El autor | | | |

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO

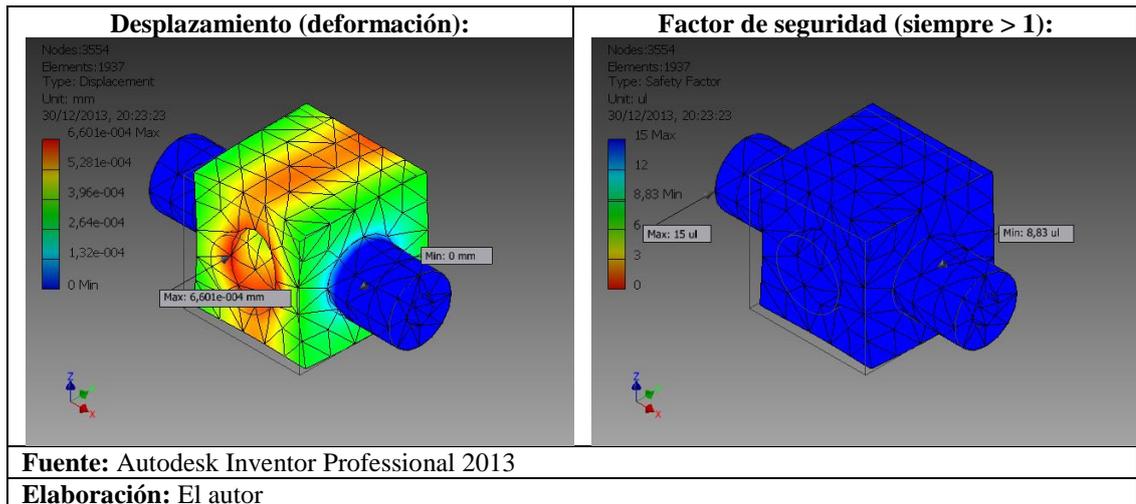
El esfuerzo provocado en el centro del elemento es sumamente bajo según se nota en la tabla anterior, por esta razón el factor de seguridad es bastante alto y se decide mantener el modelo diseñado por la misma razón.

Soporte de tornillo de sistema de elevación.- El soporte de tornillo de sistema de elevación se encarga de sujetar el motorreductor y, al igual que la base de tornillo de sistema de elevación, permite elevar verticalmente al usuario de la silla de ruedas, la carga aplicada sobre el componente es la misma de la *tabla 4.2*, en la *tabla 4.16* se muestra la información del análisis obtenido.

Tabla 4.16: Información Soporte de tornillo de sistema de elevación

| Parámetros del material | | | |
|--|------------------------------------|--|----------------|
| Material | Acero de transmisión | Límite elástico | 250 MPa |
| Densidad de Masa | 8,08 g/cm ³ | Resistencia a la tracción | 540 MPa |
| Masa | 0,198439 kg | Módulo de Young | 193 GPa |
| Área | 9671,28 mm ² | Relación de Poisson | 0,3 ul |
| Volumen | 24559,3 mm ³ | Módulo de corte | 74,2308 GPa |
| Centro de gravedad | x=0 mm y=-0,650903 mm z=0 mm | Coefficiente de Expansión | 0,0000104 ul/c |
| | | Conductividad Térmica | 16 W/(m K) |
| | | Calor específico | 477 J/(kg c) |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | 24559,3 mm ³ | | |
| Masa | 0,198439 kg | | |
| Tensión Von Mises | 0,0549428 MPa | 28,3069 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,000660076 mm | |
| Factor de Seguridad | 8,83176 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |
| Esfuerzo de Von Mises (vista 1): | | Esfuerzo de Von Mises (vista 2): | |
| <p>Nodes: 3534 Elements: 1937 Type: Von Mises Stress Unit: MPa 30/12/2013, 20:23:20 28,31 Max 22,66 17,01 11,36 5,71 0,05 Min Max: 28,31 MPa Min: 0,05 MPa</p> | | <p>Nodes: 3534 Elements: 1937 Type: Von Mises Stress Unit: MPa 30/12/2013, 20:23:20 28,31 Max 22,66 17,01 11,36 5,71 0,05 Min Min: 0,05 Max: 28,31 MPa</p> | |

Capítulo 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA ELEVAR VERTICALMENTE AL USUARIO



El análisis de la tabla anterior permite demostrar que el diseño realizado tiene una deformación muy baja que tiende a 0, por lo que se decide mantener el modelo diseñado sin realizar cambios sobre el original.

Los planos del equipo ya terminado y sus componentes se encuentran en los *anexos 2 al 18*.

4.5. Instalación eléctrica del sistema

Ya que el motorreductor que se va a aplicar al sistema ya viene diseñado con un control acoplado por medio de cables y un control para ascenso y descenso, lo único que se debe disponer es de dos actuadores eléctricos conocidos como fin carrera, que son interruptores que cortarán el paso de corriente al momento que la silla llegue a su máxima altura o a su altura de reposo, en la *figura 4.3* se muestra el diagrama del circuito eléctrico.

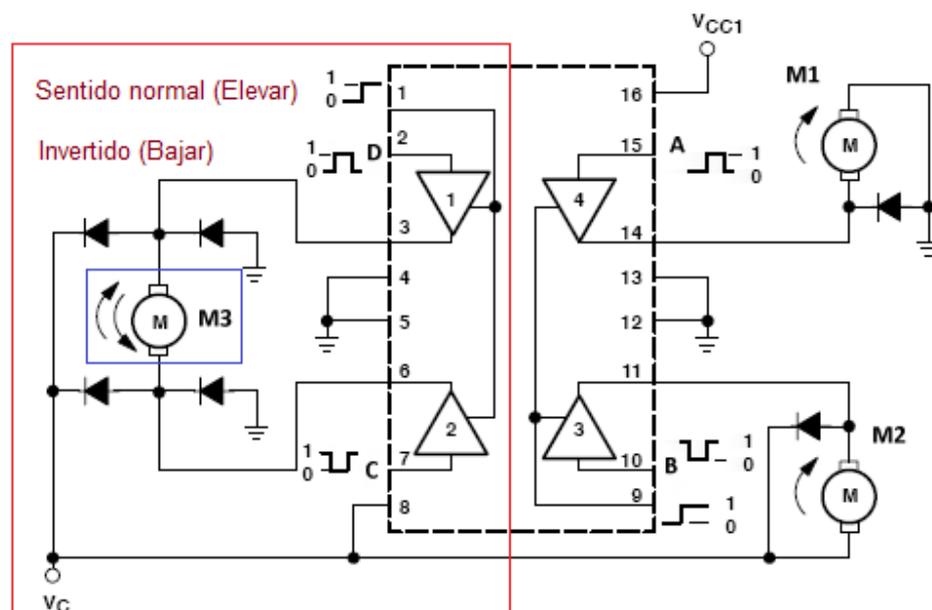


Figura 4.3: Esquema eléctrico para inversión de giro en un motor de corriente continua

Fuente: Control de motores CC, Desarrollado por V.García © 1998, 2000, 2002, 2006, 2008, 2010, 2011 (27/11/2013 16:00 PM)

Elaboración: El autor

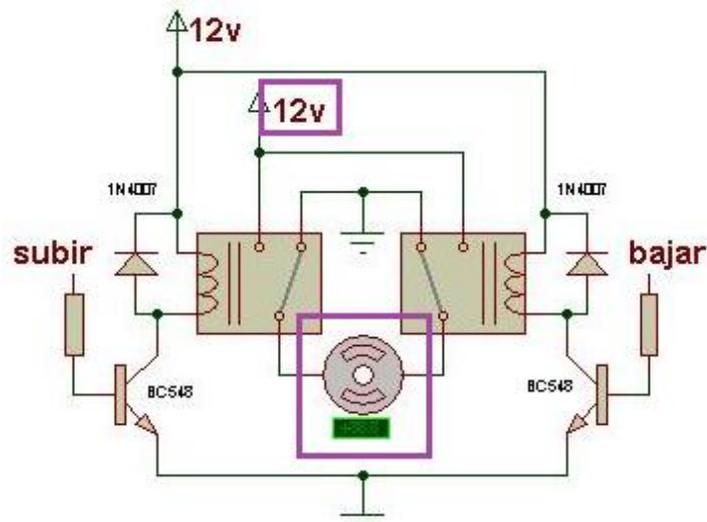


Figura 4.4: Esquema eléctrico para inversión de giro en un motor de corriente continua (Fuerza)

Fuente: DISELC, Circuito de un ascensor de 5 plantas con microcontrolador PIC 16F84A (27/11/2013 16:00 PM)

Elaboración: El autor

El diagrama de la *figura 4.3* muestra el circuito de control necesario para comandar un motor de corriente continua (color rojo), sin embargo en la zona remarcada de color azul se cambia el motor por el circuito existente en la *figura 4.4*, los fin carrera que están montados en el sistema para elevar verticalmente al usuario van conectados en posición normalmente cerrado entre el circuito de la *figura 4.3* y los pulsantes que comandan el sistema.

El motorreductor que se va a utilizar para el sistema de elevación vertical ya viene montado: el control, el cableado, la conexión al motorreductor y la conexión a la batería; tomando en cuenta lo anterior expuesto, solamente hay que acoplar los fin carrera al circuito físico.

4.6. Conclusiones del capítulo

- El sistema de elevación de gato mecánico consta de pocos componentes de fácil construcción lo que reduce su costo de fabricación.
- En caso de querer construir el sistema para elevar verticalmente al usuario se debe tomar en cuenta que el circuito electrónico debe ser armado por una persona o empresa con experiencia en esa rama.
- El torque necesario para levantar una carga usando un mecanismo tornillo/tuerca de rosca ACME es mucho mayor que el obtenido por una rosca cuadrada, sin embargo por la facilidad de construcción se prefiere la rosca ACME.
- Una condición importante para los operarios que utilicen este modelo de silla es que los objetos que lleven, tengan un peso relativamente bajo como por

ejemplo: libros en una biblioteca, utensilios de cocina que hayan sido tomados de estantes, etc.; si el operario necesita levantar o sujetar un objeto de un peso considerable, el usuario necesita un modelo de silla diferente que tenga un mayor torque en el motor.

4.7. Bibliografía del capítulo

- M. Vivanco y L. Seminario, Tesis de grado "Calcio sérico en personas de 23 a 42 años de la ciudad de Cuenca-Ecuador 2009-2010", Cuenca-Ecuador, 2009-2010.

4.8. Sitios web del capítulo

- Control de motores CC, Desarrollado por V.García © 1998, 2000, 2002, 2006, 2008, 2010, 2011.

<http://www.hispavila.com/3ds/atmega/motorescc.html>

- DISELC, *Circuito de un ascensor de 5 plantas con microcontrolador PIC 16F84A*

<http://www.diselc.es/diselc/proyectos/ascensorpic.htm>

- Teo en Pro de la autonomía, *Silla de ruedas eléctricas*

<http://proautonomia-proautonomia.blogspot.com/2013/01/sillas-de-ruedas-electricas.html>

Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

5.1. Antecedentes

La silla de ruedas eléctrica es un avance muy importante para las personas con capacidades especiales, así como personas que han sufrido alguna lesión ya sea temporal o para toda su vida, además estas sillas normalmente cuentan con tres o más ruedas y sus dimensiones varían al igual que su peso.

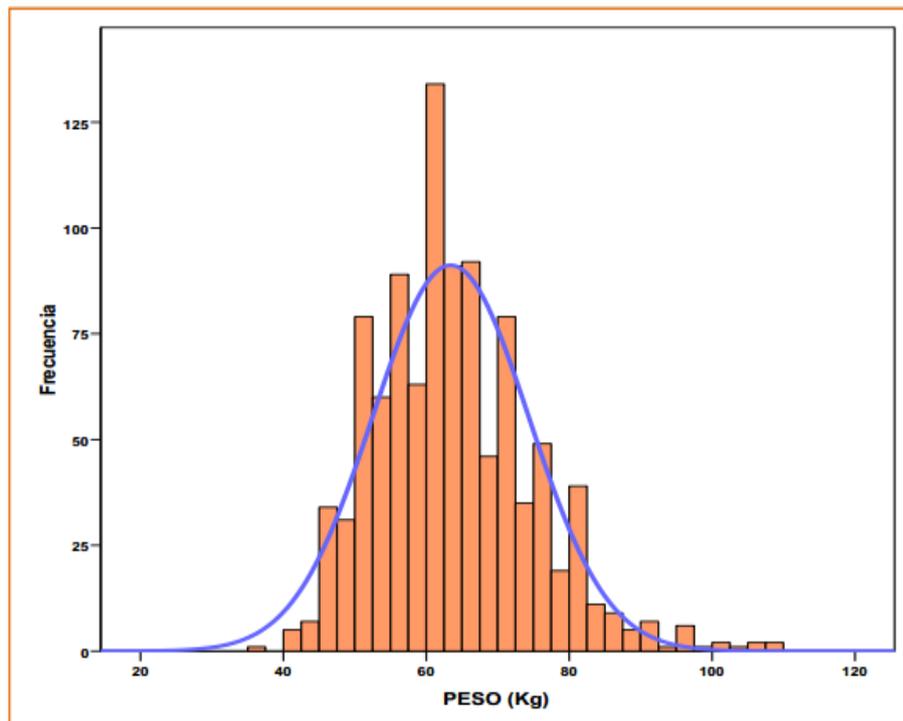
5.2. Diseños preliminares

Para realizar el prototipo de silla de ruedas que permita escalar una vereda estándar de 18 cm de alto, se realizaron unos bosquejos improvisados utilizando como simulador el software *Working Model*, el software trabaja en dos dimensiones y permite desarrollar bosquejos del perfil aproximado que tendría la silla de ruedas. Para realizar los bocetos se debe tener en cuenta el tipo de componentes y materiales que se pueden conseguir en el mercado actual, ya sea comprándolos en el país o trayéndolos del extranjero. La razón más simple es por la facilidad de construcción y el bajo costo que implica utilizar materiales o equipos ya construidos que se puedan adaptar.

Utilizando datos proporcionados de la investigación realizada por estudiantes de la UNIVERSIDAD DE CUENCA en su tesis de graduación (CALCIO SÉRICO EN PERSONAS DE 23 A 42 AÑOS DE LA CIUDAD DE CUENCA "2009-2010") se indica en su curva de normalidad de peso que de una muestra de 1000 personas se tiene un valor promedio de 63,4 kg de peso (*cuadro 5.1*).

Para los diseños preliminares se ha tomado en cuenta ciertos parámetros como por ejemplo: el peso aproximado de la silla con el usuario de la misma debería ser un aproximado de 160 kg (valor de referencia tomado por el autor de esta tesis suponiendo un peso máximo del usuario de 90 kg), el largo de la silla no debe sobrepasar 1,2 metros, el ancho debe ser no mayor de 0,75 metros, la altura de la base de la silla debe ser de 0,55 metros medido desde el piso, la silla debe superar un obstáculo de 0,18 metros de altura.

Cuadro 5.1: Curva de normalidad (peso promedio)



Valor máximo: 110 Kg.
Valor mínimo: 36 Kg.
Valor promedio: 63,4 Kg.

Fuente: TESIS CALCIO SÉRICO EN PERSONAS DE 23 A 42 AÑOS DE LA CIUDAD DE CUENCA (Página 42)

Elaboración: VIVANCO Maritza T, Seminario Laura, UNIVERSIDAD DE CUENCA, 2009-2010

5.2.1. Boceto A

Para este boceto se ha diseñado un prototipo de silla de ruedas cuyas ruedas motrices estén al frente de la silla, se ha planteado ruedas de bicicleta de 26 pulgadas y un motor especial para sillas de ruedas. Para la parte posterior se consideró dos ruedas seguidoras de 8 pulgadas de diámetro que son arrastradas por las ruedas motrices y entre las ruedas motrices y seguidoras se colocó dos ruedas de 6 pulgadas de diámetro a cierta distancia del suelo para que permitan elevar las ruedas posteriores con facilidad cuando las delanteras ya estén sobre el obstáculo. Para esta idea se basó en la hipótesis que después de subir las ruedas motrices, las ruedas intermedias eleven un poco más la parte posterior de la silla y por último, mientras la silla de ruedas siga hacia adelante, las ruedas posteriores no queden a la altura del piso, sino aproximadamente tres cuartas partes por sobre la vereda para que sea fácil que terminen el recorrido (*figura 5.1*).

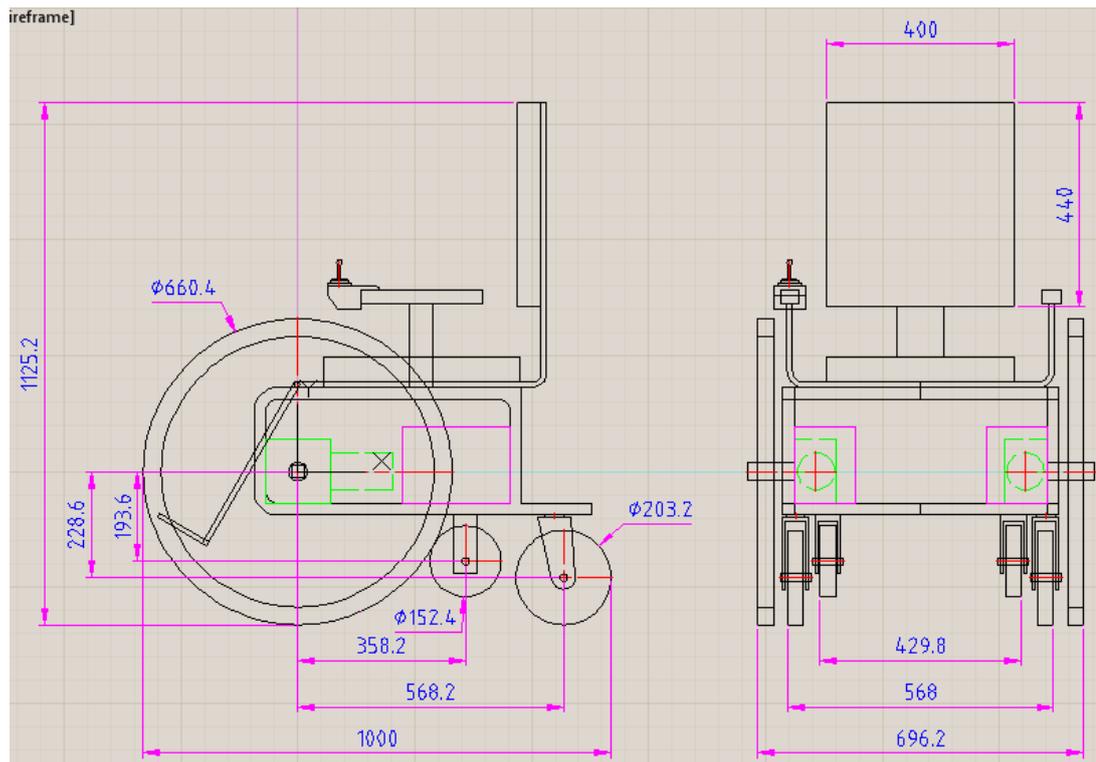


Figura 5.1: Boceto prototipo de silla de ruedas boceto A con dimensiones aproximadas

Fuente: Autodesk Autocad Mechanical 2013

Elaboración: El Autor

Para la elaboración de este boceto se planteó una tabla de valores con la información más relevante que se supuso serían un buen punto de partida para el diseño de este prototipo.

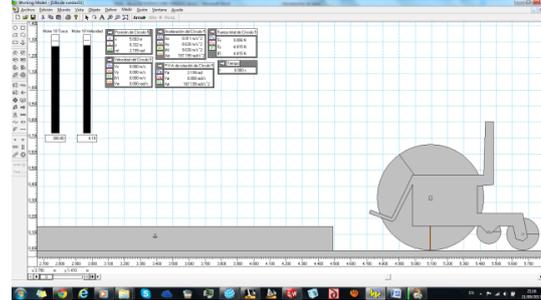
Tabla 5.1: Tabla Bibliográfica Boceto A

| | | | |
|------------------------------------|--|--|---|
| Modelo: | El autor | Boceto: | A |
| Longitud total: | 1000 mm | Ancho total: | 696,2 mm |
| Rueda Motriz: | 2 x 26 pulgadas | Rueda seguidora: | 2 x 8 pulgadas (tipo carrito de supermercado) |
| Rueda intermedia: | 2 x 6 pulgadas (fija) | Altura (incluyendo el respaldo) | 1125,2 mm |
| Longitud del asiento | 470 mm – 440 mm – 400 mm– 53 mm | Altura del asiento | 557,2 mm |
| Motores | 2 motorreductores RP-D 320 de 24 V/10 A y una salida de 150 a 160 rpm y una potencia de salida de 250W | Altura del respaldo | 440 mm |
| Cargador de baterías | Exendis | Baterías | Gel 12 V/70 Ah |
| Peso nominal (carga máxima) | 90 kg | Temperatura de operación de los sistemas electrónicos | entre -20 °C y +40 °C (supuesto) |
| Autonomía | Unos 25 km (depende de las baterías) | Velocidad máxima | 4,5 km/h |
| Elaboración: El autor | | | |

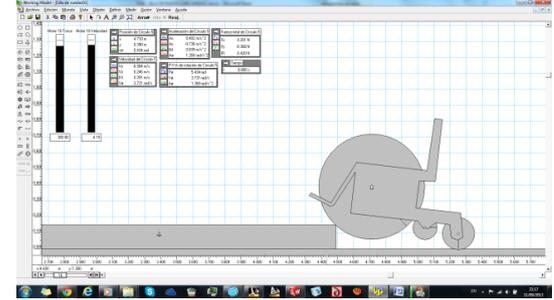
Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

Con los datos que se encuentran en la *tabla 5.1* se realizó la simulación en dos dimensiones usando el software *Working Model* que mostró los siguientes resultados:

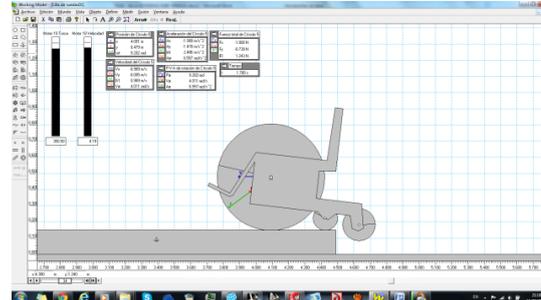
Fase 1: Inicio carrera de ascenso



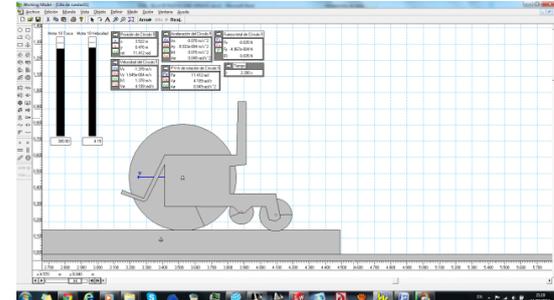
Fase 2: Ruedas delanteras empiezan ascenso



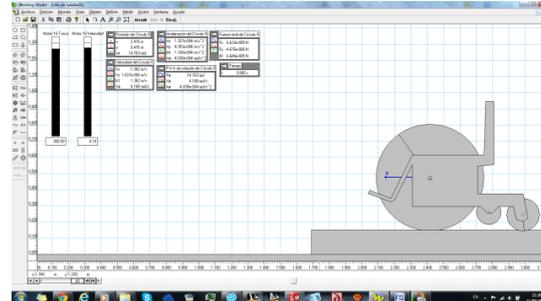
Fase 3: Ruedas delanteras e intermedias están sobre la vereda



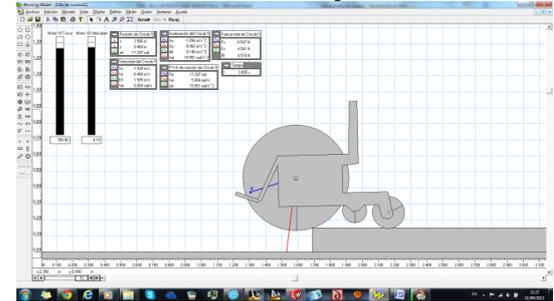
Fase 4: Ruedas delanteras y posteriores están sobre la vereda



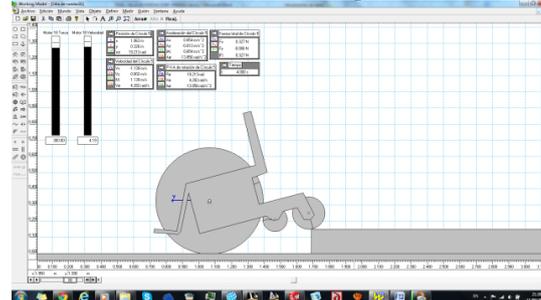
Fase 5: Inicio carrera de descenso



Fase 6: Ruedas delanteras empiezan descenso



Fase 7: Ruedas delanteras en el piso:



Fase 8: Fin carrera de descenso

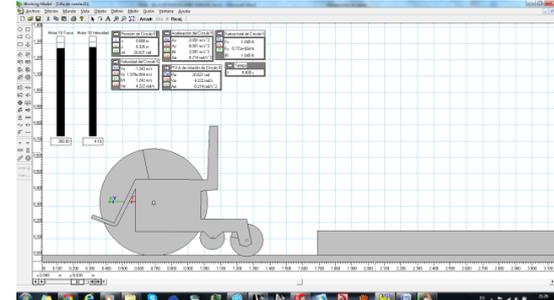


Figura 5.2: Ilustraciones de simulación básica prototipo de silla de ruedas boceto A

Fuente: Working Model

Elaboración: El Autor

Según la simulación realizada de la *figura 5.2*, al utilizar los parámetros designados anteriormente, en teoría el boceto de la silla de ruedas funcionaría, y gracias a esta información, fue éste el primer diseño que se tomó en cuenta para la silla de ruedas sube

veredas.

El modelo A, fue el modelo que primero se tomó como referencia para el modelado de sus componentes en el software *Autodesk Inventor Professional 2013*, y para la simulación de movimiento en el software *Solidworks Premium 2012*; sin embargo, mientras concebía el modelado, la idea de mi tutor, el *Ing. Nelson Jara*, fue que

simulara el mismo prototipo en tres dimensiones para comprobar que el sistema verdaderamente podía funcionar y además, como era lógico, debía colocar un objeto que simule el cuerpo de una persona para mostrar, cómo variaría el centro de masa y la inercia cuando la persona se encuentre en la silla de ruedas.

El modelado en el software *Autodesk Inventor Professional 2013* en su primera fase y antes de terminarse su diseño fue redefinido como se puede verificar en la *figura 5.3*, ya que la propuesta de mecanismo de *transmisión de movimiento* desde los motores independientes a cada una de las ruedas motrices era un reductor a base de piñones, sin embargo ese mecanismo fue cambiado desde el principio, ya que el peso de la silla de ruedas aumentaba exponencialmente.

Siguiendo el modelado de la silla se cambió entonces el mecanismo de transmisión de movimiento anterior por un mecanismo de piñón y cadena, ya que es mucho más ligero y simple de construir; entonces el modelado de la silla de ruedas quedaba como se observa en la *figura 5.4* y era una idea aproximada de cómo quedaría la silla de ruedas si ésta fuera construida. Sin embargo, aunque este boceto ya estaba en fase de diseño, no se pudo aprobar porque el análisis en tres dimensiones demostró que el modelado no funcionaría; el análisis de movimiento que se ve en la *figura 5.2* realizado en *WorkingModel* muestra que el sistema sí funciona, sin embargo el análisis realizado después en el software *SolidWorks Premium 2012* que se observa en la *figura 5.5*, demostró que el sistema no funciona ya que la silla de ruedas no sube la vereda, se queda rozando su rueda contra el filo de la vereda pero no logra

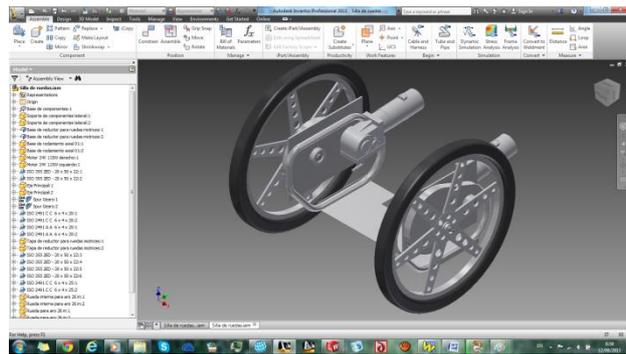


Figura 5.3: Ilustración de primer modelado de silla de ruedas boceto A

Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013

Elaboración: El Autor

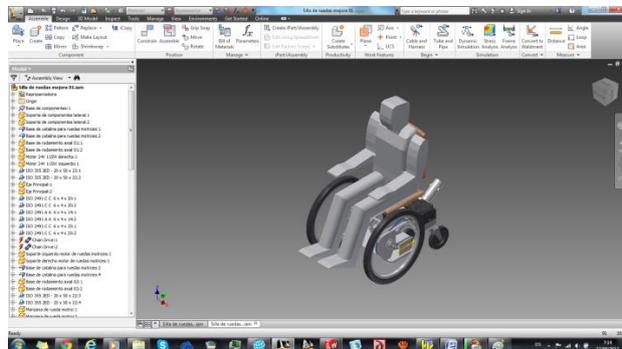


Figura 5.4: Ilustración de segundo modelado corregido de silla de ruedas boceto A

Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013

Elaboración: El Autor

Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

subirla , pero este boceto que se descartó, sirvió para tener ideas más claras y obtener un mejor resultado con los siguientes bocetos.

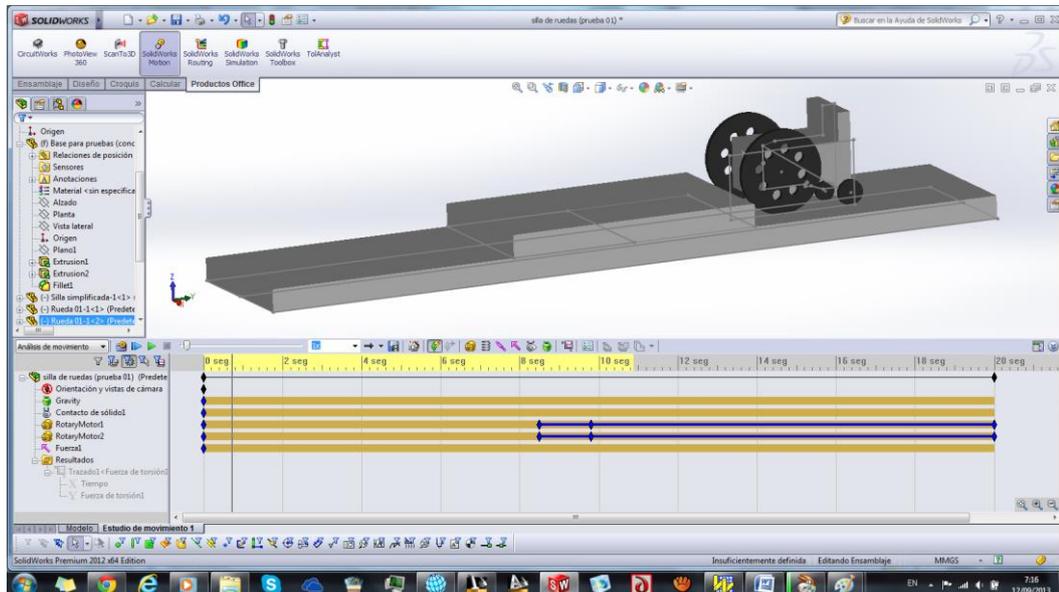


Figura 5.5: Ilustración de simulación básica del análisis de movimiento en tres dimensiones del boceto A

Fuente: SolidWorks Professional 2012

Elaboración: El Autor

Es muy probable que la principal razón que este análisis no haya resultado para el boceto A, es porque el autor de la presente tesis no está aún muy familiarizado con el software *SolidWorks Premium 2012* y todas sus herramientas, entonces es probable que una restricción mal añadida o plano de referencia tomado de manera equivocada dieron como resultado un prototipo erróneo; otro problema pueden ser sus ruedas posteriores, al no transmitir movimiento (por medio de un motor) y tampoco estar restringidas para moverse solo hacia adelante, no brindan el soporte que necesitan las ruedas delanteras para subir y por simple acción de la gravedad no pueden ascender.

5.2.2. Boceto B

En el boceto B que se ve en la *figura 5.6*, se planteó un prototipo de silla de ruedas con ruedas motrices de 18 pulgadas acopladas a un modelo de suspensión no amortiguada que, en teoría amortiguarían las vibraciones excesivas cuando la silla suba o baje una vereda, además en la parte frontal se pensó en una rueda de 6 pulgadas acoplada a un resorte que permitiría elevar más fácilmente las ruedas delanteras motrices, además de una rueda a cierta altura del piso que evitaría a la silla quedarse embancada cuando baje una vereda, ya que la distancia entre ejes es relativamente alta (ruedas de 6 pulgadas).

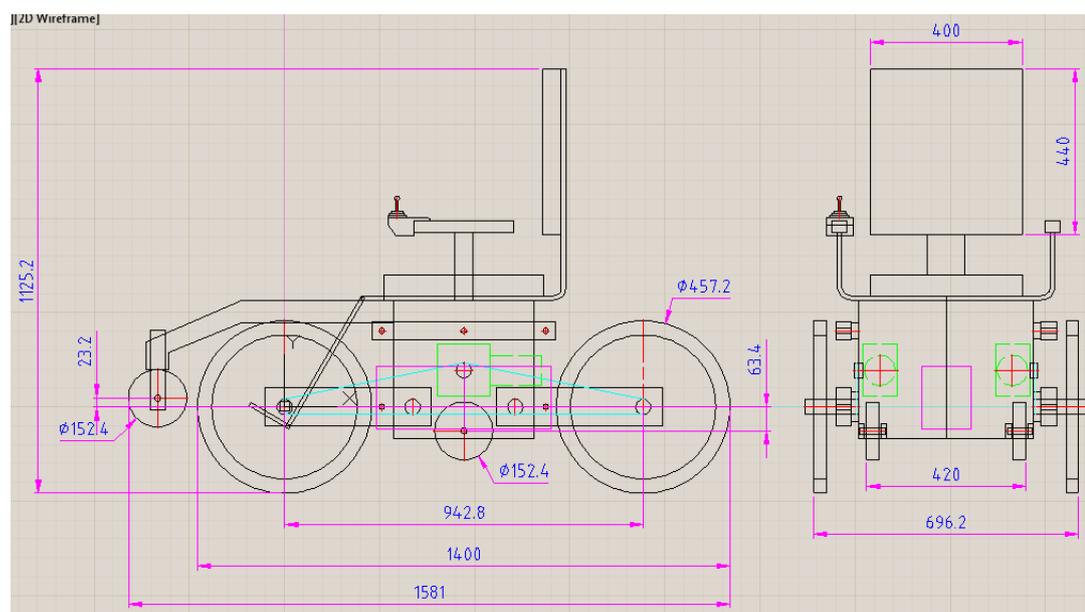


Figura 5.6: Boceto prototipo de silla de ruedas boceto B con dimensiones aproximadas

Fuente: Autodesk Autocad Mechanical 2013

Elaboración: El Autor

Para la elaboración de este boceto se planteó la información inicial que se aprecia en la *tabla 5.2*:

Tabla 5.2: Tabla Bibliográfica Boceto B

| | | | |
|-----------------------------|--|--|---|
| Modelo: | El autor | Boceto: | B |
| Longitud total: | 1581 mm | Ancho total: | 696,2 mm |
| Rueda Motriz: | 4 x 18 pulgadas | Rueda seguidora: | 2 x 8 pulgadas (tipo carrito de supermercado) |
| Rueda intermedia: | 2 x 6 pulgadas, movimiento vertical (restringido por resorte) | Altura (incluyendo el respaldo) | 1125,2 mm |
| Longitud del asiento | 470 mm – 440 mm – 400 mm – 53 mm | Altura del asiento | 557,2 mm |
| Motores | 2 motorreductores RP-D 320 de 24 V/10 A y una salida de 150 a 160 rpm y una potencia de salida de 250W | Altura del respaldo | 440 mm |
| Cargador de baterías | Exendis | Baterías | CURTISS CT12 440 (12V44AH), dimensiones |

Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| | | | (171 x 197 x 166), peso (13.6 kg) |
| Peso nominal (carga máxima) | 90 kg | Temperatura de operación de los sistemas electrónicos | entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (supuesto) |
| Autonomía | Unos 25 km (depende de las baterías) | Velocidad máxima | 4,5 km/h |
| Suspensión: | Si (brazos articulados con resorte) | Tipo de transmisión: | Transmisión por cadena |
| Elaboración: El autor | | | |

En el modelo de la *figura 5.7* se puede apreciar su funcionamiento de mejor manera.

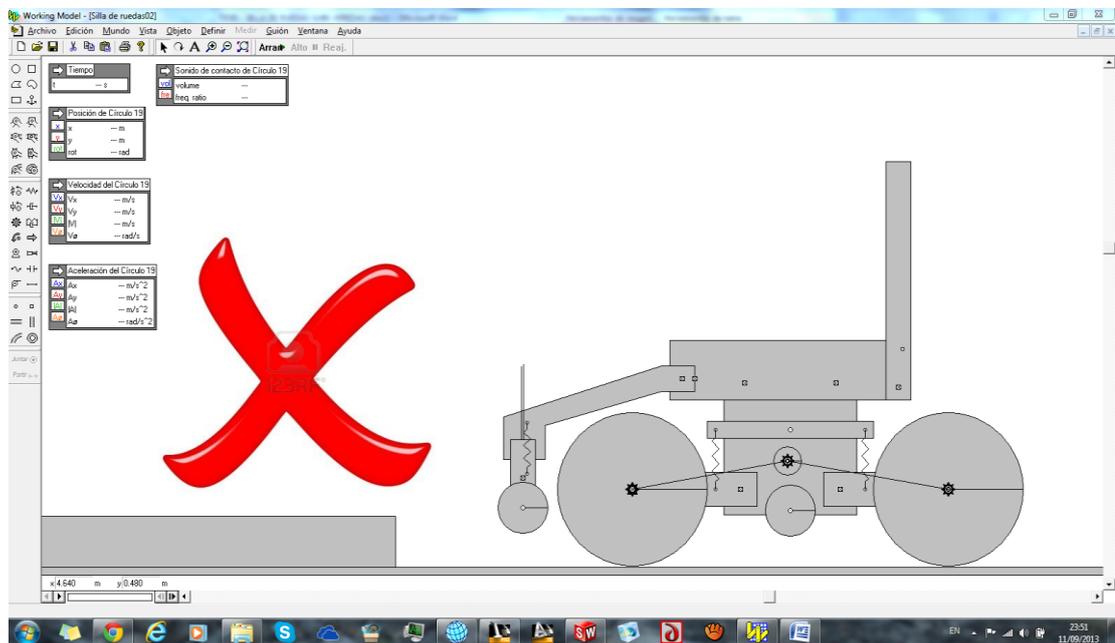


Figura 5.7: Ilustración básica prototipo de silla de ruedas boceto B

Fuente: Working Model

Elaboración: El Autor

Este prototipo de silla de ruedas fue *descartado* ya que no pudo subir la vereda de 180 mm de alto, era excesivamente largo y la transmisión de cadena provocaba muchos problemas con la suspensión de brazos articulados; no se continuó analizando este boceto y se empezó con un modelo diferente.

5.2.3. Boceto C

En el boceto C de la *figura 5.8* se planteó un prototipo de silla con dos ruedas motrices de 12 pulgadas a cada lado de la silla y dos ruedas soporte adelante y atrás para subir como apoyo (ruedas de 6 pulgadas), en teoría las ruedas soporte deberían elevar ligeramente las ruedas motrices delanteras permitiendo al equipo escalar la vereda, la *figura 5.9* muestra el funcionamiento del boceto.

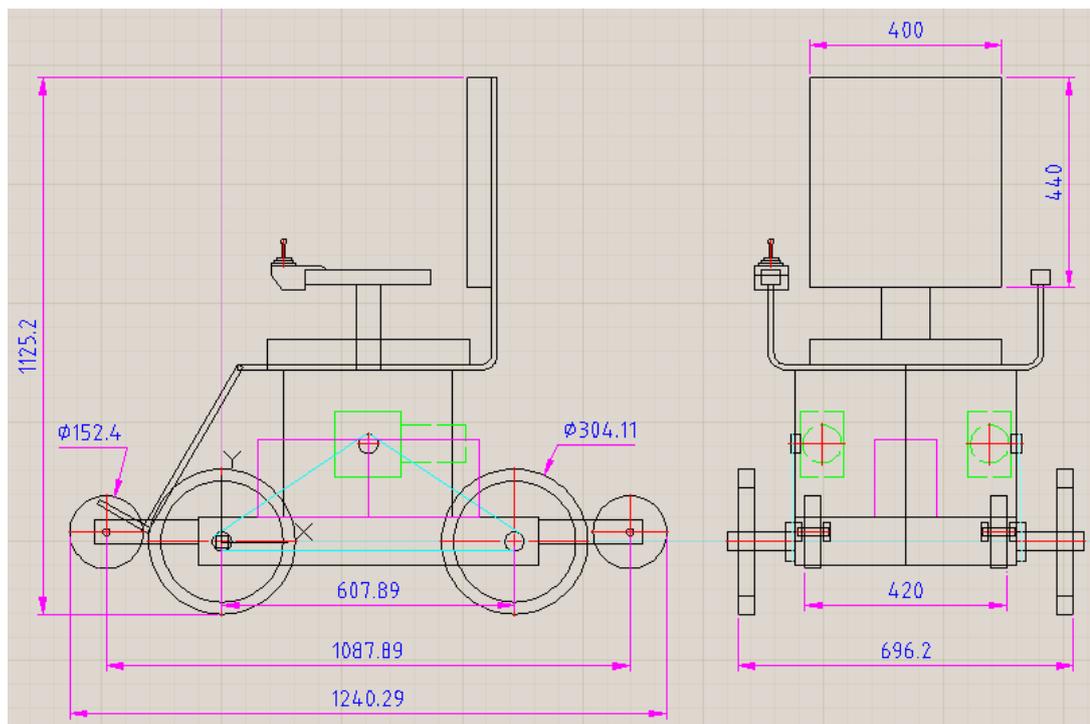


Figura 5.8: Boceto prototipo de silla de ruedas boceto C con dimensiones aproximadas

Fuente: Autodesk Autocad Mechanical 2013

Elaboración: El Autor

Para la elaboración de este boceto se planteó la siguiente *tabla 5.3* que muestra las condiciones iniciales para diseñar el prototipo:

Tabla 5.3: Tabla Bibliográfica Boceto C

| | | | |
|-----------------------------|--|--|---|
| Modelo: | El autor | Boceto: | C |
| Longitud total: | 1240 mm | Ancho total: | 696,2 mm |
| Rueda Motriz: | 4 x 12 pulgadas | Rueda seguidora: | no |
| Rueda intermedia: | 4 x 6 pulgadas fijas | Altura (incluyendo el respaldo) | 1125,2 mm |
| Longitud del asiento | 470 mm – 440 mm – 400 mm– 53 mm | Altura del asiento | 557,2 mm |
| Motores | 2 motorreductores RP-D 320 de 24 V/10 A y una salida de 150 a 160 rpm y una potencia de salida de 250W | Altura del respaldo | 440 mm |
| Cargador de baterías | Exendis | Baterías | CURTISS CT12 440 (12V44AH), dimensiones (171 x 197 x 166), peso (13.6 |

Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| Peso nominal (carga máxima) | 90 kg | Temperatura de operación de los sistemas electrónicos | kg) entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (supuesto) |
| Autonomía | Unos 25 km (depende de las baterías) | Velocidad máxima | 4,5 km/h |
| Suspensión: | No | Tipo de transmisión: | Transmisión por cadena |
| Elaboración: El autor | | | |

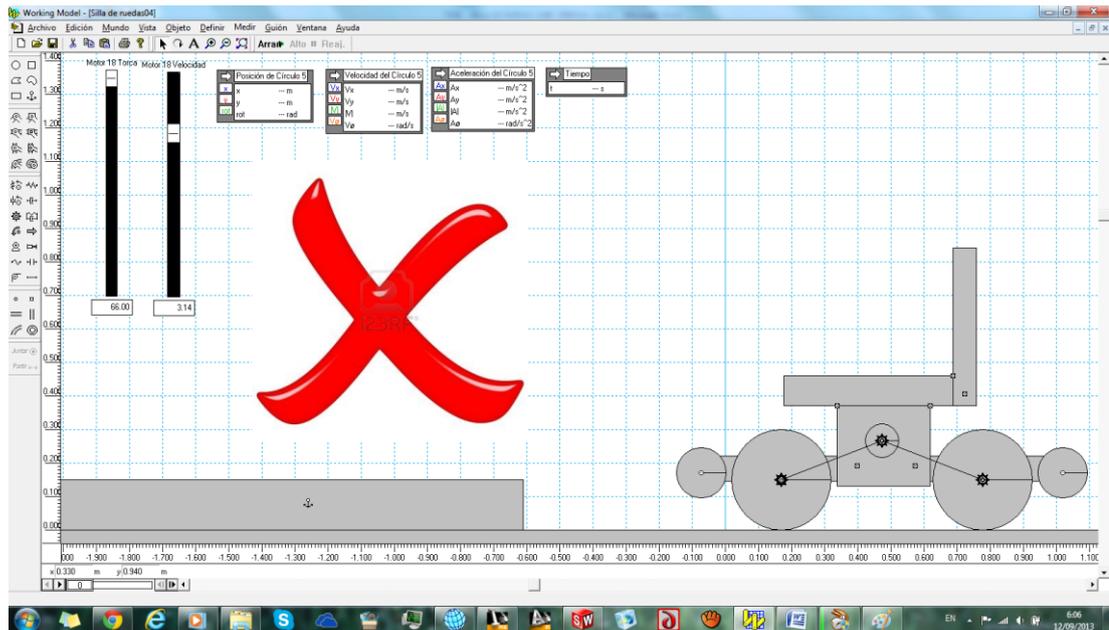


Figura 5.9: Ilustración básica prototipo de silla de ruedas boceto C

Fuente: Working Model

Elaboración: El Autor

Este prototipo de silla de ruedas fue *descartado* ya que nunca pudo subir la vereda de 180 mm de alto.

5.2.4. Boceto D

El prototipo de silla de ruedas del boceto D que se puede ver en la *figura 5.10*, no son realmente ruedas, sin embargo el sistema funciona utilizando un motor y un mecanismo de cadena para transmitir el movimiento para cada lado del prototipo hacia los 4 brazos que están dispuestos al frente y detrás de la silla de ruedas, la *figura 5.11* muestra de mejor manera la forma en que funcionaría este mecanismo.

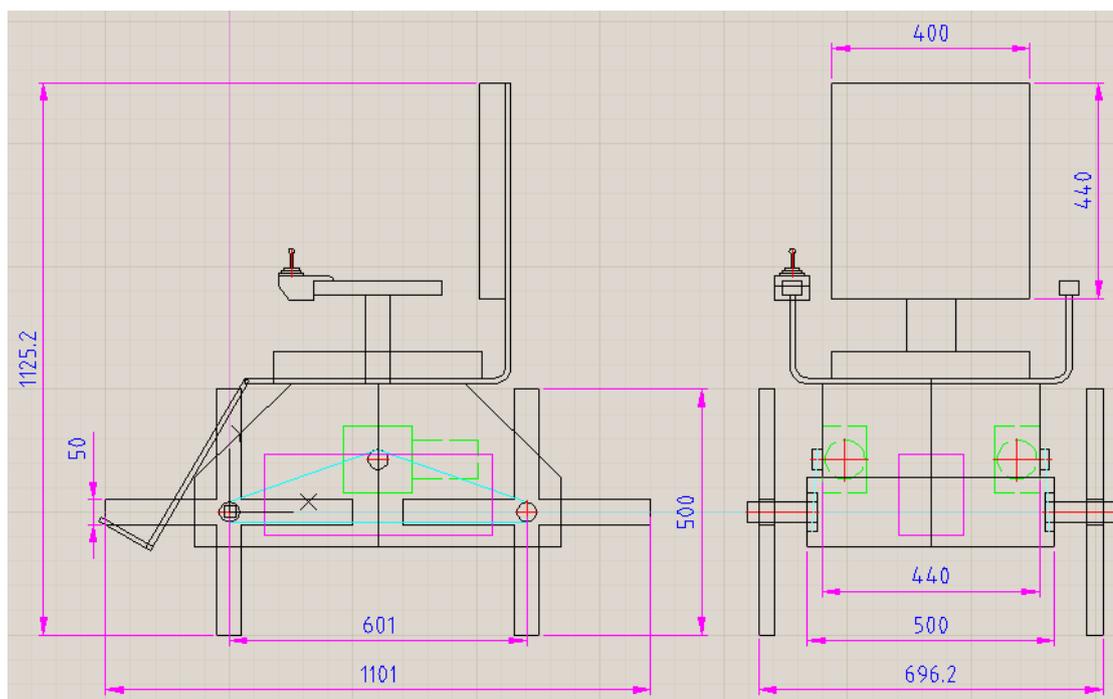


Figura 5.10: Boceto prototipo de silla de ruedas boceto D con dimensiones aproximadas

Fuente: Autodesk Autocad Mechanical 2013

Elaboración: El Autor

Para la elaboración de este boceto se planteó las condiciones iniciales de la *tabla 5.4* con un modelo de rueda muy curioso:

Tabla 5.4: Tabla Bibliográfica Boceto D

| | | | |
|-----------------------------|--|--|---|
| Modelo: | El autor | Boceto: | D |
| Longitud total: | 1100 mm | Ancho total: | 696,2 mm |
| Brazo Motriz: | 4 x 500 mm x 50 mm (4 brazos) | Altura (incluyendo el respaldo) | 1125,2 mm |
| Longitud del asiento | 470 mm – 440 mm – 400 mm– 53 mm | Altura del asiento | 557,2 mm |
| Motores | 2 motorreductores RP-D 320 de 24 V/10 A y una salida de 150 a 160 rpm y una potencia de salida de 250W | Altura del respaldo | 440 mm |
| Cargador de baterías | Exendis | Baterías | CURTISS CT12 440 (12V44AH), dimensiones (171 x 197 x 166), peso (13.6 kg) |
| Peso nominal | 90 kg | Temperatura | entre -20 °C y +40 °C |

Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

| (carga máxima) | | de operación de los sistemas electrónicos | (supuesto) |
|------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------|
| Autonomía | Unos 25 km (depende de las baterías) | Velocidad máxima | 4,5 km/h |
| Suspensión: | No | Tipo de transmisión: | Transmisión por cadena |
| Elaboración: El autor | | | |

El sistema para ascender veredas tipo brazo es muy versátil teóricamente y se muestra en la figura que sigue,

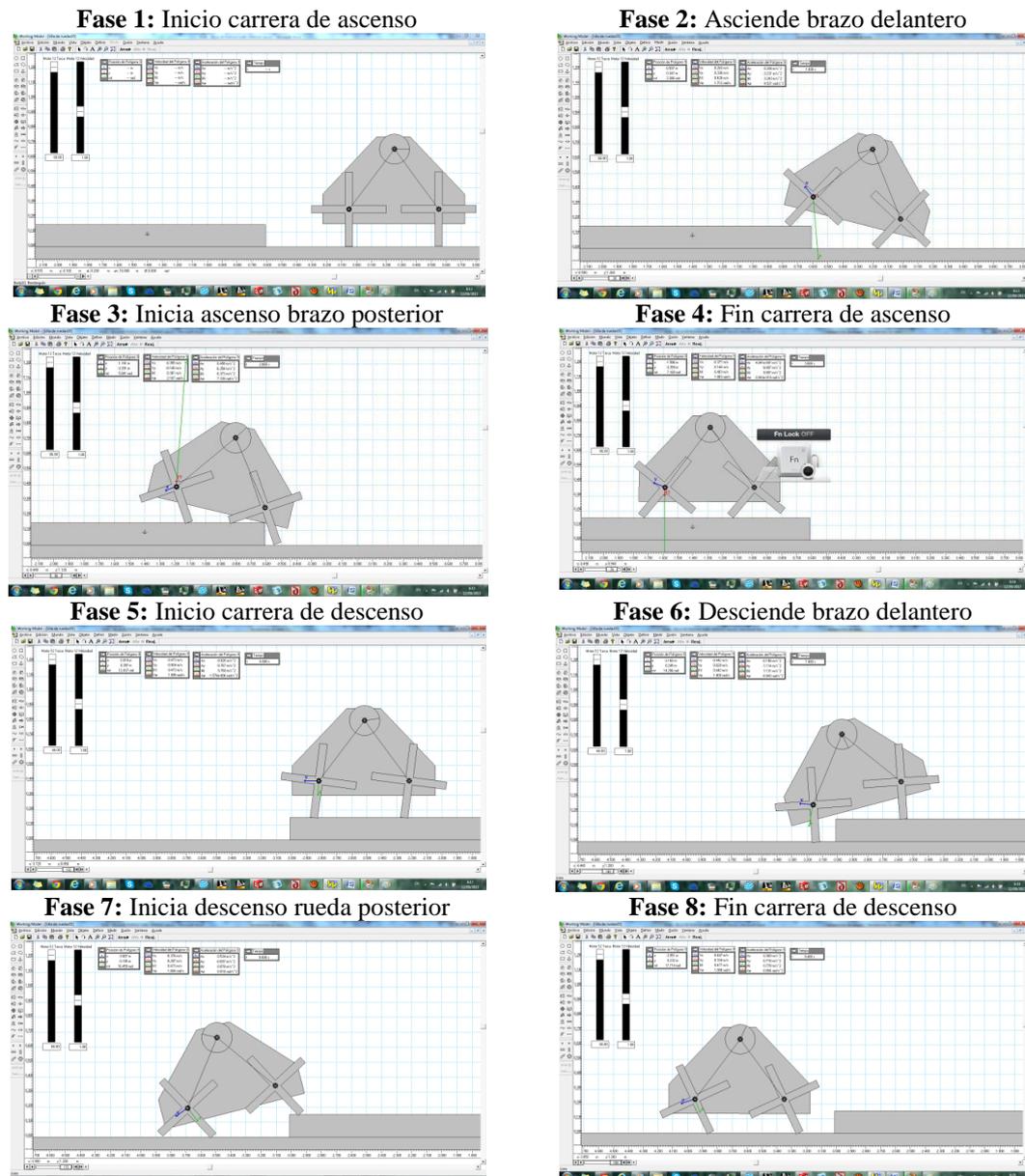


Figura 5.11: Ilustraciones de simulación básica prototipo de silla de ruedas boceto D

Fuente: Working Model

Elaboración: El Autor

Aunque el mecanismo puede subir y bajar no solamente veredas sino también escaleras, fue *descartado* porque la tesis dice claramente silla de ruedas y este mecanismo de brazos no cuenta como una rueda, además el principal inconveniente sería poder sincronizar los brazos de cada lado del equipo cuando el equipo se mueva hacia adelante o hacia atrás, porque de no hacerlo, probablemente el usuario sería movido de derecha a izquierda y de arriba abajo, lo que sería muy molesto y en algunos casos podría provocar mareos; sin embargo la idea de los brazos puede ser útil para encontrar el mejor diseño de la silla de ruedas.

5.2.5. Boceto E

El boceto E de la *figura 5.12* del prototipo de silla de ruedas que dio mejores resultados, es el sistema de 4 ruedas motrices de 18 pulgadas (pudiendo llamarse un mecanismo 4 x 4 ya que tiene 4 ejes y los 4 generan movimiento), además su distancia entre ejes es corta en función del tamaño de las ruedas, (existen modelos parecidos pero su distancia entre ejes es mayor y el tamaño de las ruedas es de unas 12 pulgadas "macizas" y en la mayoría de los casos utilizan un labrado diseñado por el fabricante), la *figura 5.13* da una mejor idea del principio de funcionamiento de este equipo.

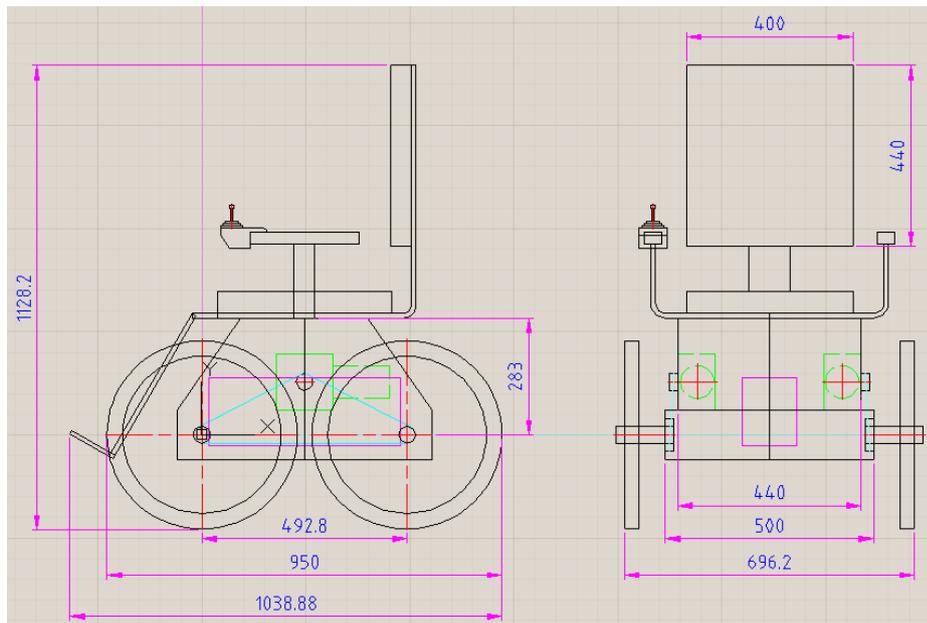


Figura 5.12: Boceto prototipo de silla de ruedas boceto E con dimensiones aproximadas

Fuente: Autodesk Autocad Mechanical 2013

Elaboración: El Autor

Para la elaboración de este boceto se planteó un mecanismo de transmisión 4 x 4 con las condiciones iniciales que se muestran en la *tabla 5.5*:

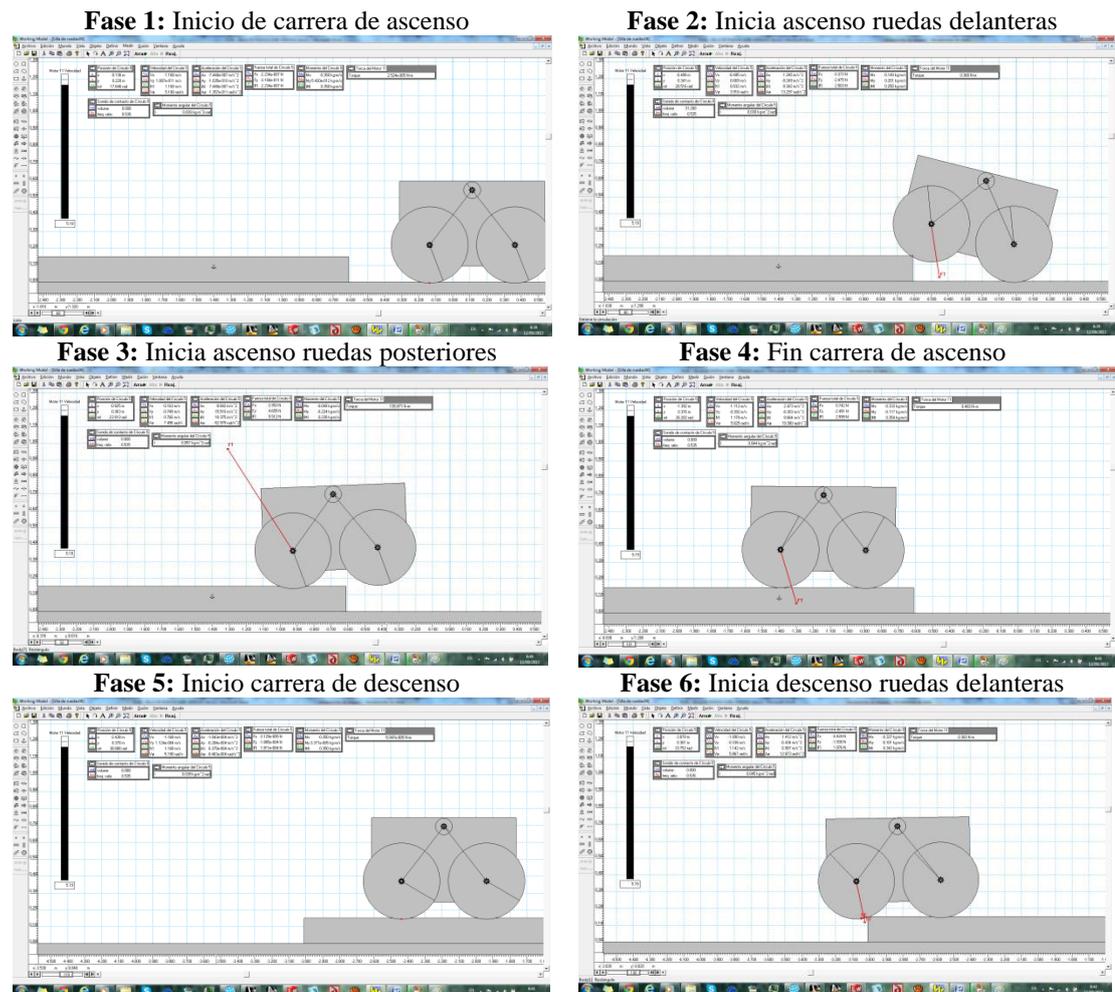
Tabla 5.5: Tabla Bibliográfica Boceto E

| | | | |
|------------------------|---------------------------------------|--|-----------|
| Modelo: | El autor | Boceto: | E |
| Longitud total: | 1388,88 mm | Ancho total: | 696,2 mm |
| Rueda Motriz: | 4 x 18 pulgadas (ruedas de bicicleta) | Altura (incluyendo el respaldo) | 1128,2 mm |

Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

| | | | |
|------------------------------------|--|--|--|
| Longitud del asiento | 470 mm – 440 mm – 400 mm – 53 mm | Altura del asiento | 557,2 mm |
| Motores | 2 motorreductores RP-D 320 de 24 V/10 A y una salida de 150 a 160 rpm y una potencia de salida de 250W | Altura del respaldo | 440 mm |
| Cargador de baterías | Exendis | Baterías | CURTISS CT12 440 (12V44AH), dimensiones (171 x 197 x 166), peso (13.6 kg) |
| Peso nominal (carga máxima) | 90 kg | Temperatura de operación de los sistemas electrónicos | entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (supuesto) |
| Autonomía | Unos 25 km (depende de las baterías) | Velocidad máxima | 4,5 km/h |
| Suspensión: | No | Tipo de transmisión: | Transmisión por cadena |
| Elaboración: El autor | | | |

Este boceto fue pensado tomando en cuenta un vehículo de doble transmisión y con esa referencia se muestra la figura 5.13,



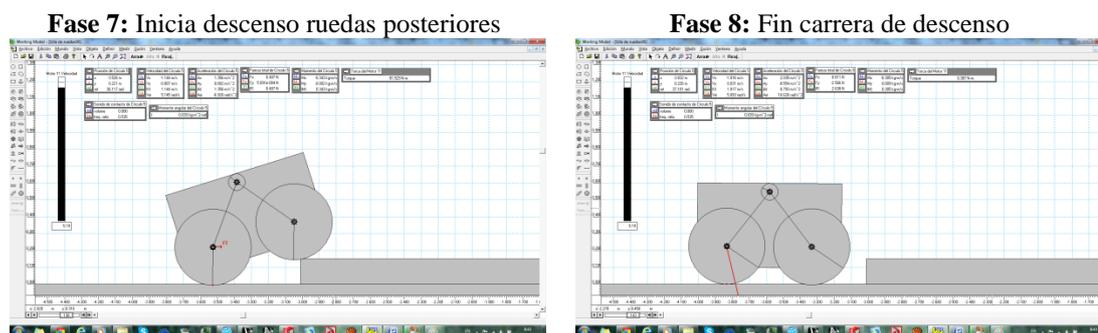


Figura 5.13: Ilustraciones de simulación básica prototipo de silla de ruedas boceto E

Fuente: Working Model

Elaboración: El Autor

Este modelo es muy útil y es el modelo que se tomará en cuenta para el diseño del prototipo de silla de ruedas sube veredas, el modelo original del bosquejo puede variar en función del análisis de diseño.

5.3. Determinación de los parámetros de diseño

Para el diseño del prototipo se debe tomar en cuenta ciertos parámetros que se muestran a continuación en la *tabla 5.6*.

Tabla 5.6: Tabla de parámetros de diseño

| | | | |
|------------------------------------|--|--|--|
| Longitud total: | 1100 a 1250 mm (máximo) | Ancho total: | 650 a 700 mm (máximo) |
| Rueda Motriz: | 4 x 18 pulgadas (ruedas de bicicleta) | Altura (incluyendo el respaldo) | 1120 a 1130 mm (máximo) |
| Longitud del asiento | 470 mm – 440 mm – 400 mm– 53 mm (no variable) | Altura del asiento | 557,2 mm (no variable) |
| Motores | 2 motorreductores RP-D 320 de 24 V/10 A y una salida de 150 a 160 rpm y una potencia de salida de 250W | Altura del respaldo | 440 mm (no variable) |
| Cargador de baterías | Exendis | Baterías | (4)- CURTISS CT12 440 (12V44AH), dimensiones (171 x 197 x 166), peso (13.6 kg) |
| Peso nominal (carga máxima) | 90 kg (máximo) | Temperatura de operación de los sistemas electrónicos | entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (supuesto) |
| Autonomía | Unos 25 km (depende de las baterías) | Velocidad máxima | No conocida |
| Suspensión: | No | Tipo de transmisión: | Transmisión por cadena |

Elaboración: El autor

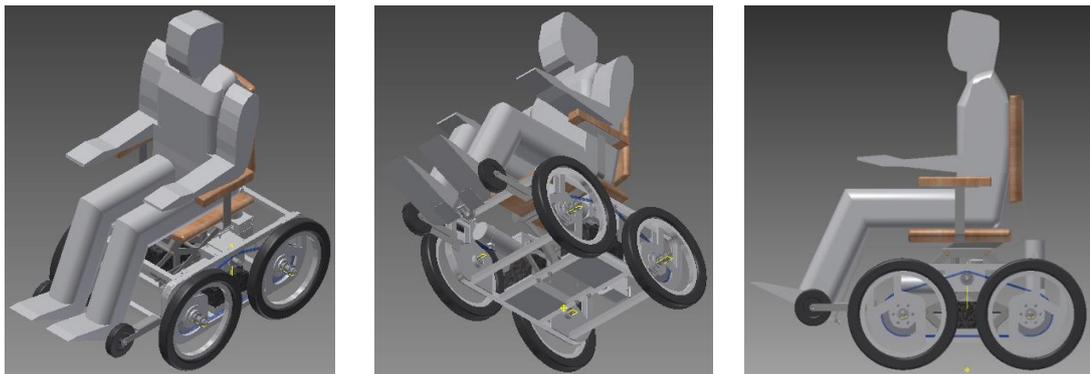
También se debe tener en cuenta:

- Una estructura ligera y con elevada rigidez para tener una buena relación peso/potencia del mecanismo, con respecto a los prototipos existentes en la actualidad.
- Elevada seguridad porque los mecanismos se deben diseñar para reforzar la estabilidad mecánica del sistema mientras la silla de ruedas se encuentra sobre la vereda.
- Modularidad y facilidad de construcción. Este punto implica indirectamente una importante reducción en los costes de fabricación ya que ésta se puede adaptar a las necesidades de cada paciente.
- Diseño compacto. El mecanismo debe cumplir todas las reglamentaciones a las que se deben someter las sillas de ruedas estándar.

La información anterior indica que el asiento de la silla de ruedas debe ajustarse a las necesidades del usuario, sin embargo para el modelo de silla se tomará una silla regular con apoya brazos ya prefabricada y se acoplará al modelo para disminuir el costo de fabricación del asiento; la silla deberá ser ensamblada de manera que pueda retirarse en caso de que el usuario necesite una silla especial para su traslado (eso significa que los sistemas diseñados podrán acoplarse a las necesidades propias de cada usuario).

5.4. Dimensionamiento del sistema

Con el uso del software *Autodesk Inventor Professional 2013* se realizó el diseño preliminar del sistema para subir veredas de la silla de ruedas (*figura 5.14*) tomando en cuenta un vehículo 4 x 4 (cuatro ruedas que transmiten movimiento), un mecanismo de transmisión de cadena (individual para cada lado del sistema) que distribuye el movimiento desde el motorreductor hacia las ruedas.



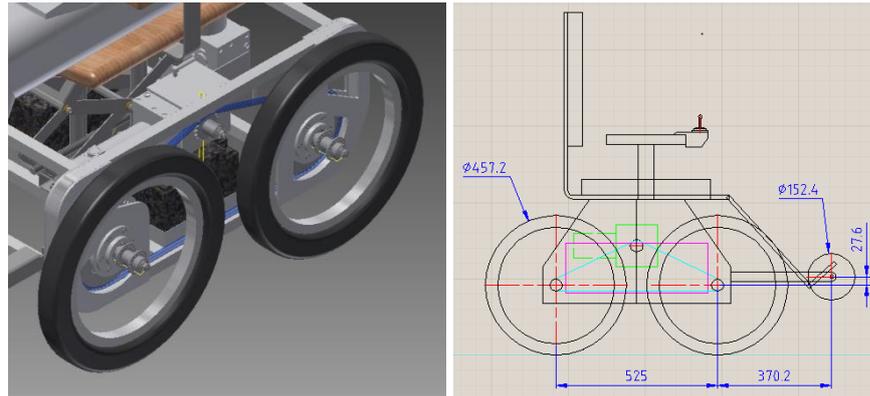


Figura 5.14: Diseño del sistema para subir veredas de la silla de ruedas eléctrica

Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013

Elaboración: El Autor

Cada motor maneja dos ruedas laterales de manera que permita al usuario de la silla girarla en su propio eje; también, al frente de la silla de ruedas se colocaron unas ruedas que, en teoría, evitarían que el usuario pierda el equilibrio y caiga hacia la acera al momento que deba bajar la vereda.

El diseño del sistema tiene un peso aproximado de 73 kg (incluyendo el mecanismo de elevación) y sus dimensiones son: 1200 mm de largo, 1124 mm de alto y 700 mm de ancho; la relación de transmisión del piñón a las ruedas es de 19 a 59, el resto de la información referencial se encuentra en la *tabla 5.6*.

5.5. Cálculo del sistema

5.5.1. Determinación del peso total

Para el análisis se considera el peso de todos los componentes que integran el sistema (*figura 5.14*) tales como: estructura del sistema, motores, baterías, mecanismo de control y peso del usuario. El peso total que los motores deben mover entonces es:

$$PTM = PEM + PMU + PF + PSC + PMR$$

El resultado de esta ecuación se observa en la *tabla 5.7* de la página siguiente:

Tabla 5.7: Tabla de cálculo (Peso total)

| Siglas | Significado | Valor | Unidad |
|--|--------------------------------------|----------------|------------|
| PEM | Peso estructura mecánica de la silla | 507,631 | [N] |
| PMU | Meso máximo del usuario | 882,9 | [N] |
| PF | Peso de las fuentes | 130 | [N] |
| PSC | Peso del sistema de control | 9,81 | [N] |
| PMR | Peso de los motorreductores | 68,689 | [N] |
| PTM | Peso total a movilizar | 1599,03 | [N] |
| Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013 | | | |
| Elaboración: El Autor | | | |

En la *tabla 5.7* se indica que el peso total es de 1599,03 Newtons, con este valor se calcula la fuerza mínima que deben entregar los motores para la movilización de la silla de ruedas.

5.5.2. Análisis de la fuerza requerida en una superficie plana

Para la determinación de la fuerza máxima se recurrió a las leyes de Newton mediante el diagrama de cuerpo libre (*figura 5.15*).

"Para materiales de hule sobre concreto se toma un coeficiente de fricción cinético aproximadamente de 0,57"[1]

Entonces, realizando la sumatoria de fuerzas en X se tiene:

$$\sum F_x = 0$$

$$F - F_r = 0$$

$$F = F_r$$

Ecuación 5.1: Coeficiente de fricción

$$F_r = u_c \cdot N$$

y la sumatoria de fuerzas en Y es,

$$\sum F_y = 0$$

$$w - N = 0$$

$$w = N$$

Ecuación 5.2: Peso en función de la masa

$$w = m \cdot g$$

al reemplazar N de la sumatoria de fuerzas en Y en la sumatoria de fuerzas en X se tiene,

$$F = F_r = u_c \cdot m \cdot g$$

$$F = F_r = 0,57 \cdot 1599,03 [N]$$

$$F = 911,4471 [N]$$

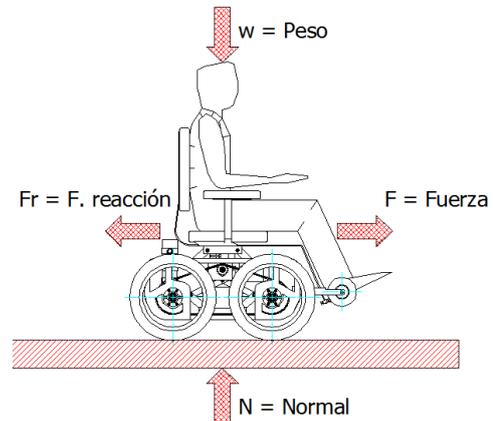


Figura 5.15: Esquema de fuerzas sobre una superficie plana
Fuente: Autodesk Autocad Mechanical 2013
Elaboración: El Autor

Esta es la fuerza máxima aplicada a la silla para que se mueva en cualquier dirección en el plano (sin elevación).

5.5.3. Análisis de la fuerza requerida en una superficie ascendente

Ya que la silla de ruedas que se está diseñando puede encontrarse con obstáculos como elevaciones, debe realizarse el cálculo respectivo para conocer la máxima fuerza necesaria requerida por los motores.

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización, en la norma NTE INEN 2 245 del año 2000 (Accesibilidad a las personas al medio físico. Edificios. Rampas fijas) y como se muestra en la *figura 5.16*, la norma indica que la pendiente más pronunciada y que servirá de referencia para el cálculo es de 12% en 3 metros.

- a) hasta 15 metros: 6 % a 8 %
- b) hasta 10 metros: 8 % a 10 %
- c) hasta 3 metros: 10 % a 12 %

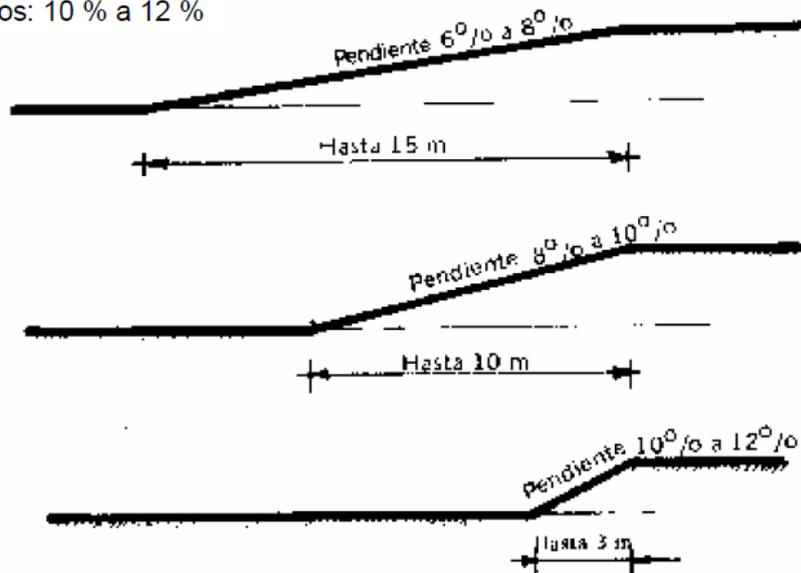


Figura 5.16: Diseño del sistema para subir veredas de la silla de ruedas eléctrica
Fuente: Accesibilidad a las personas al medio físico. Edificios. Rampas fijas (Página 1)
Elaboración: Instituto Ecuatoriano de Normalización, en la norma NTE INEN 2 245 del año 2000

Entonces, el 12% de 3 metros es 0,36 metros y usando el teorema de Pitágoras, el ángulo de inclinación es de 6,84 grados. La *figura 5.17* muestra el diagrama de cuerpo libre de la silla de ruedas en una superficie ascendente; teniendo en cuenta el ángulo, el análisis usando sumatoria de fuerzas es:

$$\sum F_x = 0$$

$$F - F_r - w_x = 0$$

$$F = F_r + w_x$$

$$F = F_r + w \cdot \text{sen}(\varphi)$$

y reemplazando con la *ecuación 5.1* y *ecuación 5.2* se tiene,

$$F = u_c \cdot N + m \cdot g \cdot \text{sen}(\varphi)$$

en cambio la sumatoria de fuerzas en y se calcula,

$$\sum F_y = 0$$

$$N - w_y = 0$$

$$N = w_y$$

$$N = w \cdot \text{cos}(\varphi)$$

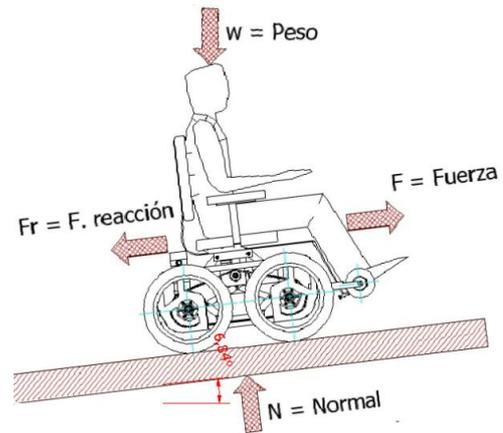


Figura 5.17: Esquema de fuerzas sobre una superficie inclinada
Fuente: Autodesk Autocad Mechanical 2013
Elaboración: El Autor

y reemplazando la *ecuación 5.2* se muestra como,

$$N = m \cdot g \cdot \text{cos}(\varphi)$$

reemplazando N de la sumatoria en X por la ecuación N de la sumatoria en Y se tiene,

$$F = u_c \cdot m \cdot g \cdot \text{cos}(\varphi) + m \cdot g \cdot \text{sen}(\varphi)$$

$$F = m \cdot g \cdot (u_c \cdot \text{cos}(\varphi) + \text{sen}(\varphi))$$

al reemplazar los datos entonces,

$$F = 1599,03 [N] \cdot (0,57 \cdot \text{cos}(6,84^\circ) + \text{sen}(6,84^\circ))$$

$$F = 1095,4 [N]$$

Esta es la fuerza máxima aplicada a la silla para subir un plano inclinado.

5.5.4. Análisis de la fuerza requerida en una superficie descendente

Se toma en cuenta el ángulo de inclinación anterior como se ve en la *figura 5.18*, entonces la sumatoria de fuerzas en X queda como sigue,

$$\sum F_x = 0$$

$$F - F_r + w_x = 0$$

$$F = F_r - w_x$$

$$F = F_r - w \cdot \text{sen}(\varphi)$$

reemplazando de nuevo con la *ecuación 5.1* y *ecuación 5.2* se tiene,

$$F = u_c \cdot N - m \cdot g \cdot \text{sen}(\varphi)$$

mientras la sumatoria de fuerzas en Y se describe,

$$\sum F_y = 0$$

$$N - w_y = 0$$

$$N = W_y$$

$$N = w \cdot \cos(\varphi)$$

y reemplazando la ecuación 5.2 se describe,

$$N = m \cdot g \cdot \cos(\varphi)$$

reemplazando N de la sumatoria en X por la ecuación N de la sumatoria en Y se tiene,

$$F = u_c \cdot m \cdot g \cdot \cos(\varphi) - m \cdot g \cdot \text{sen}(\varphi)$$

$$F = m \cdot g \cdot (u_c \cdot \cos(\varphi) - \text{sen}(\varphi))$$

Al reemplazar los datos se tiene,

$$F = 1599,03 [N] \cdot (0,57 \cdot \cos(6,84^\circ) - \text{sen}(6,84^\circ))$$

$$F = 714,52 [N]$$

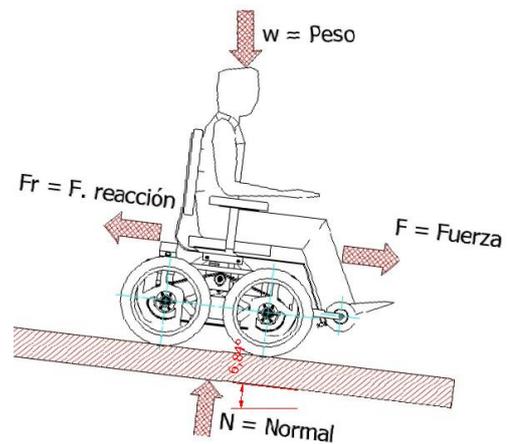


Figura 5.18: Esquema de fuerzas sobre una superficie inclinada

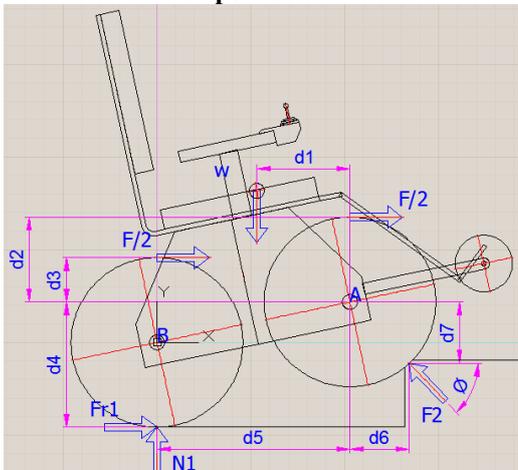
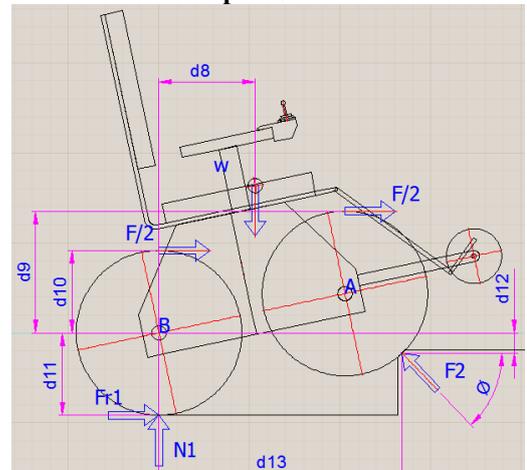
Fuente: Autodesk Autocad Mechanical 2013

Elaboración: El Autor

5.5.5. Análisis de la fuerza requerida para subir una vereda

Para este análisis se tomó el ángulo de inclinación de la silla de 0 a 20 grados, para esto se realizó análisis parciales de grados en grados para obtener la mayor fuerza requerida por los motores a través del mecanismo de transmisión para que la silla de ruedas pueda subir la vereda de 180 mm de alto, entonces en la *tabla 5.8* se muestra el método de cálculo utilizado y las constantes que se tomaron como referencia para este cálculo.

Tabla 5.8: Tabla de ecuaciones para subir la vereda

| Análisis para subir la rueda frontal (de 0 a 20°) | |
|--|---|
| <p>Diagrama de cuerpo libre y de momento en el punto A</p>  | <p>Diagrama de cuerpo libre y de momento en el punto B</p>  |
| <p>Ascenso rueda frontal (Cálculo 1):</p> | |
| $\sum F_x = 0$ | |
| $\frac{F}{2} + \frac{F}{2} + \mu_c \cdot N1 - F2 \cdot \cos(\varphi) = 0$ | |
| $\sum F_y = 0$ | |
| $-w + N1 + F2 \cdot \sin(\varphi) = 0$ | |
| $\sum \tau_A = 0$ | |
| $w \cdot d1 - \frac{F}{2} \cdot d2 - \frac{F}{2} \cdot d3 + \mu_c \cdot N1 \cdot d4 - N1 \cdot d5 + F2 \cdot \sin(\varphi) \cdot d6 - F2 \cdot \cos(\varphi) \cdot d7 = 0$ | |
| <p>Y la fuerza de reacción en 1 se calcula usando la <i>ecuación 5.1</i></p> | |
| <p>Ascenso rueda frontal (Cálculo 2) "Comprobación":</p> | |
| $\sum F_x = 0$ | |

$$\frac{F}{2} + \frac{F}{2} \mu_c \cdot N1 - F2 \cdot \cos(\varphi) = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-w + N1 + F2 \cdot \text{sen}(\varphi) = 0$$

$$\sum \tau_B = 0$$

$$-w \cdot d8 - \frac{F}{2} \cdot d10 - \frac{F}{2} \cdot d9 + \mu_c \cdot N1 \cdot d11 + F2 \cdot \text{sen}(\varphi) \cdot d13 - F2 \cdot \cos(\varphi) \cdot d12 = 0$$

Y la fuerza de reacción en 1 se calcula usando la *ecuación 5.1*

El centro de masa fue tomado del prototipo modelado en Autodesk Inventor Professional 2013

Análisis para subir la rueda posterior (de 20 a 0°)

Diagrama de cuerpo libre y de momento en el punto A

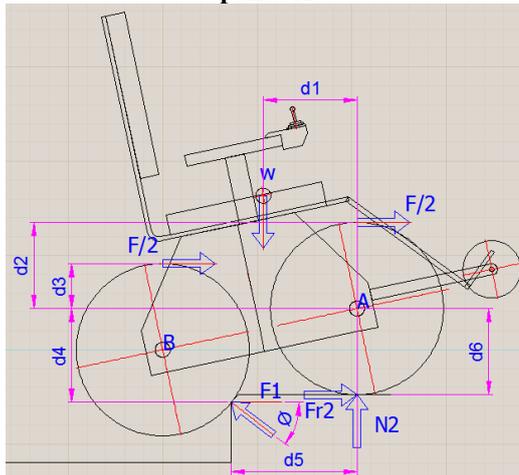
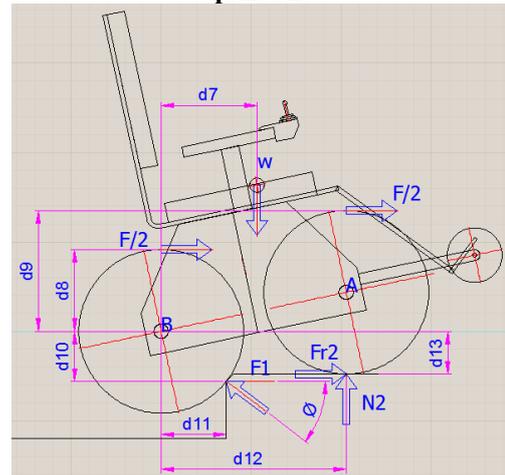


Diagrama de cuerpo libre y de momento en el punto B



Ascenso rueda posterior (Cálculo 1):

$$\sum F_x = 0$$

$$\frac{F}{2} + \frac{F}{2} - F1 \cdot \cos(\varphi) + \mu_c \cdot N2 = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-w + F1 \cdot \text{sen}(\varphi) + N2 = 0$$

$$\sum \tau_A = 0$$

$$w \cdot d1 - \frac{F}{2} \cdot d2 - \frac{F}{2} \cdot d3 - F1 \cdot \text{sen}(\varphi) \cdot d5 - F1 \cdot \cos(\varphi) \cdot d4 + \mu_c \cdot N2 \cdot d6 = 0$$

Y la fuerza de reacción en 1 se calcula usando la *ecuación 5.1*

Ascenso rueda posterior (Cálculo 2) "Comprobación":

$$\sum F_x = 0$$

$$\frac{F}{2} + \frac{F}{2} - F1 \cdot \cos(\varphi) + \mu_c \cdot N2 = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-w + F1 \cdot \sin(\varphi) + N2 = 0$$

$$\sum \tau_B = 0$$

$$-w \cdot d7 - \frac{F}{2} \cdot d8 - \frac{F}{2} \cdot d9 + F1 \cdot \sin(\varphi) \cdot d11 - F1 \cdot \cos(\varphi) \cdot d10 + \mu_c \cdot N2 \cdot d13 + N2 \cdot d12 = 0$$

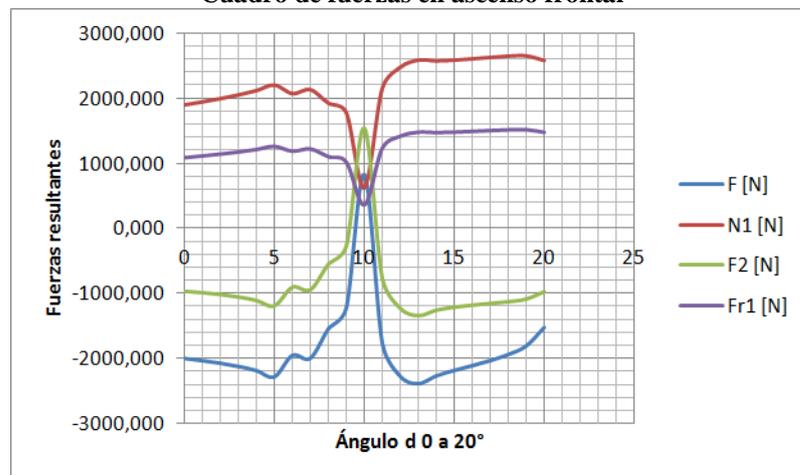
El centro de masa fue tomado del prototipo modelado en Autodesk Inventor Professional 2013

Elaboración: El autor

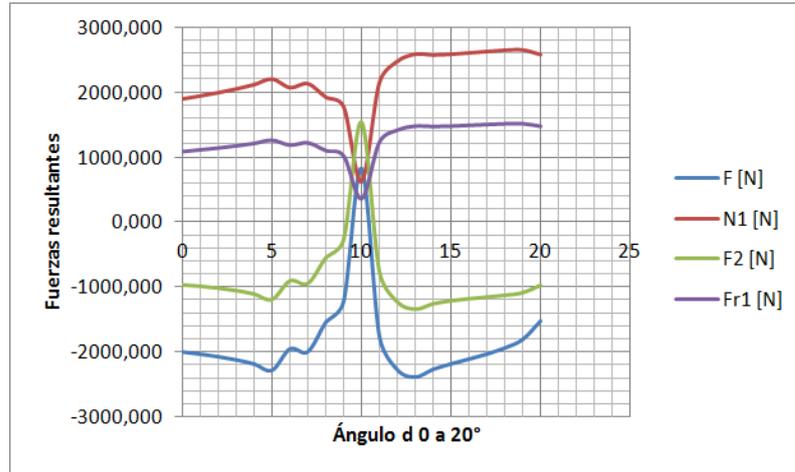
Con la ayuda de *Microsoft Excel 2007* y *Autodesk Autocad Mechanical 2013* se realizó una tabla iterativa para resolver tres ecuaciones con tres incógnitas en el rango de valores de 0 a 20 grados "al subir la rueda frontal" y de 20 a 0 grados "al subir la rueda posterior", con estos datos se obtuvo el análisis de fuerzas al ascender la rueda frontal con su respectiva comprobación (*cuadro 5.2*) y el análisis de fuerzas al ascender la rueda posterior y su comprobación (*cuadro 5.3*).

Cuadro 5.2: Cuadros de análisis de fuerzas (rueda frontal)

Cuadro de fuerzas en ascenso frontal



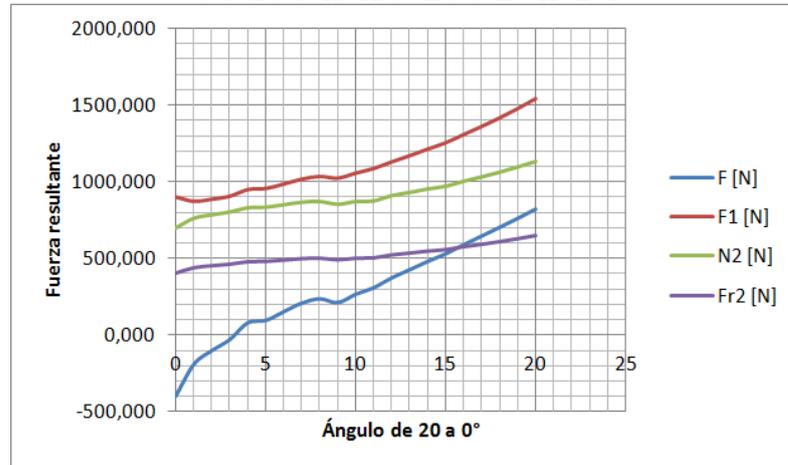
Cuadro de comprobación de cálculo 1



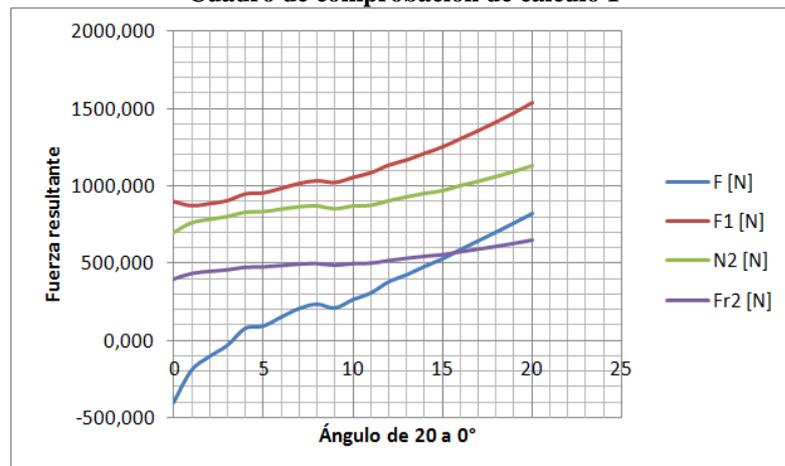
Elaboración: El autor

Cuadro 5.3: Cuadros de análisis de fuerzas (rueda posterior)

Cuadro de fuerzas en ascenso frontal



Cuadro de comprobación de cálculo 1



Elaboración: El autor

Según los cuadros 5.2 y 5.3, la mayor fuerza aplicada a las ruedas al momento de subir una vereda de 180 mm de alto es de 2400 [N]; entonces, ya que la fuerza se distribuye en las 4 ruedas, se tiene que la fuerza individual de cada rueda debe ser de

Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

600 [N]; si se multiplica la fuerza por el radio de la rueda (9 pulgadas "0,2286 m"), se tiene el torque necesario para cada rueda que es de **137,16 Nm**.

El torque necesario para cada rueda implica que se necesita 4 motores de **140 Nm** o más, ya que el torque de los motorreductores que se aplicaron inicialmente es de 100 Nm (prototipo) y el mecanismo de transmisión de movimiento para aplicarlo necesita **274,32 Nm** a la salida de ambas ruedas conductoras, este mecanismo de transmisión sería demasiado robusto y pesado, por ello se decidió cambiar el mecanismo de transmisión por una conexión directa de los motorreductores hacia las ruedas, de este modo se cambia el motorreductor inicial por un motorreductor especificado en la *tabla 5.9*.

Tabla 5.9: MICROMOTOR Hub Motor PMN

| | | |
|--|-------|----------------------|
| | | |
| Información técnica: | | |
| Voltaje Nominal: (Varía dependiendo la demanda) | [VDC] | 24 |
| Poder nominal: | [W] | 480 |
| Velocidad sin carga: | [RPM] | 220 |
| Torque nominal: | [Nm] | 160 |
| Corriente nominal: | [A] | 20 |
| Peso aproximado por motor: | [kg] | 8,5 Aprox. máximo |
| Fuente: http://www.micromotor.ch/en/brushed-drives/dc-hub-drive.html (25/11/2013 16:00 PM) | | |
| Elaboración: MICROMOTOR "We care for your drive" | | |
| Más información, ver anexo 31 | | |

El vendedor de las baterías de 12 V y 44 Ah que se planteó al inicio de este capítulo no pudo ser contactado, se decide cambiar a un contacto que está localizado en la ciudad de Quito-Ecuador y cuya información se encuentra en el *anexo 29*.

Se rediseña el prototipo usando *Autodesk Inventor Professional 2013* y se obtiene que la nueva masa del equipo del sistema armado es de **188,09 [kg]**, la forma del prototipo quedaría como se muestra en la *figura 5.19*.

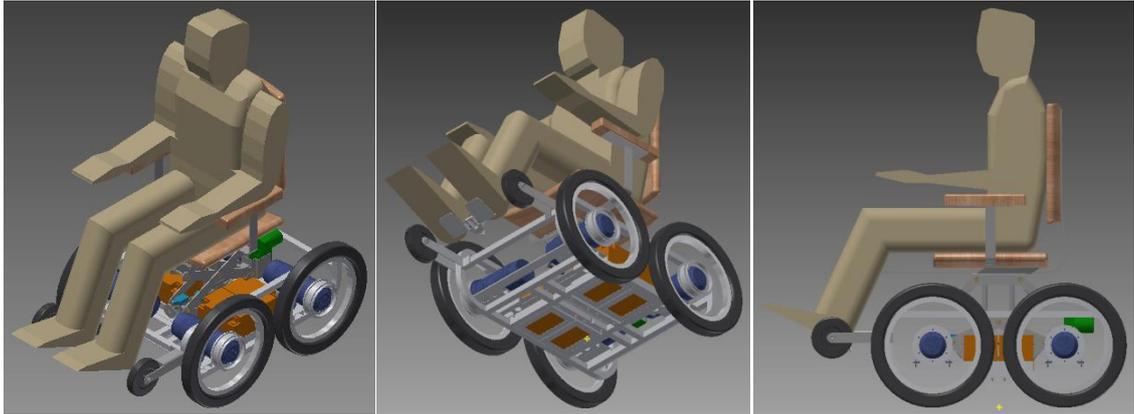


Figura 5.19: Diseño del sistema para subir veredas de la silla de ruedas eléctrica

Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013

Elaboración: El Autor

Se tiene 4 nuevos motores que se acoplan directamente hacia las ruedas y le dan al sistema con el operador un peso que se calcula usando la *ecuación 5.1*,

$$N = m \cdot g$$

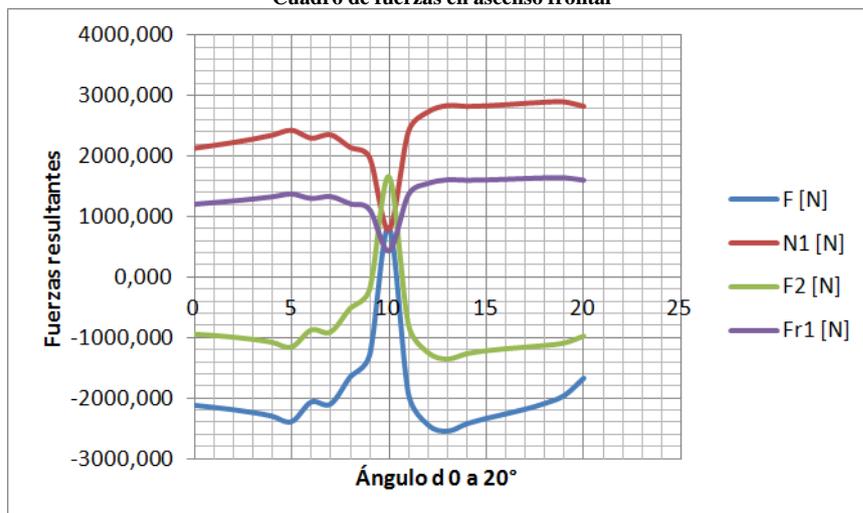
$$N = 188,09 [kg] \cdot 9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$N = 1845,1629 [N]$$

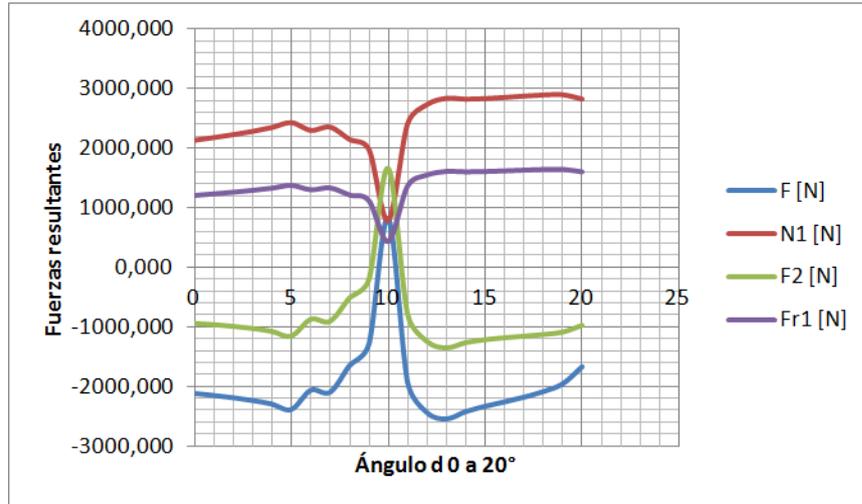
Usando las ecuaciones de la *tabla 5.8* con el nuevo centro de gravedad que brinda el software *Autodesk Inventor Professional 2013* y el peso calculado, se tiene el nuevo análisis de fuerzas al ascender la rueda frontal con su respectiva comprobación (*cuadro 5.4*) y el análisis de fuerzas al ascender la rueda posterior y su comprobación (*cuadro 5.5*).

Cuadro 5.4: Cuadros de análisis de fuerzas rectificado (rueda frontal)

Cuadro de fuerzas en ascenso frontal

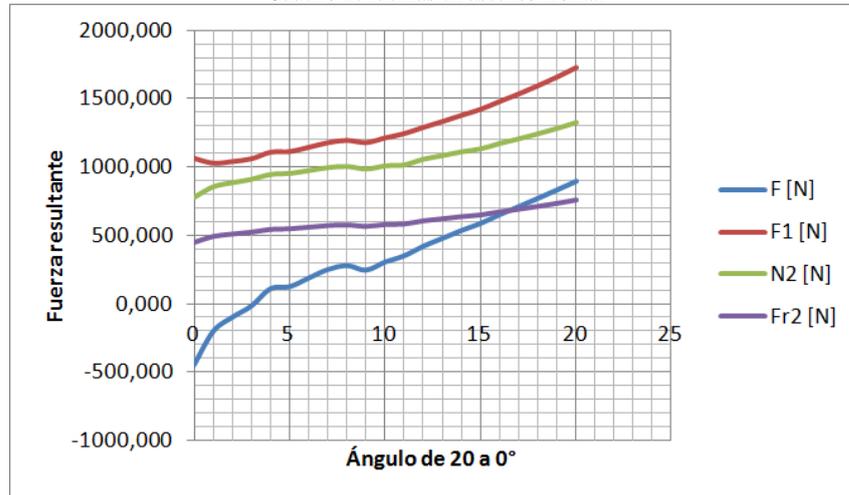


Cuadro de comprobación de cálculo 1

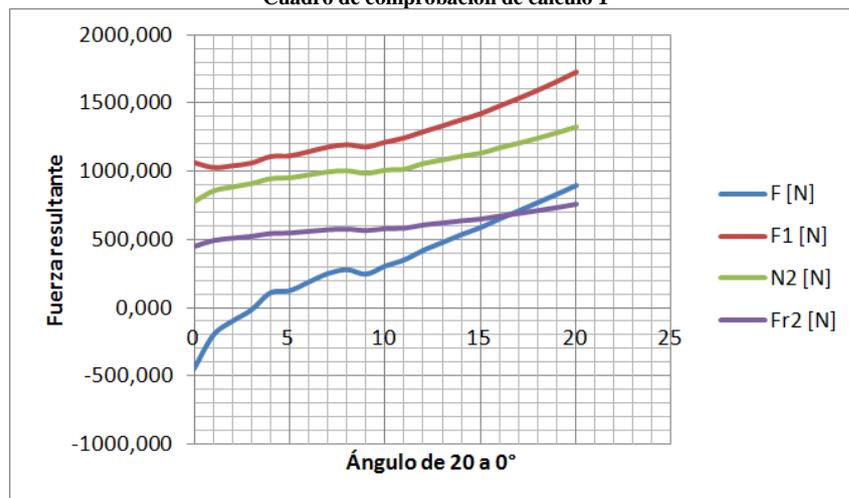


Elaboración: El autor

Cuadro 5.5: Cuadros de análisis de fuerzas rectificado (rueda posterior)
Cuadro de fuerzas en ascenso frontal



Cuadro de comprobación de cálculo 1



Elaboración: El autor

Revisando el *cuadro 5.4* se nota que la mayor fuerza aplicada a las ruedas al momento de subir una vereda de 180 mm de alto es de 2600 [N]; de tal modo, ya que la fuerza se distribuye en las 4 ruedas, se tiene que la fuerza individual de cada rueda debe ser de 650 [N] "66,2815538436 [kgf]"; si se multiplica la fuerza por el radio de la rueda (9 pulgadas "0,2286 m"), se tiene el torque necesario para cada rueda que es de **148,59 Nm**.

Los nuevos motores permiten un torque a la salida del eje de **160 Nm** y aunque el valor real fuera ligeramente menor, sigue siendo la mejor opción para este sistema.

5.5.6. Potencia máxima del motorreductor

Una vez establecidos los datos se procede a calcular la potencia máxima de la siguiente manera,

$$P_{max} = F_{max} \cdot V_{max}$$

Donde:

P_{max} = Potencia máxima

F_{max} = Fuerza máxima [N]

V_{max} = Velocidad máxima "5 [m / s] impuesto por el autor".

por esto,

$$P_{max} = 66,2815538436 [kgf] \cdot 5 [m / s]$$

$$P_{max} = 331,407769210 [W]$$

Esto demuestra que el motor elegido es perfecto para este prototipo, ya que cumple ampliamente con los requerimientos del sistema.

5.5.7. Velocidad necesaria del motor

La velocidad necesaria del motor es,

$$V_{max} = \omega \cdot r$$

donde,

ω = Velocidad angular [rad /s]

r = radio [m]

despejando la velocidad angular,

$$\omega = \frac{V_{max}}{r} = \frac{5 \left[\frac{m}{s} \right]}{0,2286 [m]}$$

$$\omega = 21,872 [rad / s]$$

$$n = 208,864754715 [RPM]$$

ya que la velocidad de salida del motorreductor de la tabla 5.9 es mayor que la calculada, entonces el motorreductor cumple con los requisitos del cálculo.

5.5.8. Distancia aproximada de funcionamiento de la silla (km)

Se planteó usar 4 baterías de 12V y 33Ah conectadas en pares tipo serie para obtener 24 V y luego se conecta en paralelo estos pares para obtener un amperaje de salida de 66 Ah. También se ha planteado 2 motores que consumen 20 amperios cada uno y son 4 en total.

La capacidad de la batería se calcula,

$$C = I_n \cdot t$$

donde,

C = Capacidad de carga [Ah]

I_n = Intensidad necesaria del motor [A]

t = tiempo requerido para funcionamiento del sistema [h]

despejando el tiempo de la ecuación 16 se tiene,

$$t = \frac{C}{I_n} = \frac{66 [Ah]}{4 \cdot 20 [A]}$$

$$t = 0,825 [h]$$

$$t = 2970 [s]$$

Usando la velocidad máxima se calcula,

$$Espacio = Velocidad \cdot tiempo$$

$$Espacio = 5 \left[\frac{m}{s} \right] \cdot 2970 [s]$$

Espacio = 14850 m = 14,85 km (valor aproximado de independencia)

No se recomienda descargar una batería totalmente en cada ciclo de descarga, se debe procurar trabajar al 80% de capacidad de la batería, ya que esto incrementa el

número de ciclos disponibles de carga y descarga, además mantiene la capacidad durante más tiempo.

5.5.9. Análisis de esfuerzos y deformaciones de los elementos del sistema

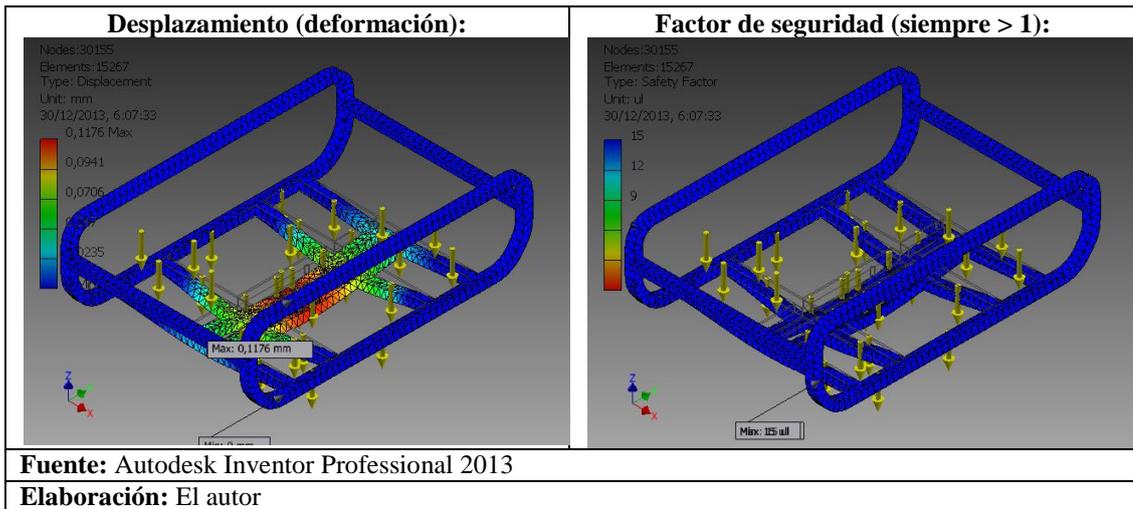
Para el análisis de esfuerzos y deformaciones del sistema se utilizó el programa *Autodesk Inventor Professional 2013*, tal cual se realizó para los análisis del capítulo anterior; ahora bien, los análisis serán:

Análisis Base de componentes.- La base de motores tiene que soportar el peso de ambos sistemas en puntos específicos, tales como, sistema de elevación con el peso del operario, peso de las baterías y el peso de los motorreductores que son los elementos cuya carga se hace notoria en la estructura de la base central de componentes. En la *tabla 5.10* se indica la información obtenida usando el programa de análisis *Autodesk Inventor Professional 2013*.

Tabla 5.10: Base de componentes mejora 01

| Parámetros del material | | | |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------|
| Material | Aluminio 6061 | Límite elástico | 275 MPa |
| Densidad de Masa | 2,71 g / cm ^ 3 | Resistencia a la tracción | 310 MPa |
| Masa | 4,66916 kg | Módulo de Young | 68,9 GPa |
| Área | 1390360 mm ^ 2 | Relación de Poisson | 0,33 ul |
| Volumen | 1722940 mm ^ 3 | Módulo de corte | 25,9023 GPa |
| Centro de gravedad | x = -0,00000520642 mm | Coefficiente de Expansión | 0,0000236 ul / c |
| | y = -2,24523 mm | Conductividad Térmica | 167 W / (m K) |
| | z = -76,4452 mm | Calor específico | 1256,1 J / (kg c) |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | 1722940 mm ^ 3 | | |
| Masa | 4,66916 kg | | |
| Von Mises estrés | 0,000000256896 MPa | 10,3241 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,117603 mm | |
| Factor de Seguridad | 15 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |
| Esfuerzo de Von Mises (vista 1): | | Esfuerzo de Von Mises (vista 2): | |
| | | | |

Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

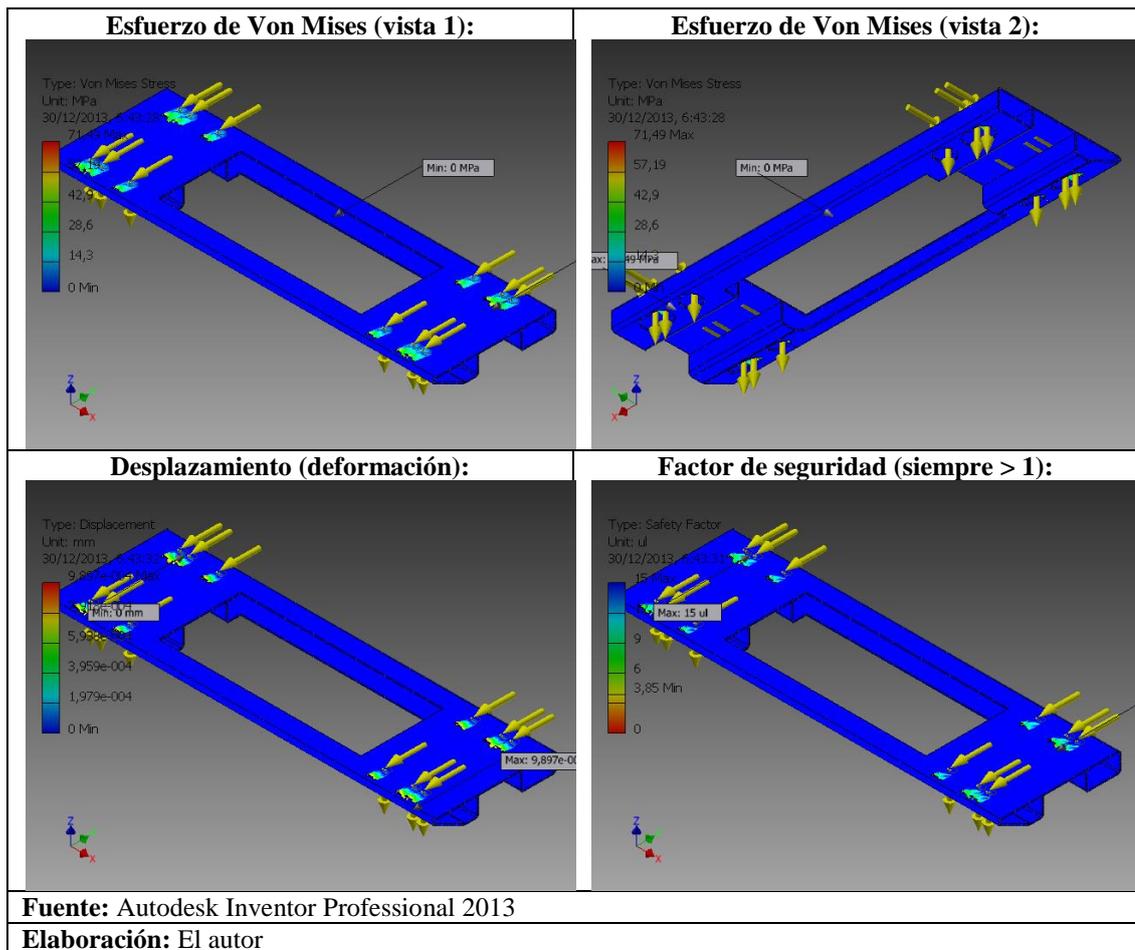


Gracias a la tabla 5.10 se observa que el desplazamiento es máximo en el centro de la base de componentes ya que en esa área se monta el sistema de elevación vertical junto con el operario; además, ya que el factor de seguridad mínimo es de 15 en la simulación, se tiene mayor certeza que este componente resistirá las cargas aplicadas si se desea construir.

Análisis de base de motores.- La base de motores tiene que soportar: el peso de los motorreductores, el par de torque generado y también las fuerzas de reacción resultantes del peso de la persona y los sistemas. Las cargas son máximas cuando la silla sube la vereda y el torque que se tomará para el análisis tendrá que ser el mayor torque generado en ese momento. En la *tabla 5.11* se indica la información obtenida por el programa en el análisis.

Tabla 5.11: Información Base de motores

| Parámetros del material | | | |
|----------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------|
| Material | Aluminio 6061 | Límite elástico | 275 MPa |
| Densidad de Masa | 2,71 g / cm ³ | Resistencia a la tracción | 310 MPa |
| Masa | 0,69469 kg | Módulo de Young | 68,9 GPa |
| Área | 264.206 mm ² | Relación de Poisson | 0,33 ul |
| Volumen | 256.343 mm ³ | Módulo de corte | 25,9023 GPa |
| Centro de gravedad | x = 0 mm | Coefficiente de Expansión | 0,0000236 ul / c |
| | y = 12,6619 mm | Conductividad Térmica | 167 W / (m K) |
| | z = -8,26999 mm | Calor específico | 1256,1 J / (kg c) |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | 256,344 mm ³ | | |
| Masa | 0,694693 kg | | |
| Von Mises estrés | 0,00000000913259 MPa | 71,4923 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,000989691 mm | |
| Factor de Seguridad | 3,84657 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |



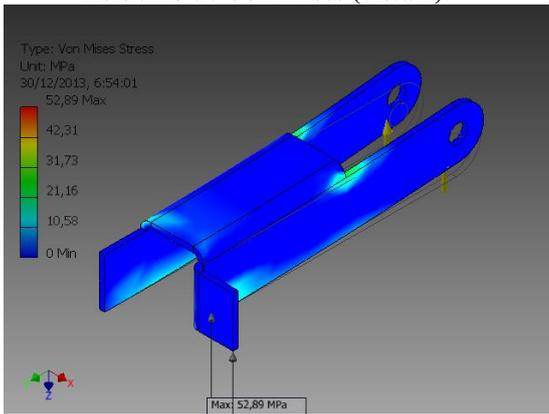
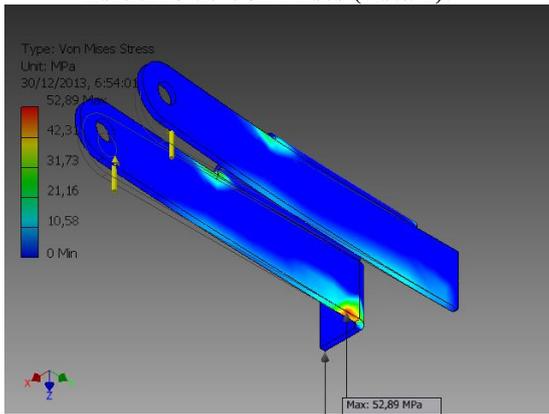
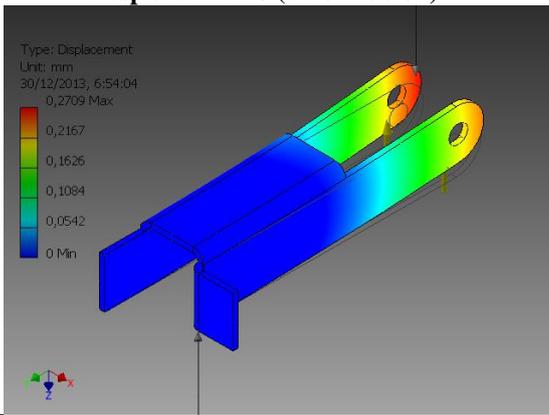
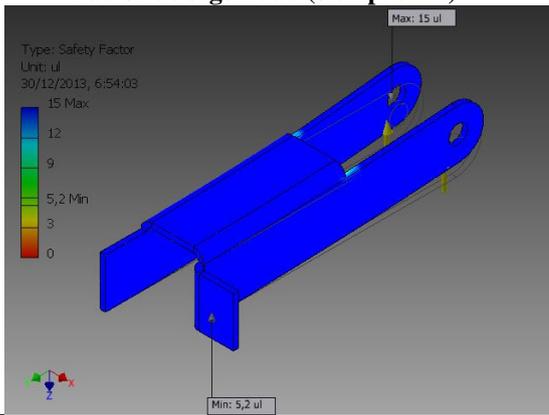
La simulación indica que la deformación se aproxima a 0 ya que el esfuerzo producido es muy bajo (en este caso las restricciones juegan un papel importante porque simulan que la estructura está soldada a la base de componentes) el factor de seguridad mínimo en el sistema 3,84, que es un valor aceptable y por eso se pasa a realizar el análisis del siguiente componente.

Análisis Soporte rueda guía izquierda/derecha.- Los soportes guías soportan la carga de impacto cuando baja la silla de ruedas una vereda, sin embargo el circuito eléctrico debe estar diseñado de tal manera que la silla de ruedas pueda subir y bajar suavemente una vereda que no tenga rampa. En la *tabla 5.12* se indica la información obtenida usando el programa de análisis *Autodesk Inventor Professional 2013*.

Tabla 5.12: Soporte rueda guía izquierda/derecha

| Parámetros del material | | | |
|---------------------------|---|----------------------------------|------------------|
| Material | Aluminio 6061 | Límite elástico | 275 MPa |
| Densidad de Masa | 2,71 g / cm ³ | Resistencia a la tracción | 310 MPa |
| Masa | 0,254783 kg | Módulo de Young | 68,9 GPa |
| Área | 51.289 mm ² | Relación de Poisson | 0,33 ul |
| Volumen | 94015,7 mm ³ | Módulo de corte | 25,9023 GPa |
| Centro de gravedad | x = 1,03098 mm y = -24,2067 mm z = 17,2986 mm | Coefficiente de Expansión | 0,0000236 ul / c |
| | | Conductividad | 167 W / (m K) |

Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

| | | Térmica | |
|--|----------------|---|--|
| | | Calor específico | |
| | | 1256,1 J / (kg c) | |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | 94015,7 mm ^ 3 | | |
| Masa | 0,254783 kg | | |
| Von Mises estrés | 0 MPa | 52,89 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,27092 mm | |
| Factor de Seguridad | 5,19947 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |
| Esfuerzo de Von Mises (vista 1): | | Esfuerzo de Von Mises (vista 2): | |
|  | |  | |
| Desplazamiento (deformación): | | Factor de seguridad (siempre > 1): | |
|  | |  | |
| Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013 | | | |
| Elaboración: El autor | | | |

La carga de impacto genera una deformación baja; además, la carga de impacto no será constante, por ello se decide mantener el componente en su forma original sin realizar ningún cambio a su forma o al material base; ya que se tiene el mismo material que la base de componentes se puede soldar sin problemas.

Análisis Manzana de rueda motriz.- La manzana va acoplada a las cejas de 16 pulgadas por medio de varillas de acero inoxidable, tal cual se acoplan en las ruedas de la bicicleta, por este motivo se necesita confirmar que el esfuerzo provocado al momento de subir la vereda no afecte al mecanismo, las cejas de 16 pulgadas tienen predispuestos 32 agujeros para acoplar las varillas (radios); por otra parte pero no menos importante, la manzana debe soportar la carga aplicada por el peso de todo el

Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

equipo montado. En la *tabla 5.13* se indica la información obtenida usando el programa de análisis *Autodesk Inventor Professional 2013*.

Tabla 5.13: Manzana de rueda motriz

| Parámetros del material | | | |
|--|--------------------------|--|-------------------|
| Material | Aluminio 6061 | Límite elástico | 275 MPa |
| Densidad de Masa | 2,71 g / cm ³ | Resistencia a la tracción | 310 MPa |
| Masa | 0,347664 kg | Módulo de Young | 68,9 GPa |
| Área | 69688,4 mm ² | Relación de Poisson | 0,33 ul |
| Volumen | 128.289 mm ³ | Módulo de corte | 25,9023 GPa |
| Centro de gravedad | x = -1,5385 mm | Coefficiente de Expansión | 0,0000236 ul / c |
| | y = 0 mm | Conductividad Térmica | 167 W / (m K) |
| | z = 0 mm | Calor específico | 1256,1 J / (kg c) |
| Resultados | | | |
| Nombre | Mínimo | Máximo | |
| Volumen | 128.289 mm ³ | | |
| Masa | 0,347664 kg | | |
| Von Mises estrés | 0,00348893 MPa | 18.113 MPa | |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,00147652 mm | |
| Factor de Seguridad | 15 ul | 15 ul | |
| Gráficas: | | | |
| Esfuerzo de Von Mises (vista 1): | | Esfuerzo de Von Mises (vista 2): | |
| <p>Gráfico de esfuerzo de Von Mises (vista 1) que muestra la distribución de tensiones en la manzana de la rueda. El eje de color indica el nivel de esfuerzo en MPa, con un máximo de 18,11 MPa y un mínimo de 0 MPa.</p> | | <p>Gráfico de esfuerzo de Von Mises (vista 2) que muestra la distribución de tensiones en la manzana de la rueda desde una perspectiva diferente. El eje de color indica el nivel de esfuerzo en MPa, con un máximo de 18,11 MPa y un mínimo de 0 MPa.</p> | |
| Desplazamiento (deformación): | | Factor de seguridad (siempre > 1): | |
| <p>Gráfico de desplazamiento (deformación) que muestra la deformación de la manzana de la rueda. El eje de color indica el nivel de desplazamiento en mm, con un máximo de 0,001477 mm y un mínimo de 0 mm.</p> | | <p>Gráfico de factor de seguridad que muestra el factor de seguridad de la manzana de la rueda. El eje de color indica el nivel de factor de seguridad, con un máximo de 15 ul y un mínimo de 0 ul.</p> | |
| Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013 | | | |
| Elaboración: El autor | | | |

Ya que la deformación está en el rango de las milésimas en la máxima carga aplicada a las ruedas, podemos decir que la manzana soportará sin ningún inconveniente el

peso del sistema y el torque del motorreductor al avanzar la silla de ruedas por una pendiente o sortear un obstáculo como una vereda sin rampa.

5.6. Selección de los componentes del sistema

Para la selección de los diferentes dispositivos que conforman los sistemas de control de este prototipo hay que tomar muy en cuenta la corriente que pasará por los elementos y del mismo modo, escoger el precio razonable para disminuir el costo de diseño; ya que no se ha conseguido un circuito electrónico de producción en serie para adaptarlo a este prototipo, entonces, en la búsqueda para hallar el circuito electrónico y sus componentes, se encontró la tesis de grado que se presenta debajo:

- J. Ernesto, J. Paredes, "*Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL*", Ecuador, 2011

Esta tesis presenta un circuito electrónico y componentes que se pueden adaptar al prototipo diseñado, los componentes y el circuito electrónico se explicarán con más detalle a continuación.

5.6.1. Análisis general del circuito

El circuito a ser diseñado tendrá una configuración de lazo abierto, ya que no se dispondrá de sensores para la respectiva realimentación del circuito, el circuito se dividirá en dos etapas, etapa de control y etapa de fuerza; en la etapa de control estará dispuesto el control principal del prototipo y un módulo de visualización y en la etapa de fuerza se dispondrá de la tarjeta de control para los motores ESC¹ y elementos de activación (en caso de colocarse luces de freno o el acoplamiento del cargador de batería); además, gracias a la información de la tesis de referencia, el prototipo se podrá controlar de forma remota a través de un transmisor RF (radio frecuencia) que será muy útil para personas con capacidades especiales que no puedan utilizar el control manual.

En el módulo de control principal se encuentra: el microcontrolador central, el medidor de batería, el receptor de señales RF, el conector para el cargador de las baterías, el joystick y los botones para el control de velocidad, control de luces y pito si se requiere. Desde este módulo se envían los datos hacia el módulo de visualización mediante transmisión serial (bits "Código binario: 0-1") y las señales de control hacia la etapa de fuerza del prototipo, en el módulo de visualización se encontrará una pantalla GLCD y el microcontrolador para gobernarlo, también se encontrarán los botones para gobernar ciertos componentes del prototipo; el módulo de control remoto consistirá en un transmisor de RF y un interruptor de 5 posiciones

¹ ESC.- Un mando de velocidad electrónico o ESC es un circuito electrónico que tiene como propósito variar la velocidad de un motor eléctrico, su dirección y posiblemente también para actuar como un freno dinámico.

para indicar la dirección de la silla y será utilizado como palanca de mando a distancia.

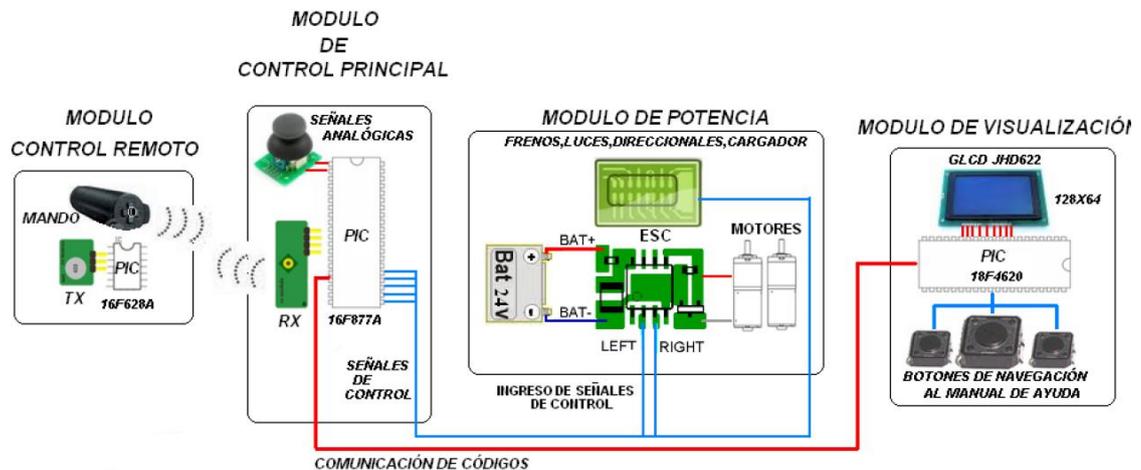


Figura 5.20: Esquema del diagrama de bloques del sistema a diseñar

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Para la etapa de potencia se utilizará una tarjeta Sabertooth 2x50HV que se encargará de controlar cuatro motores Dc de imán permanente (*anexo 31*) con un máximo de 50 Amperios por cada par y una corriente pico de 100 Amperios durante un segundo, esta etapa también incluirá los relés encargados de accionar los frenos de los motores, las luces y los direccionales inteligentes de la silla de ruedas (si se desea acoplar) y también se encontrará el acoplamiento del cargador con sus baterías. El acoplamiento de los diferentes módulos se puede apreciar de manera esquemática en la *figura 5.20*. y el proceso de control será el siguiente:

- Para dar corriente al circuito de encendido general de la silla de ruedas se constará con un interruptor ubicado en el panel principal, en el mismo panel estarán ubicados los botones para la selección del modo (manual o a distancia) de la silla de ruedas.
- Sin importar el modo que se elija, las llantas deben estar siempre acopladas a los motores, esto significa que, si se elige el modo manual, el usuario deberá mantener presionado el denominado “botón de hombre muerto” (este botón brindará seguridad al usuario al restringir el movimiento de la silla de ruedas) y del mismo modo, para empezar el desplazamiento de la silla de ruedas a través del joystick que se encuentra ubicado en el panel de control principal.
- Al elegir el modo remoto, la silla de ruedas se desplazará únicamente recibiendo señales de RF que se transmitirán desde el control remoto.
- El microcontrolador central que estará ubicado en el módulo del panel principal y dependiendo de las señales recibidas provenientes del joystick o

del control remoto, enviará señales PWM² convertidas en señales analógicas de voltaje hacia la etapa de potencia, en donde serán recibidas por la tarjeta de control de motores ESC Sabertooth 2x50HV.

- En el módulo de visualización se mostrarán algunos indicadores como son el nivel de velocidad de desplazamiento de la silla, el nivel de batería disponible, y el estado de las luces (si se tiene); también se indicarán fallas como desacoplamiento de las ruedas a los motores, nivel de batería crítico y botón de hombre muerto desactivado.

5.6.2. Selección de los dispositivos

La selección de los diferentes dispositivos es la parte primordial para el buen funcionamiento de este sistema de control. Se debe tener muy en cuenta la corriente que pasará por los diferentes elementos y a la vez, se debe escoger a un precio razonable para disminuir el precio del diseño del circuito.

Selección de Elementos de la Etapa de Control principal y Remoto

a) Microcontroladores

Para la realización de este circuito se utilizará los microcontroladores PIC (Peripheral Interface Controller) de Microchip, los cuales serán los siguientes: 16F628A, 16F877A y 18F4620. Son Microchips de alta velocidad de procesamiento de información, en este circuito trabajará con osciladores de cristal de 12Mhz.

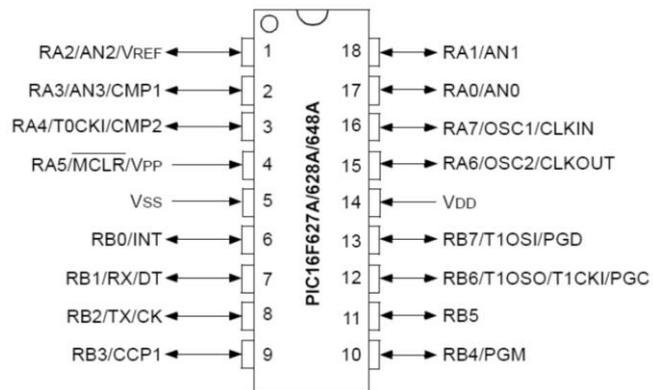


Figura 5.21: Microcontrolador PIC 16F628A

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

a1) Microcontrolador PIC16F628A

Es un microcontrolador CMOS FLASH de 8 bits de arquitectura RISC³ capaz de operar con frecuencias de reloj hasta de 20 MHz, fácil de programar y disponibles en cápsulas DIP (Doble hilera de pines) como se indica en la *figura 5.21* y SOIC

² PWM.- La modulación por ancho de pulsos (también conocida como PWM, siglas en inglés de pulse-width modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una senoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

³ RISC.- En arquitectura computacional, RISC (del inglés Reduced Instruction Set Computer, en español Computador con Conjunto de Instrucciones Reducidas) es un tipo de diseño de CPU generalmente utilizado en microprocesadores o microcontroladores

(circuito integrado de esquema pequeño, montaje superficial en forma cuadrada de 18 pines).

Posee internamente un oscilador de 4 MHz y un circuito de Power-On Reset que elimina la necesidad de componentes externos y expande a 16 el número de pines que pueden ser utilizados como líneas I/O (Input/Output, Entrada/Salida) de propósito general. Adicionalmente, este PIC cuenta con las siguientes características:

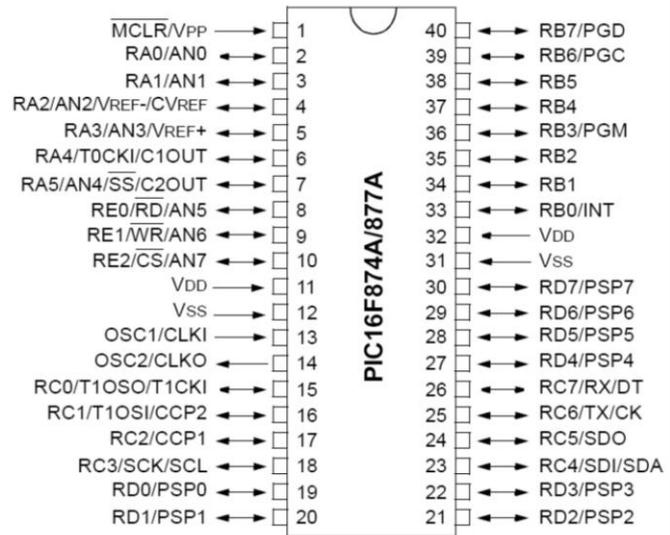


Figura 5.22: Microcontrolador PIC16F877A

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

- Las instrucciones se ejecutan en un sólo ciclo de máquina, a excepción de los saltos.
- Memoria de programa: 2048 locaciones de 14 bits
- Memoria de datos: Memoria RAM de 224 bytes (8 bits por registro)
- Memoria EEPROM⁴: 128 bytes (8 bits por registro)
- Pila de 8 niveles
- 3 Temporizadores
- Módulo de comunicación serie
- 3 comparadores análogos
- Módulo CCP (Captura/comparación/PWM)
- 10 fuentes de interruptores

Éstas y otras características lo hacen ideal en aplicaciones automotrices, industriales y electrónicas, así como en equipos e instrumentos programables de todo tipo. La selección de este microcontrolador para el control remoto se basó en su accesibilidad, bajo costo y por el módulo de comunicación serie que posee el mismo. Las características de este microcontrolador se encuentran en el *anexo 32*.

a2) Microcontrolador PIC16F877A

El modelo 16F877A, el cual se indica en la *figura 5.22*, posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico

⁴ EEPROM.- EEPROM o E²PROM son las siglas de Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM programable y borrada eléctricamente). Es un tipo de memoria ROM que puede ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente, a diferencia de la EPROM que ha de borrarse mediante un aparato que emite rayos ultravioleta. Son memorias no volátiles.

para ser empleado en innumerables aplicaciones. El PIC16F877A utiliza un procesador con arquitectura Harvard consiguiendo mayor rendimiento en el procesamiento de las instrucciones. Se enumeran las propiedades y dispositivos especiales de esta familia de microcontroladores:

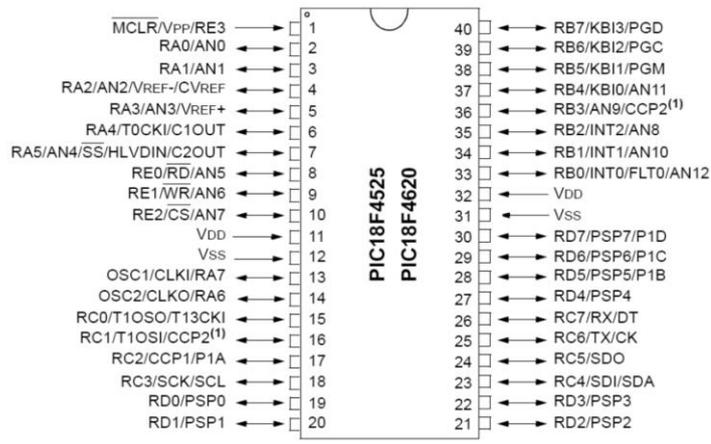


Figura 5.23: Microcontrolador PIC18F4620

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

- Procesador de arquitectura RISC avanzada
- Juego de solo 35 instrucciones con 14 bits de longitud. Todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucción, menos las de salto que tardan dos.
- Hasta 8 Kbits palabras de 14 bits para la Memoria de Programa, tipo FLASH
- Hasta 368 Bytes de memoria de Datos RAM.
- Hasta 256 Bytes de memoria de Datos EEPROM.
- Hasta 14 fuentes de interrupción internas y externas.
- Pila de 8 niveles.

Entre los dispositivos periféricos que posee este PIC se encuentran:

- Timer0: Temporizador-contador de 8 bits
- Timer1: Temporizador-contador de 16 bits
- Timer2: Temporizador-contador de 8 bits
- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (Modulación de Ancho de Pulsos).
- Ocho líneas de entradas para el Conversor A/D de 10 bits.
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I2C (Master/Slave).
- USART/SCI (Universal Synchrononus Asynchronous Receiver Transmitter).
- Puerto Paralelo Esclavo (PSP)

Se seleccionó este Microchip porque cumplirá con el número de pines necesarios, también dispone de un conversor Análogo/Digital, del módulo USART y de dos módulos CCP que son necesarios para la emisión de las señales PWM. Las características de este microcontrolador se encuentran en el *anexo 33*.

a3) Microcontrolador PIC18F4620

Este PIC, está dentro de la familia PIC18 de microcontroladores (figura 5.23), que ofrece un alto rendimiento computacional a un precio económico, con una memoria de programa FLASH mejorada y con alta resistencia. Introduce también mejoras en el diseño que hace de este microcontrolador una elección lógica para proyectos de alto rendimiento. Este microcontrolador puede operar hasta una frecuencia de 40 MHz, el mismo que dispone de opciones para la selección del reloj brindándole así mayor flexibilidad al programador. Se enumeran las características principales de este microcontrolador:

- Juego de 75 instrucciones.
- Hasta 64 Kbytes de memoria de Programa, tipo FLASH
- Hasta 3968 Bytes de memoria de Datos SRAM.
- Hasta 1024 Bytes de memoria de Datos EEPROM.
- Hasta 20 fuentes de interrupciones
- Pila de 32 niveles

Entre los dispositivos periféricos que este PIC dispone:

- Tres timers de 16 bits y un timer de 8 bits.
- Un módulo CCP y un módulo CCP Mejorado.
- Tiene 13 líneas de entrada para el Conversor A/D de 10 bits.
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP)
- Módulo de Comunicación USART Mejorado, SPI e I2C.
- Puerto Paralelo Esclavo (PSP)
- Posee dos comparadores integrados



Figura 5.24: Joystick de 2 ejes (Parallax)

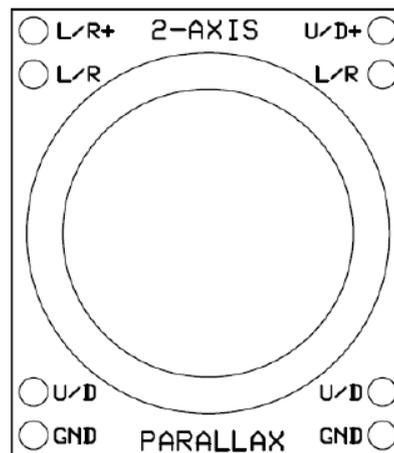


Figura 5.25: Distribución de pines de Joystick de 2 ejes (Parallax)

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Este microcontrolador cumple con la memoria de programa necesaria para la presentación de las imágenes en el LCD gráfico. Las características de este microcontrolador se encuentran en el *anexo 34*.

b) Interruptores y palancas de mando

b1) Joystick de 2 ejes

Este joystick de 2 ejes de la empresa Parallax (*figura 5.24*) contiene dos potenciómetros independientes con tierra común (uno por cada eje) que puede ser usado como divisores de voltaje ajustables proporcionando entradas analógicas dependiendo de la posición de la palanca. Este joystick incluye auto-retorno al centro y un cómodo mando tipo taza. Las especificaciones técnicas de esta palanca de mando son:

- Máxima tensión de 10 VDC
- Potenciómetros duales de 10 KOhmios
- Temperatura de funcionamiento de 0 a 70°C

Este dispositivo se encontrará en el módulo del control principal y será alimentado con un voltaje de 5V, es de fácil adquisición y cumple con los requerimientos de diseño. La distribución de pines de este joystick se encuentra en la *figura 5.25*. La hoja de características de este joystick se encuentran en el *anexo 35*

b2) Interruptor de 5 posiciones

Este interruptor de 5 posiciones (*figura 5.26*) es un interruptor con contactos normalmente abiertos fabricado por Parallax; además, momento después de apretarlo, este dispositivo vuelve a la posición de centro. Este interruptor será utilizado en el módulo de control remoto para dar la dirección del movimiento de la silla de ruedas dependiendo si el interruptor está hacia arriba, hacia abajo, izquierda o derecha (la palanca no cumplirá ninguna función si este pulsante no está presionado).

Cualquier microcontrolador puede monitorear de forma fácil el estado de los cinco interruptores. Entre las características de funcionamiento de este conmutador se encuentran:



Figura 5.26: Interruptor de 5 posiciones (Parallax)

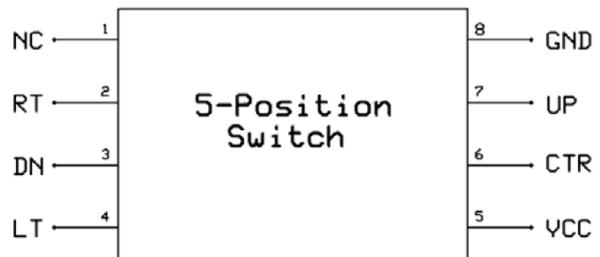


Figura 5.27: Distribución de pines del interruptor de 5 posiciones (Parallax)

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

- Resistencias de 10 KOhmios pull-up para cada posición
- El voltaje máximo dependerá del microcontrolador a utilizar
- Temperatura de operación de 0 a 70°C

El voltaje de salida será determinado por el voltaje de alimentación, la distribución de pines del interruptor de 5 posiciones se indica en la figura 5.27 y la definición de los pines se configura de la siguiente manera:

- 1 - NC - Sin conexión
- 2 - RT - Interruptor de contacto a la derecha
- 3 - DN - Interruptor de contacto hacia abajo
- 4 - LT - Interruptor de contacto a la izquierda
- 5 - Vcc - Voltaje de alimentación
- 6 - CTR - Interruptor de contacto al centro
- 7 - UP - Interruptor de contacto hacia arriba
- 8 - GND - Tierra

El resto de las características del interruptor se encuentran en el *anexo 36*.

c) Alimentación

Para la alimentación de todo este sistema se tomará el voltaje suministrado por la batería, y se reducirá con el uso de reguladores de voltaje.

c1) Regulador de Voltaje Lineal LM7812

El regulador de voltaje lineal 7812 (*figura 5.28*) opera con corriente continua a la entrada y es siempre superior a la salida deseada, su valor de resistencia se ajusta automáticamente al conectar energía en la entrada común, por efecto Joule, el exceso de energía se transforma en calor y se disipa en el ambiente.

Para la alimentación unipolar de +12V que requieran algunos dispositivos que conforman este proyecto se utilizará este regulador de voltaje lineal, que entrega una corriente máxima de 1 Amperio y soportando consumos pico de hasta 2.2 Amperios, además posee protección contra sobrecargas térmicas que desconectan el regulador en caso de que su temperatura de juntura supere los 125°C. El módulo del control

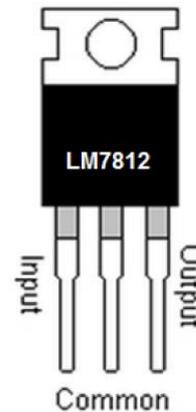


Figura 5.28: Regulador de voltaje Lineal LM7812



Figura 5.29: Fuente conmutada de voltaje DE-SW050

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

principal será utilizado para alimentar al medidor de voltaje de la batería. Este regulador será utilizado también en la etapa de potencia para el acoplamiento del cargador de batería, y para reducir el voltaje que será entregado para el encendido de las luces y los direccionales de la silla de ruedas (En caso de colocarlos en este prototipo).

c2) Fuente Conmutada de Voltaje DE-SW050

Este regulador está diseñado por Dimension Engineering, con el fin de poder añadir los beneficios de las fuentes conmutadas de la forma más fácil a los proyectos nuevos o existentes. Tienen integrado capacitores de desacople por lo que los capacitores externos generalmente ya no son necesarios. El Regulador DE-SW050 (figura 5.29) indica los respectivos pines que se utiliza. Para su funcionamiento tienen un rango de tensión de entrada desde V_{out} (Voltaje de salida)+1.3V hasta 30V, y hasta un amperio de salida de

corriente continua. El Regulador DE-SW050 cuenta con las siguientes características:

- Voltaje de Salida Regulable
- Rendimiento hasta el 87%
- Disipador de calor integrado
- Puede manejar cargas inductivas

En este prototipo se utilizará el regulador DE-SW050 para reducir el voltaje de las baterías a 5 V, y poder alimentar a los microcontroladores y demás dispositivos que se encontrarán en el módulo de control principal y de visualización. Se utilizará este regulador debido a su baja disipación de potencia. Para poder regular el voltaje de salida de este circuito se cuenta con un potenciómetro lineal (figura 5.30) el cual está integrado en la parte superior del regulador. Las diferentes características de este regulador se encuentran en el *anexo 37*.

d) Display Analógico Lineal

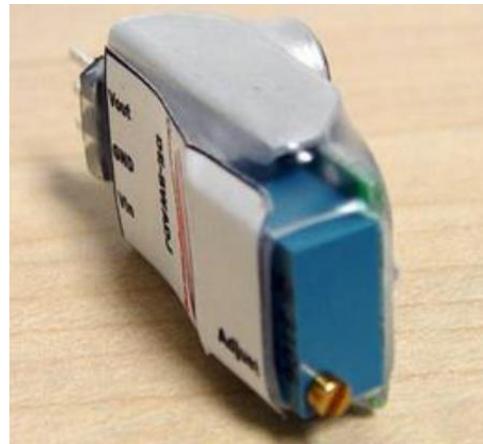


Figura 5.30: Potenciómetro lineal del regulador de voltaje DE-SW050

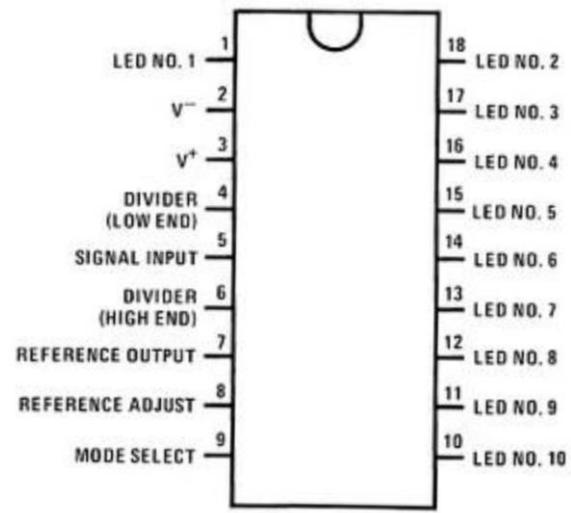


Figura 5.31: Circuito integrado LM3914

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Para ayudar a visualizar mejor los valores de tensión de la batería se seleccionará el integrado LM3914 (*figura 5.31*) y una barra de 10 leds para la visualización. Este circuito integrado posee 10 salidas adecuadas para conectar los cátodos de los 10 leds, con los ánodos como electrodo común, que se pueden conectar a una fuente de 5 a 18V. Otros dos pines del integrado sirven como tensión de referencia para fijar los límites de medición inferior (pin 4) y superior (pin 6) del medidor. El pin número 2 deberá conectarse al negativo de la fuente de alimentación, y el pin 3 al positivo. Se debe conectar a una fuente que entregue una tensión de corriente continua de entre 3 y 15 voltios, este prototipo se alimentará con 12V. La corriente que circula por el pin 7 es la que determina el brillo de los leds. El pin 8 es el que se encarga de tomar la referencia de la escala. Mediante una resistencia conectada entre este pin y 0V se puede correr la escala. El pin número 9 es el encargado de seleccionar el modo de funcionamiento del chip. En efecto, si se conecta este pin directamente a 0V, el display formado por los LEDs funcionará en modo punto, mientras que si lo conectamos a +V funcionará en modo barra. Por último, el pin número 5 es la entrada de la tensión a medir. Las diferentes características de este dispositivo se encuentran en el *anexo 38*.

e. Pantalla GLCD

Estas pantallas están dentro de los LCD matriciales que permiten presentar caracteres, símbolos especiales y gráficos. El display JHD12864E (*figura 5.32*) que se va a utilizar en este proyecto es un GLCD de 128x64, el cual será ubicado en el módulo de visualización.

Esta pantalla GLCD posee un backlight que no necesita ningún circuito externo, en cambio su posicionamiento para el envío de datos se lo realiza mediante líneas, columnas y páginas. Para manejar esta pantalla se debe tener en cuenta que está dividida en dos partes comandadas por sus respectivos controladores (CS1 y CS2). Para ingresar los datos que se van a visualizar en la GLCD, se tienen que hacerlo de tal forma que representen en una matriz de 128x64 bytes. Esto permitirá almacenar los datos para que en cualquier momento del programa se pueda visualizar en forma de imagen en la GLCD.

Al igual que una LCD de caracteres, se tiene bits de manejo como el dato/instrucción, o el enable que permiten realizar la distribución de los datos para visualizarlos. Los pines de conexión de un módulo GLCD son como se indican a continuación:



Figura 5.32: Pantalla GLCD 128x64

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

- 1 - VSS - Tierra
- 2 - VDD - Voltaje de alimentación +5 Vdc
- 3 - Vo - Ajuste de contraste
- 4 - D/I - Entrada de una instrucción/Dato
- 5 - R/W - Lectura/Escritura en el módulo LCD
- 6 - E - Habilitación del módulo LCD
- 7 - DB0 - Bus de línea 0
- 8 - DB1 - Bus de línea 1
- 9 - DB2 - Bus de línea 2
- 10 - DB3 - Bus de línea 3
- 11 - DB 4 - Bus de línea 4
- 12 - DB5 - Bus de línea 5
- 13 - DB6 - Bus de línea 6
- 14 - DB7 - Bus de línea 7
- 15 - CS1 - Chip de selección para IC1
- 16 - CS2 - Chip de selección para IC2
- 17 - RST - Reset
- 18 - VEE - Voltaje Negativo - 10 Vdc
- 19 - LEDA - Led (+)
- 20 - LEDK - Led (-)



Figura 5.33: Transmisor y receptor de radiofrecuencia

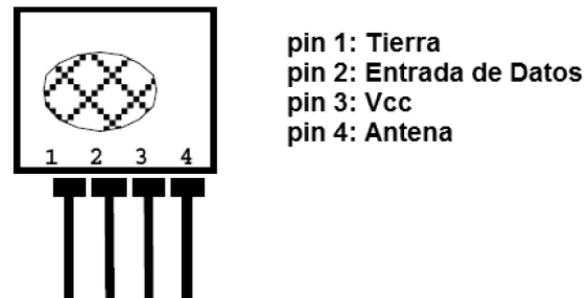


Figura 5.34: Pines del transmisor RF

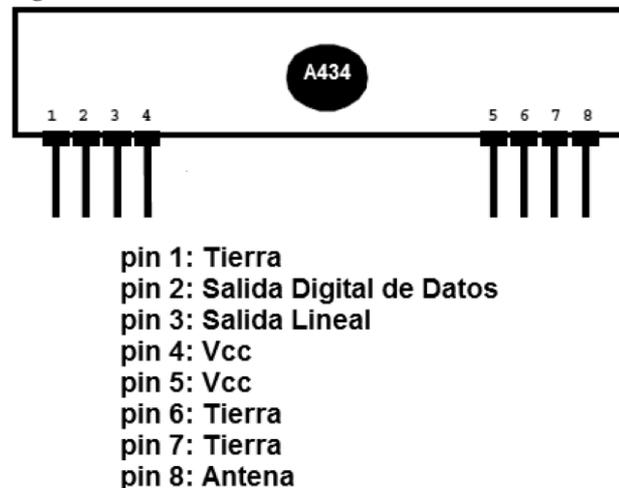


Figura 5.35: Pines del receptor RF

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Las características de esta pantalla se encuentran en el *anexo 39*.

f) Comunicación Inalámbrica RF

La comunicación inalámbrica será empleada para el control remoto, ubicando el transmisor en el control remoto y el receptor en el control principal. Esta comunicación deberá ser empleada en un rango máximo de 15 metros; para este proyecto se va a utilizar el Transmisor 26VK900-6896 con su Receptor 26VK900-6895, los cuales se indican en la *figura 5.33*.

Esta tecnología de enlace de datos inalámbrico es la más fácil de usar y de bajo costo, se usa este componente generalmente para la transmisión de datos de posición,

de temperatura, etc. Estos módulos tienen una distancia de hasta 500 metros en espacio abierto, el receptor funciona a 5V y el transmisor opera a partir de 2 a 12V. Trabajan a una frecuencia de modulación de 315 MHz.

El transmisor utiliza modulación ASK⁵ para la transmisión de datos, con una salida de hasta 8mW en función del voltaje de alimentación, con un rango de voltaje entre 2 y 12V. La disposición y definición de pines del transmisor se muestra en la *figura 5.34*

El receptor tiene una sensibilidad de 3uV, este puede operar entre un rango de 4,5 y 5,5V y dispone de salidas lineales y digitales. Presenta una sensibilidad típica de -103dBm. La distribución y definición de pines se presentan en la *figura 5.35*. Las características de estos módulos se encuentran en el *anexo 40*.

Selección de Elementos de la Etapa de Potencia

a) Tarjeta de Control de Motores ESC Sabertooth 2x50HV

La tarjeta Sabertooth 2x50HV (*figura 5.36*) es fabricada por la empresa Dimension Engineering y es uno de los controladores de motores duales más versátiles, eficiente y fáciles de usar en el mercado; esta tarjeta ofrece el control de dos motores DC brushed (con escobillas), con un máximo de 50 Amperios para cada motor, soportando picos de corriente de hasta 100 Amperios durante unos segundos.

Sus características proveen a esta tarjeta de protección de sobrecorrientes y térmicas, también permite controlar a los motores con señales análogas de voltaje, señales de

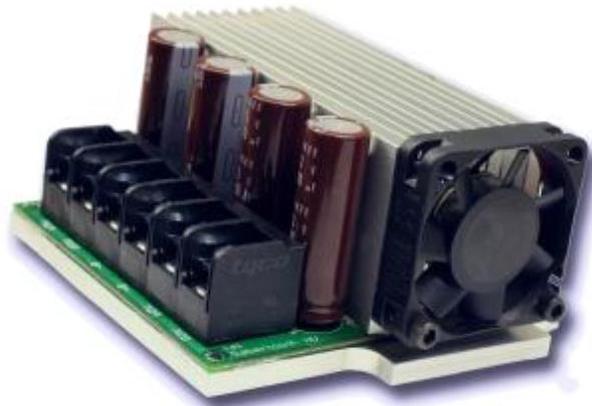


Figura 5.36: Tarjeta Sabertooth 2x50HV

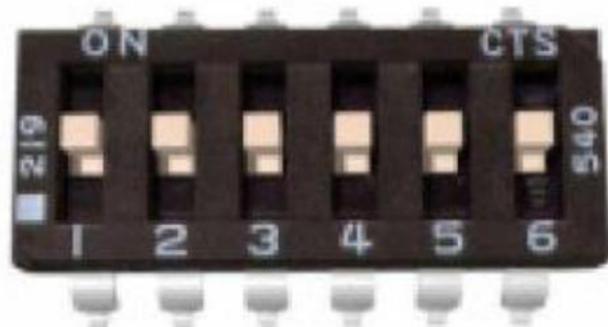


Figura 5.37: Interruptores tipo DIP de la tarjeta Sabertooth 2x50HV

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

⁵ Modulación ASK.- La modulación por desplazamiento de amplitud, en inglés Amplitude-shift keying (ASK), es una forma de modulación en la cual se representan los datos digitales como variaciones de amplitud de la onda portadora en función de los datos a enviar.

radio control y datos seriales. El modo de operación de la tarjeta se establece mediante interruptores DIP⁶ que se encuentran en la misma, tal como se indica en la *figura 5.37*.

Las especificaciones de la tarjeta Sabertooth 2x50HV se detallan a continuación:

- Corriente de 50 Amperios por canal, con picos de 100 Amperios.
- Tensión nominal entre 12 y 48V
- Frecuencia de conmutación ultrasónica
- Protección térmica y de sobrecorriente
- Unidad regenerativa
- Incorpora una fuente BEC de 5V
- Disipador y ventilador para el exceso de calor

La tarjeta Sabertooth 2x50HV se seleccionará para este proyecto debido a su costo accesible y a su alta corriente que soporta en cada uno de sus canales; esta tarjeta tiene tres indicadores LEDs como se indica en la *figura 5.38*: el led de Status actúa como un indicador de energía, el led de Cells es solo usado en el modo de litio y el led de Error se enciende si la tarjeta Sabertooth detecta un problema. La hoja de características de esta tarjeta se encuentra en el anexo 41

Las conexiones que se deben realizar en esta tarjeta son muy sencillas ya que viene incluida la nomenclatura en la misma, los cuales se explican:

- B+ y B-, son los terminales de la batería (*figura 5.39*)

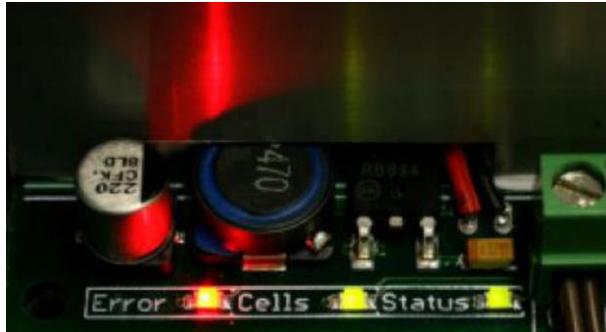


Figura 5.38: Indicadores LED de la tarjeta Sabertooth 2x50HV 115



Figura 5.39: Terminales de la batería y motores



Figura 5.40: Terminales de voltaje y para las señales de control

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

⁶ Interruptores DIP.- Un DIP se trata de un conjunto de interruptores eléctricos que se presenta en un formato encapsulado (en lo que se denomina Dual In-line Package), la totalidad del paquete de interruptores se puede también referir como interruptor DIP en singular.

- M1A, M1B, M2A y M2B, son los terminales de los motores en donde M1A y M1B son para la conexión del motor 1 y M2A con M2B son para la conexión del motor 2 (*figura 5.39*)
- S1 y S2, son los terminales para las señales de entrada, estas señales son las que controlarán los motores (*figura 5.40*)
- 0V y 5V, son los terminales de voltaje, la tarjeta toma estos 5V desde la Fuente interna conmutada tipo BEC (*figura 5.40*).

b) Relé Electromagnético

Para el prototipo se utilizarán relés electromagnéticos de contacto simple (*figura 5.41*) que controlarán un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada y que a menudo se utilizan como un tampón para aislar los circuitos de diferentes potenciales de energía.

En la etapa de potencia se utilizarán 4 relés electromagnéticos de 12V, los cuales serán utilizados para el desacoplamiento de la batería con el sistema en el momento de conectar el cargador (relé electromagnético de potencia), para las luces y para los direccionales (elementos opcionales); y un relé electromagnético de 24V utilizado para la desactivación de los frenos electromagnéticos que vienen en los motores. En los circuitos que utilizarán algún relé se conectará un diodo en anti-paralelo con la bobina, que cumple la función de absorber la tensión que se genera en la bobina.

5.6.3. Diseño de circuitos

Una vez descrito los elementos que intervendrán en el prototipo se procederá a diseñar los diferentes circuitos que forman parte de este sistema de control. Cabe indicar que todo el sistema estará siendo suministrado por cuatro baterías conectadas en serie y paralelo que permiten un voltaje total de 26,8 V y 66 Ah aproximadamente (cuando las baterías están totalmente cargadas). Este voltaje ingresará al módulo de control y al módulo de fuerza para transmitir el movimiento a las ruedas por medio del mando manual o del control remoto.

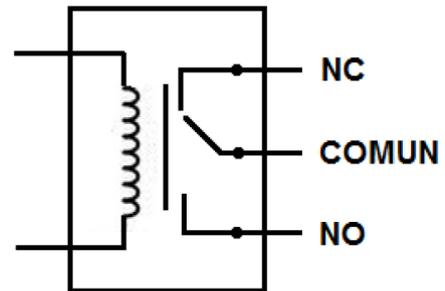


Figura 5.41: Relé electromagnético
Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Diseño del Circuito de Acoplamiento del Cargador con la Batería

Este circuito de acoplamiento impedirá que la silla de ruedas pueda moverse mientras se cargue las baterías, esto se dará gracias a que el relé electromagnético de 12V cambiará de estado de reposo a estado energizado impidiendo el paso de corriente de las baterías hacia el resto de los circuitos electrónicos del prototipo de silla de ruedas de la presente tesis; este circuito será parte del módulo de fuerza.

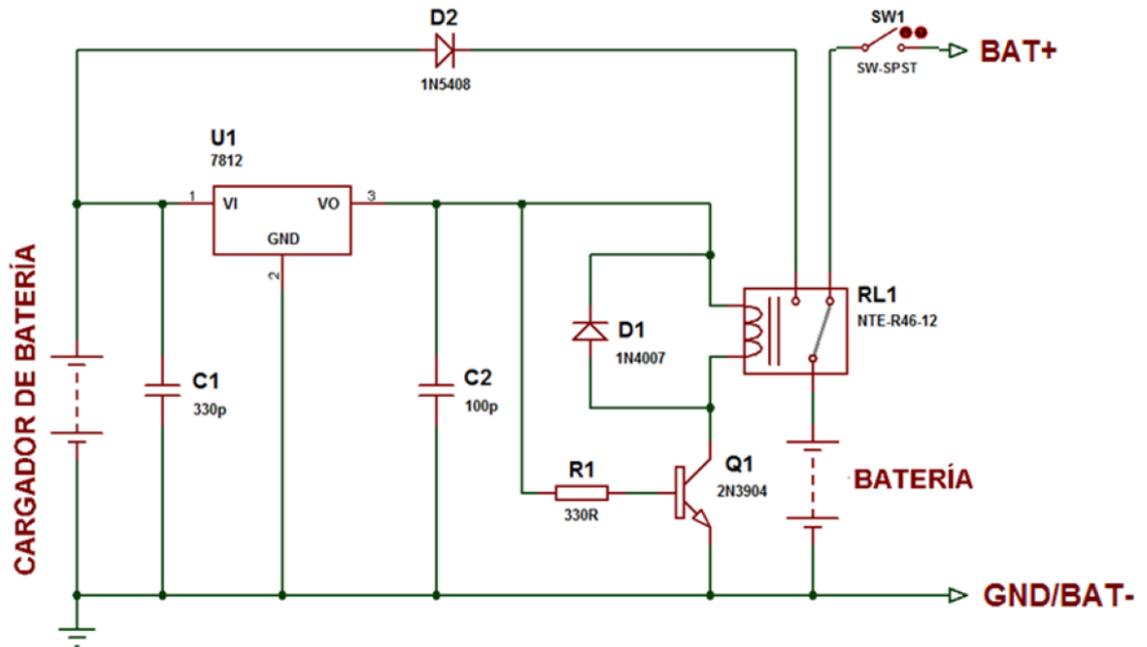


Figura 5.42: Circuito de acoplamiento del cargador de batería

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

En la *figura 5.42* se indica el circuito que se realizará para el acoplamiento del cargador con la batería, se utilizará el diodo D2 (Diodo de Potencia) que permitirá solamente el paso de corriente desde el cargador hacia la batería, la caída de tensión en este diodo no afectará en la carga de la batería. Para el encendido de todo el sistema se empleará un interruptor de dos posiciones SW1 que será ubicado luego de este circuito de acoplamiento, el mismo que permitirá el paso de corriente hacia las etapas de control y de potencia, tal como se indica en la *figura 5.43*.

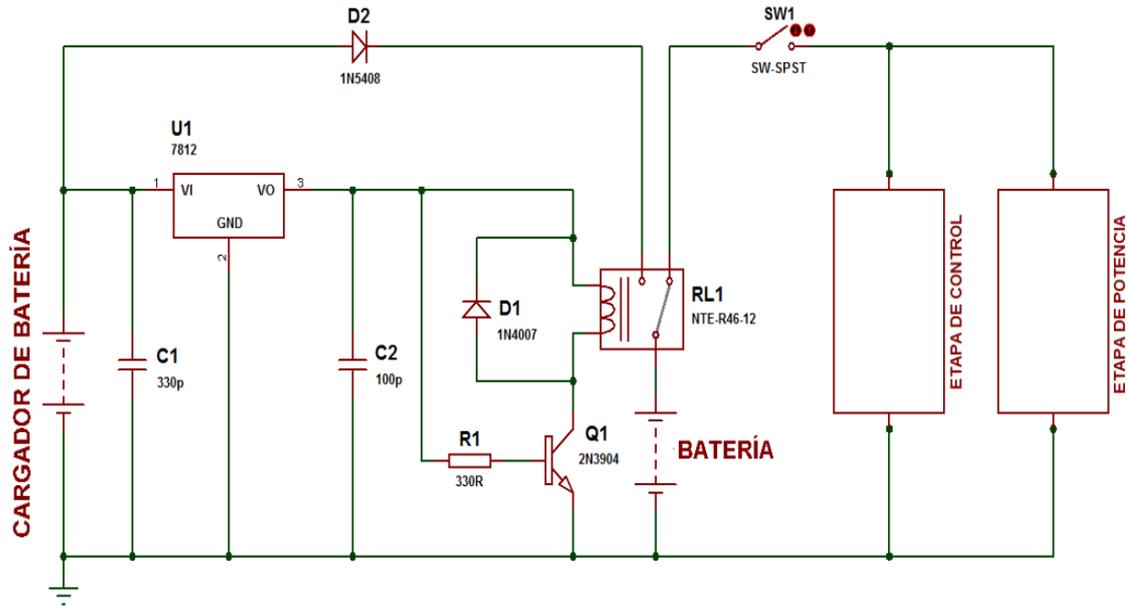


Figura 5.43: Circuito de acoplamiento del cargador y de alimentación a la etapa de control y de potencia

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Diseño del Circuito del Módulo de Control Principal

En este circuito se encontrará el microcontrolador principal, el PIC 16F877A, el medidor de voltaje de la batería y el receptor de señales de radiofrecuencia siendo estos los elementos sobresalientes. La principal alimentación de este diseño será de 5V para lo cual se utilizará la Fuente Conmutada de Voltaje DE-SW050, también se necesitará un voltaje de 12V (LM7812) únicamente para suministrar energía al controlador del display LM3914 que medirá el voltaje de la batería. Estos niveles de voltaje serán regulados a partir del valor de tensión de la batería, tal como se indica en la figura 5.44.

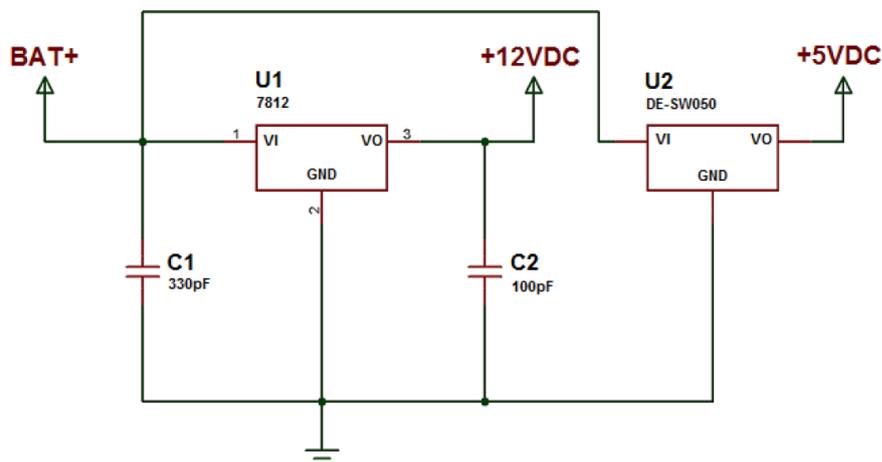


Figura 5.44: Circuito de alimentación para el módulo de control principal

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Según la norma INEN 1498, la batería de 12V se considera cargada cuando en sus bornes alcanza el valor de 13,4V y se encuentra descargada cuando entre sus bornes alcanza 10,5V, este sistema emplea dos baterías de 12V en serie, por tal razón estos valores se deben duplicar. El valor del estado de la batería será medido por el circuito integrado LM3914 y también por el Microcontrolador PIC 16F877A, por consiguiente los niveles de voltaje de la batería tendrán que reducirse a valores que puedan ser ingresados al microcontrolador, es decir reducir dichos valores en seis veces, como se indica en la *tabla 5.14*.

| Tabla 5.14: Reducción de valores de tensión de la batería | |
|---|----------------------|
| Voltaje de batería (V) | Voltaje reducido (V) |
| 26,8 | 4,46 |
| 21 | 3,5 |

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Para reducir el nivel de tensión en la batería se empleará una red de seis resistencias en serie como se indica en la figura 5.45, el voltaje en EB (Estado de la Batería), será tomado por el medidor y el microcontrolador.

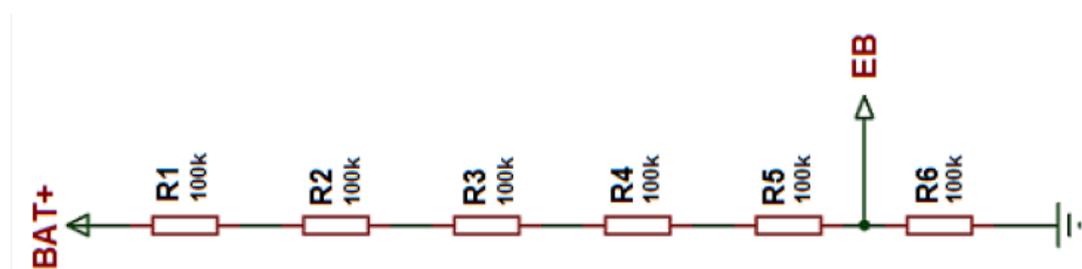


Figura 5.45: Circuito para la reducción de voltaje de la batería

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

El dispositivo LM3914 será limitado en sus bandas superior e inferior con voltajes de 4,46 y 3,5V respectivamente, estas señales surgirán desde dos potenciómetros de precisión; en el diseño, para obtener estos voltajes se partirá de un divisor de voltaje como se puede observar en la *figura 5.46*.

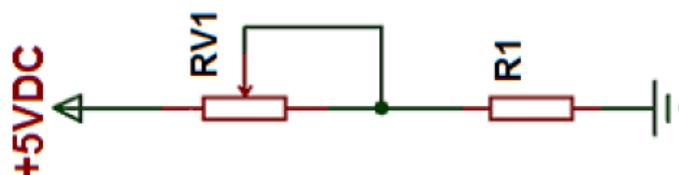


Figura 5.46: Divisor de voltaje

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013

07:00 AM)

En la *figura 5,47* se indica el circuito completo del integrado LM3914, cabe indicar que se utilizarán leds de diferentes colores para la visualización del valor de tensión en la batería.

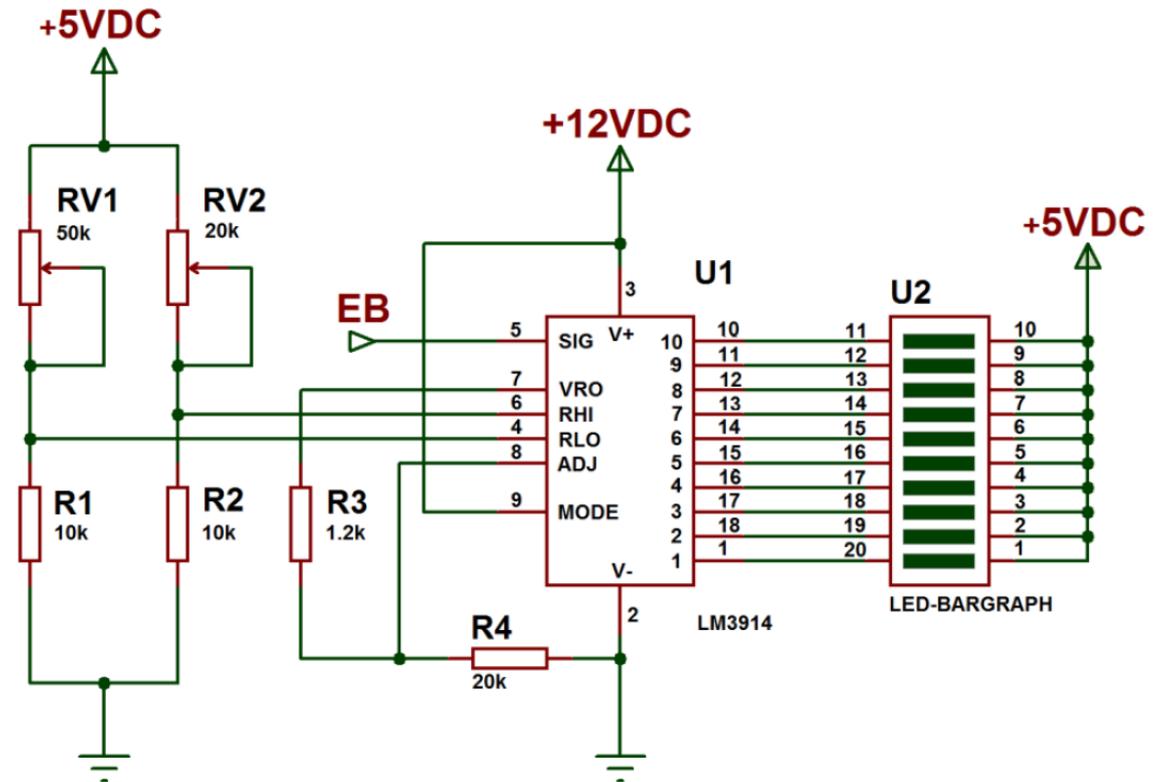


Figura 5.47: Circuito medidor de voltaje

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Opcional

Este módulo también incorporará una bocina que será encendida a través de un pulsador, para su activación se empleará un transistor NPN tal como se indica en la *figura 5.48*.

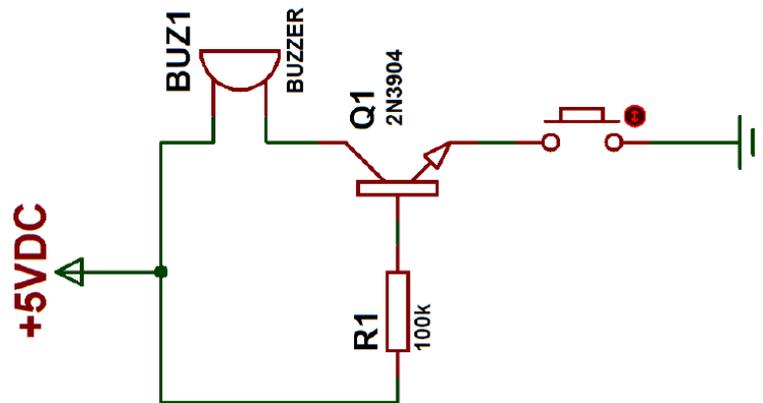


Figura 5.48: Circuito para la activación de la bocina de pito

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

El microcontrolador que se utilizará en este módulo posee un cristal de 12 MHz, el cual hace muy fiable el procesamiento que se realiza en el mismo; en la figura 5.49 se indica la conexión del oscilador externo de este PIC y del master-clear para reiniciar este microcontrolador. Para la selección del modo de operación de la silla de ruedas se recurrirá a un selector de dos estados con posición central, dicha posición central será para el modo manual, tal como se indica en la figura 5.50.

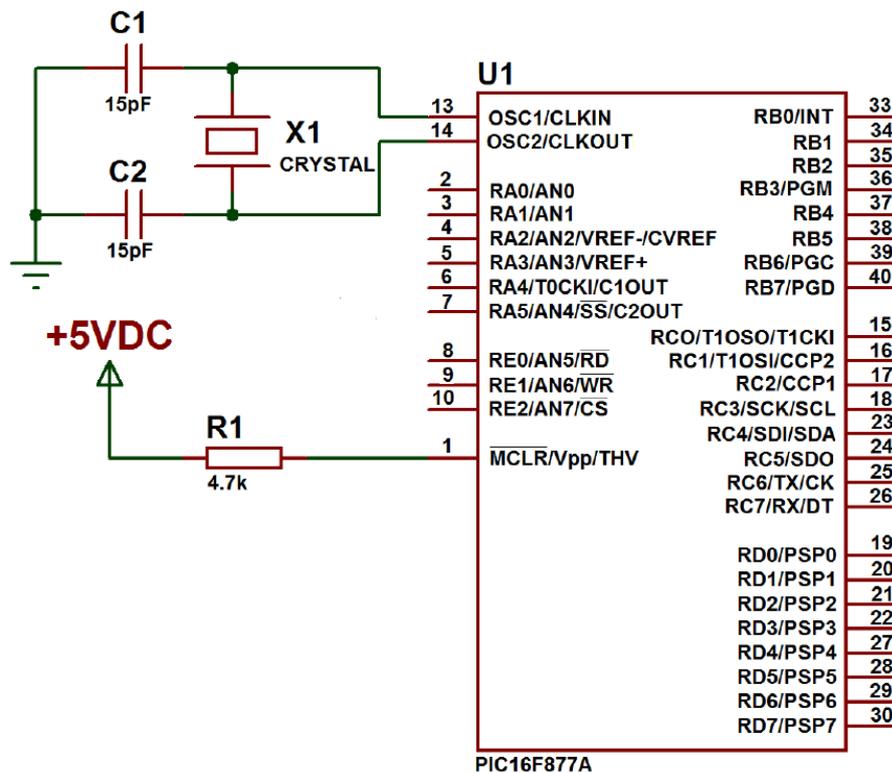


Figura 5.49: Conexión del oscilador externo y master clear al PIC 16F877A

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013

07:00 AM)

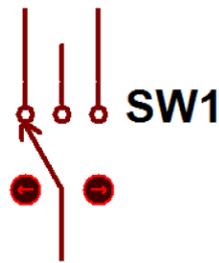


Figura 5.50: Selector de dos estados con posición central

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Las señales de este selector irán conectadas al microcontrolador PIC 16F877A, por lo que se emplean resistencias para la limitación de corriente (*figura 5.51*) cabe indicar que el selector se encontrará en la parte externa del módulo, se emplean dos diodos leds para indicar el modo de operación seleccionado.

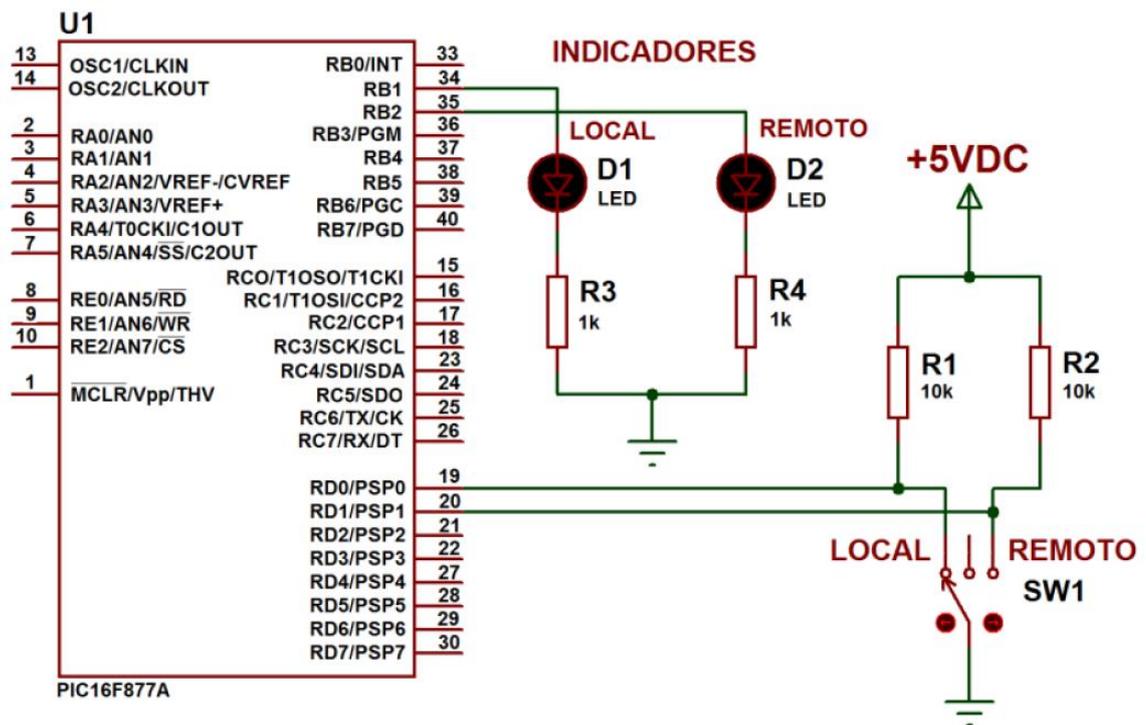


Figura 5.51: Circuito para la selección de indicadores de modo de operación

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

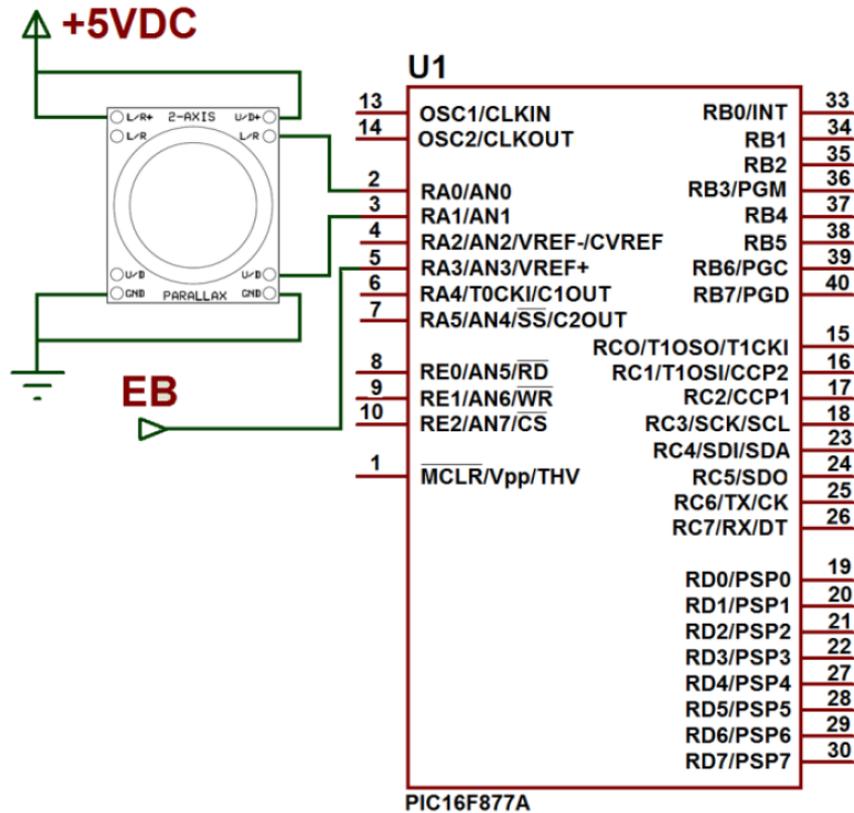


Figura 5.52: Circuito para la lectura del joystick analógico y del estado de la batería

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Este microcontrolador leerá los niveles de voltaje que generan los potenciómetros del joystick de 2 ejes, por lo cual se les debe suministrar un voltaje de 5V, también leerá el valor de tensión de la batería (*figura 5.52*), por ende se utilizará 3 canales del conversor análogo digital que se dispone en este PIC. El objetivo más importante de este microcontrolador será generar las señales PWM de manera correcta a través de un óptimo código de programa, estas señales serán convertidas en voltaje analógico empleando un filtro RC (*figura 5.53*), se debe seleccionar elementos adecuados para un correcto tiempo de carga y descarga del capacitor, el diseño de este filtro RC se indica a continuación:

$$t = 5 \cdot \tau = 5 \cdot R \cdot C = 5(10000) \cdot (0,000047)$$

$$t = 2,35 \text{ segundos}$$

El tiempo que demorará en cargar y descargar el capacitor será de 2.35 segundos, para no crear conflictos en este tiempo se escogerá un valor de 2.5 segundos, siendo éste el tiempo que deberá esperar el sistema para desactivar los frenos electromagnéticos en el momento de encendido.

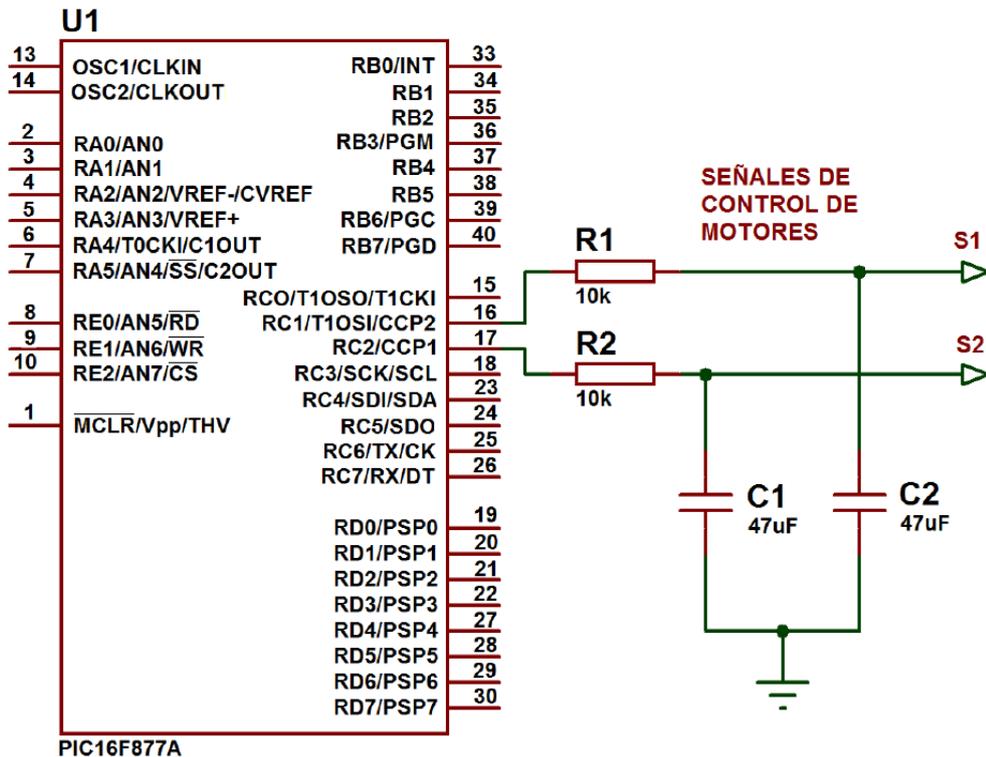


Figura 5.53: Filtro RC para la conversión a señal analógica

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

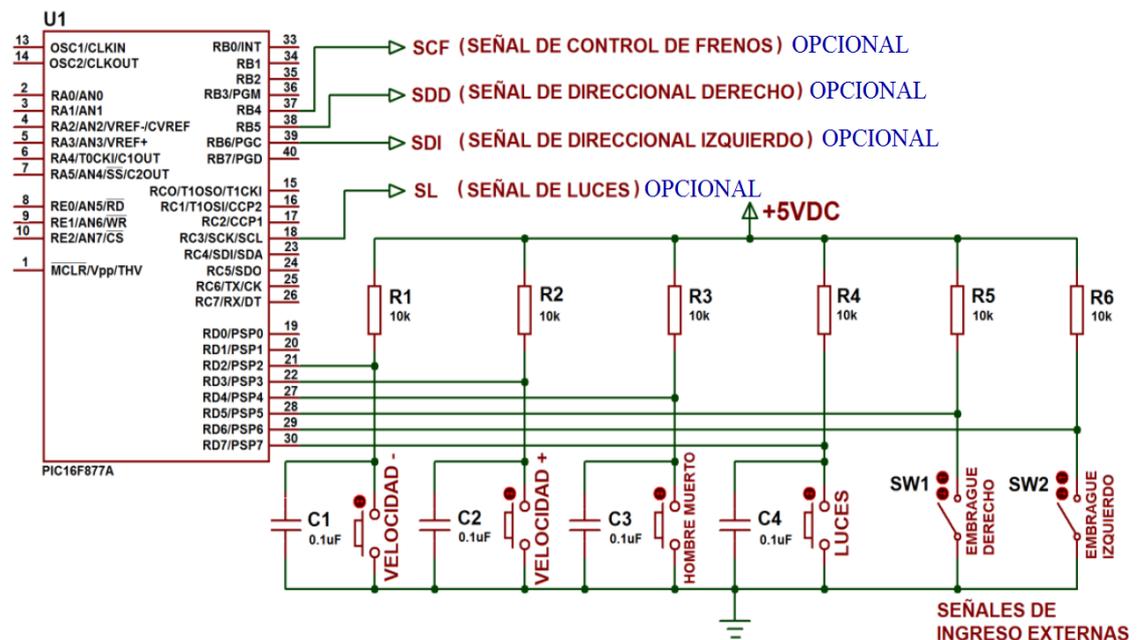


Figura 5.54: Circuito para la lectura de botones y embragues y envío de señales de control

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Elaboración: El autor

El microcontrolador también debe recibir las señales de los botones de velocidad, hombre muerto, luces y las señales que provienen de los interruptores que se encuentran en los embragues de los motores (que son opcionales), se utilizarán capacitores para evitar los rebotes originados por los pulsadores, y a la vez debe enviar las señales de frenos, luces y direccionales hacia el módulo de potencia. En la *figura 5.54* se muestra las conexiones con el microcontrolador. Para la recepción de los datos desde el control remoto y para la transmisión de datos hacia el módulo de visualización se emplea el módulo de comunicación USART de este PIC, tal como se indica en la *figura 5.55*.

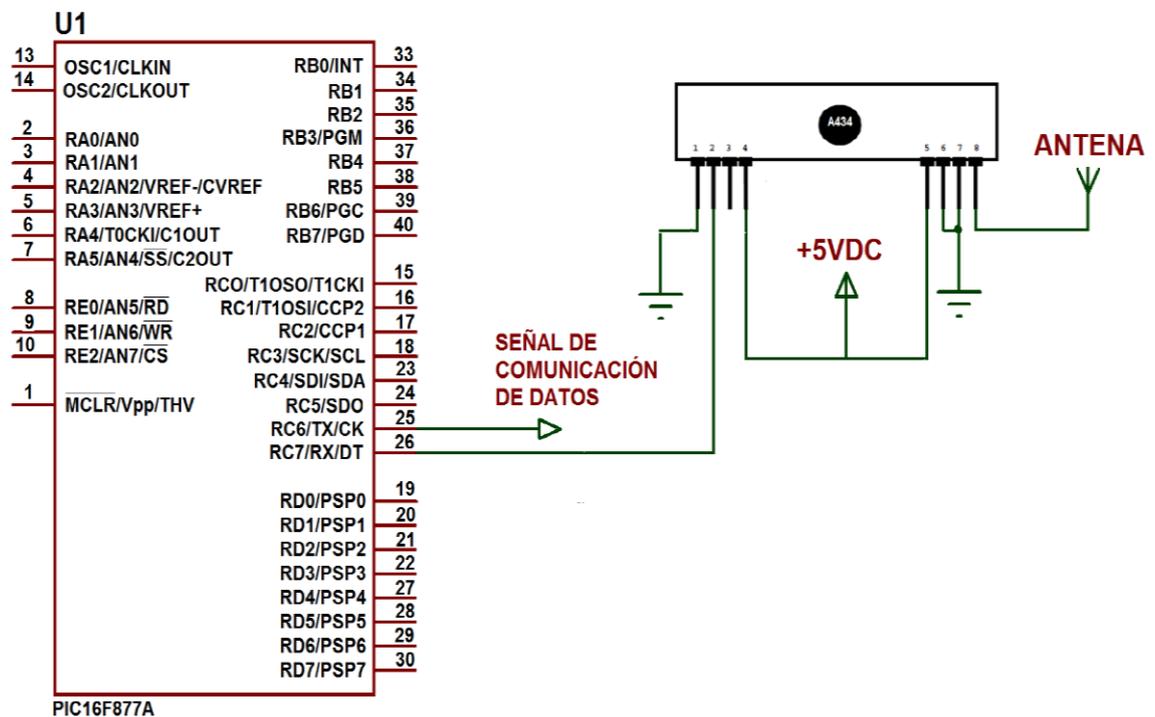


Figura 5.55: Circuito para la transmisión y recepción de datos

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Diseño del Circuito del Módulo de Visualización

En este circuito se encuentra el microcontrolador PIC 16F4620 que se encargará de recibir los datos desde el módulo de control principal y de controlar el GLCD, también se dispone de botones que permitirá el acceso a un manual de usuario que se presentará en la pantalla. Al igual que el PIC 16F877A del módulo de control principal este microcontrolador trabajará con un oscilador externo de 12 MHz y también se empleará una conexión para el reinicio del mismo (*figura 5.56*), este microcontrolador se alimentará con un voltaje de 5V que proviene desde el módulo de control principal.

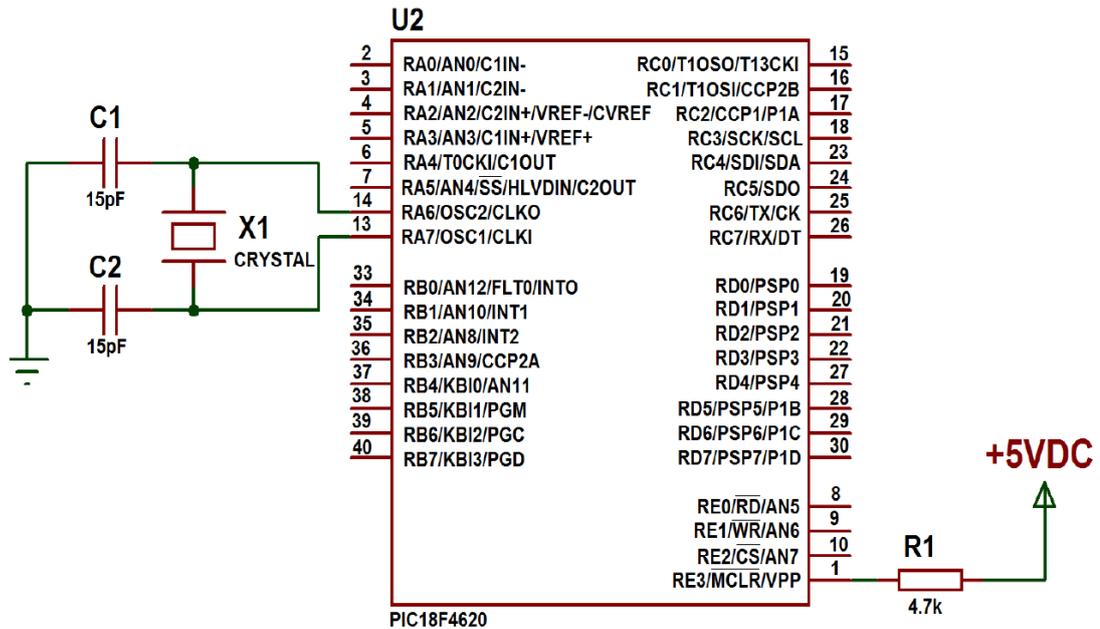


Figura 5.56: Conexión del oscilador externo y master clear al PIC 18F4620

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Este módulo tendrá tres botones mediante los cuales se puede acceder al manual de usuario y navegar por las páginas del mismo, también recibirá la señal de datos proveniente del microcontrolador PIC 16F877A, como se indica en la *figura 5.57*.

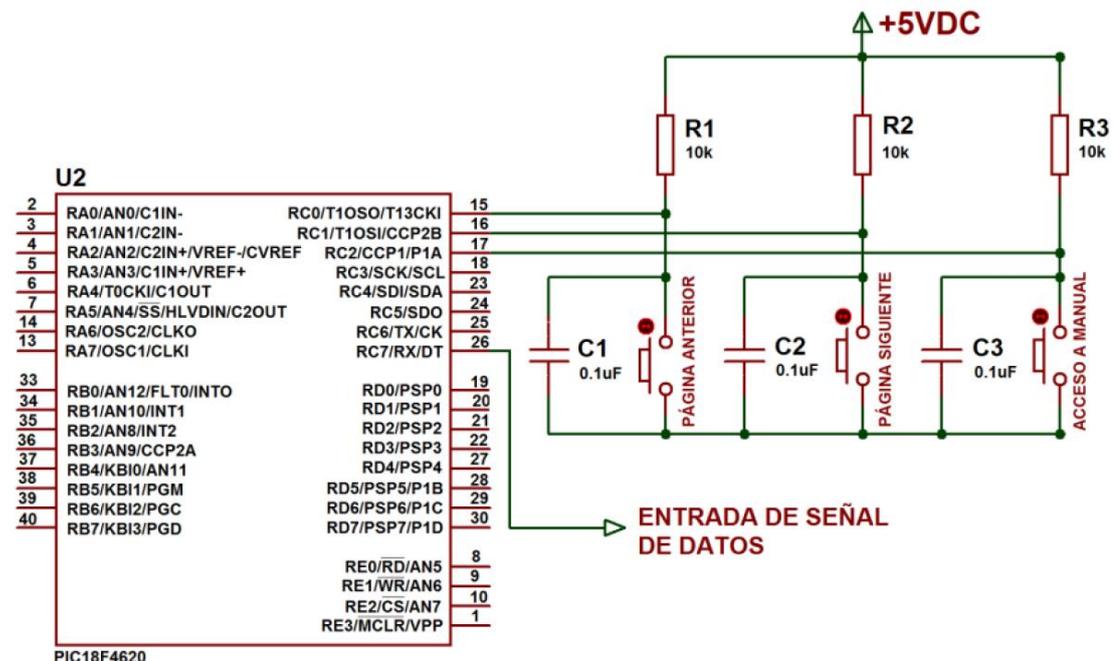


Figura 5.57: Circuito para la lectura de botones y recepción de datos

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Capítulo 5: DISEÑO DEL SISTEMA DE SILLA DE RUEDAS PARA SUBIR VEREDAS

Se colocará una alarma sonora como dispositivo (*figura 5.58*) para que se active en el momento de que ocurra una falla en el sistema como ruedas desacopladas o botón de hombre no presionado.

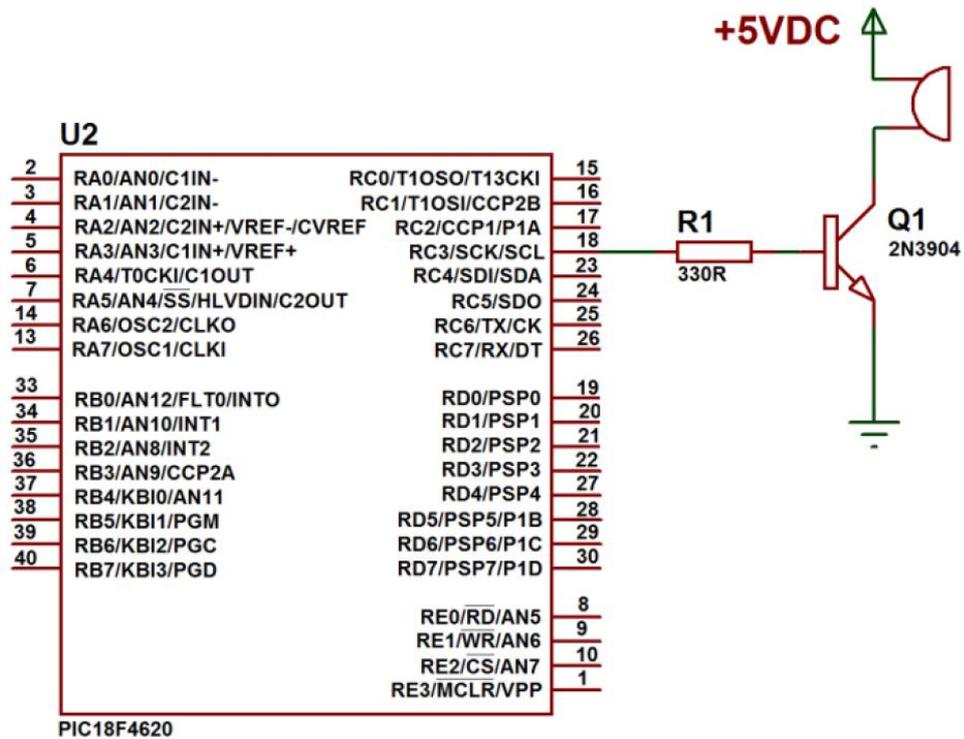


Figura 5.58: Circuito para la activación de la bocina de falla

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

El GLCD además de su conexión con el PIC16F4620, necesitará de un potenciómetro para ajustar el contraste del mismo, tal como se indica en la *figura 5.59*.

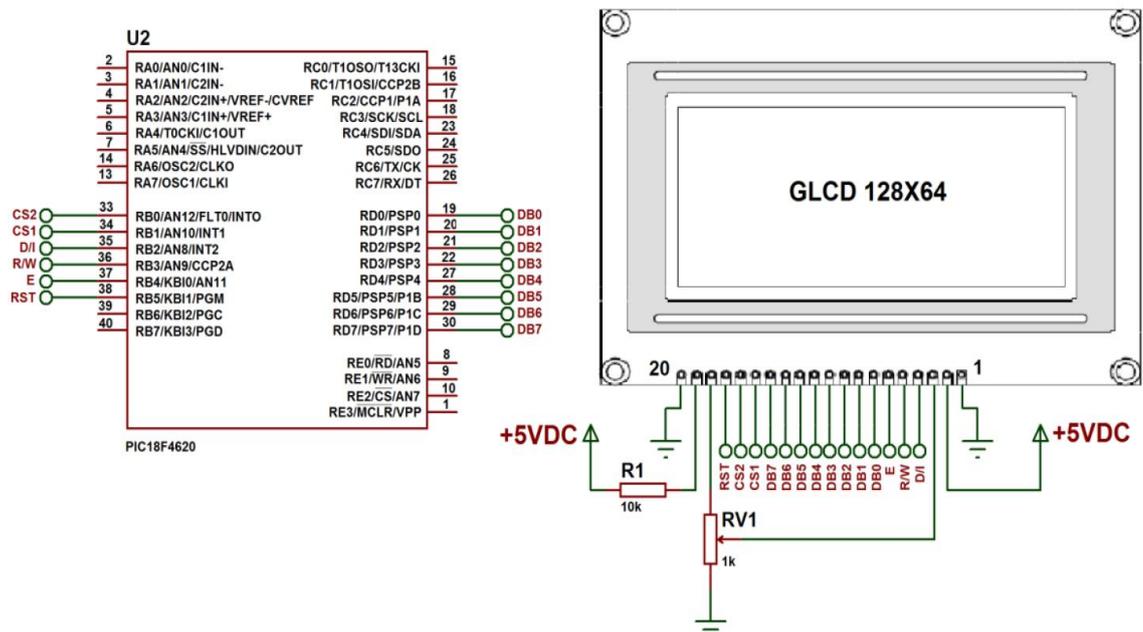


Figura 5.59: Circuito para la conexión del GLCD

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Diseño del Circuito del Módulo de Control Remoto

En este circuito se propone el diseño de un prototipo para el envío de señales RF al receptor que se encuentra en el control principal, se ubicará el microcontrolador PIC16F628 que será el encargado de recibir las señales del interruptor de 5 posiciones y de enviar los datos a través del transmisor de RF hacia el módulo de control principal. Este microcontrolador también funcionará con un oscilador externo de 12 MHz (figura 5.60) y no habrá la necesidad de conectar un circuito de reinicio para el mismo.

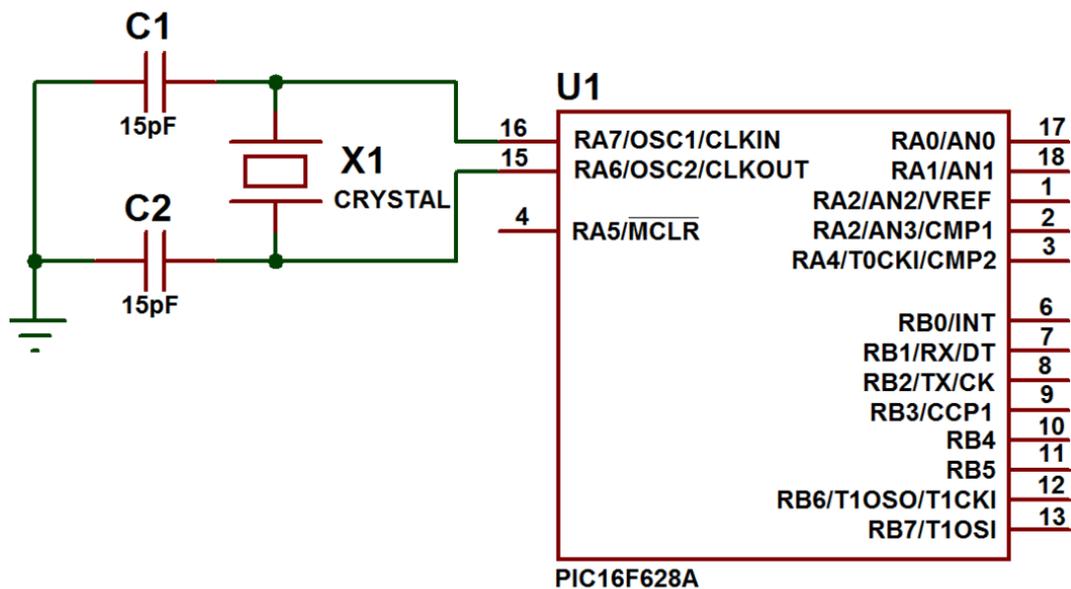


Figura 5.60: Conexión del oscilador externo al PIC 16F628A

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

La alimentación para este circuito será a partir de una batería para lo cual se usará un regulador de voltaje, se utiliza el módulo de comunicación serie de este PIC para la transmisión RF de este control remoto, como se indica en la figura 5.61.

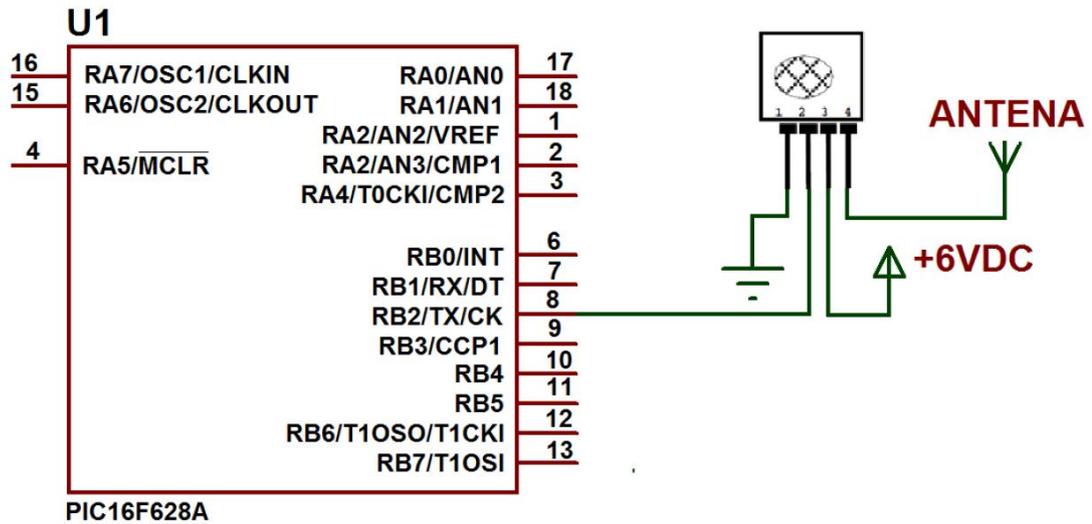


Figura 5.61: Circuito de envío de datos por medio del transmisor RF

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

En el interruptor de 5 posiciones vienen incluidas las resistencias limitadoras de corriente, debido a esto sus conexiones son directas hacia el microcontrolador como se indica en la *figura 5.62*, la posición del centro de este interruptor activará la transmisión de datos, lo cual se visualizará en el led que se encenderá cuando inicie el envío de datos.

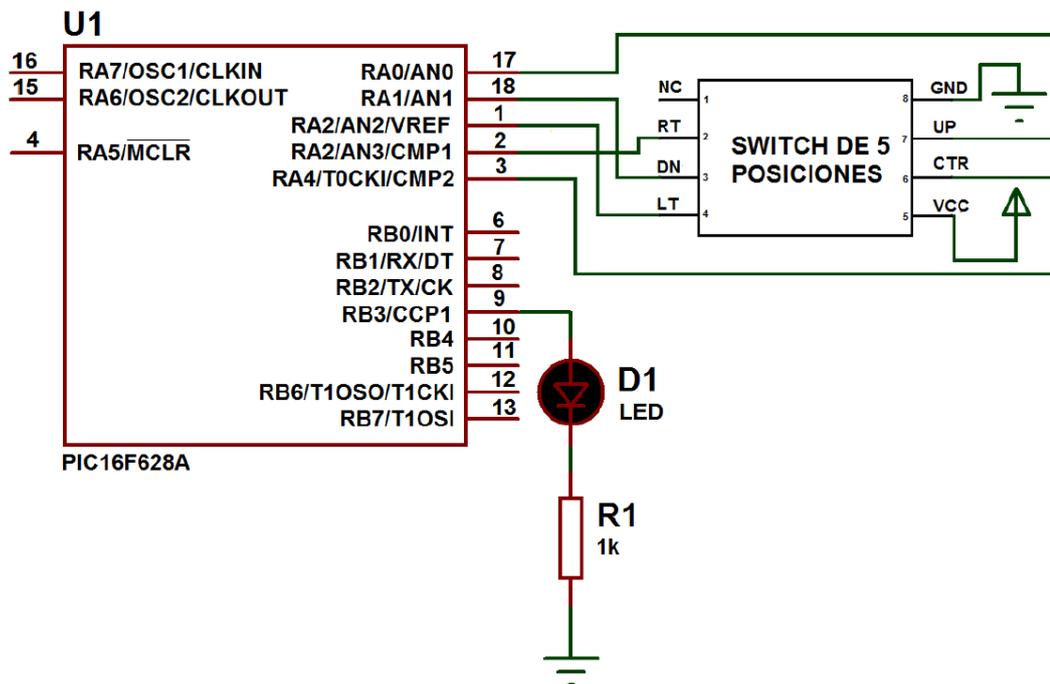


Figura 5.62: Circuito para la conexión del interruptor de 5 posiciones y del indicador de envío de datos

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Diseño del Circuito de la etapa de Potencia

En este módulo se encontrarán los relés electromagnéticos que activarán los diferentes dispositivos de mayor corriente como el freno del motor, las luces y los direccionales (Derecha/Izquierda) de la silla de ruedas. Para la activación o desactivación de los frenos se utilizará 24V mientras que para las luces y direccionales se necesitarán 12V, razón por la cual se utilizará un regulador de voltaje LM7812, cabe indicar que el voltaje será suministrado por la batería, como se indica en la figura 5.63.

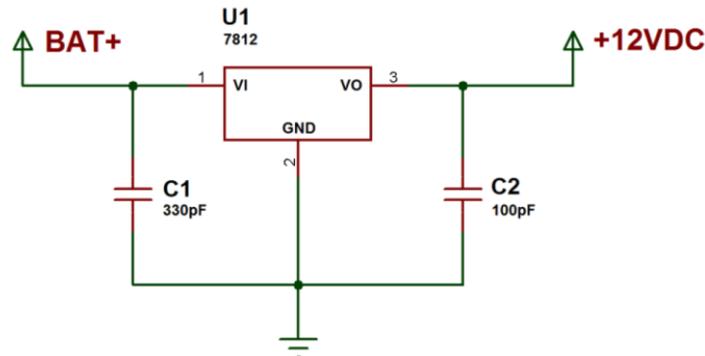


Figura 5.63: Circuito de alimentación del módulo de potencia

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

El acoplamiento de las señales de control con los dispositivos de potencias se realiza a través de un optotransistor 4N25 como se muestra en la figura 5.64, el cual recibe las señales desde el módulo de control principal para la saturación del transistor y la activación del relé electromagnético.

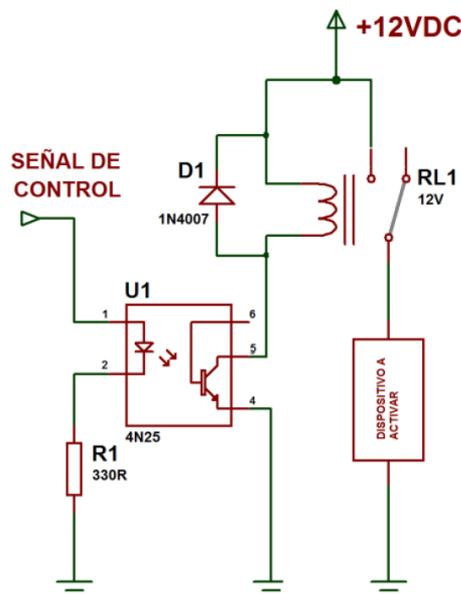


Figura 5.64: Circuito de control de los dispositivos

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013

07:00 AM)

Se emplea cuatro relés electromagnéticos para las diferentes señales de control de luces, frenos y direccionales derecha e izquierda, para lo cual solamente los frenos se activarán con el voltaje de la batería mientras que los demás dispositivos se activarán con 12V. En esta etapa de potencia también se incluye la tarjeta de control Sabertooth 2x50HV, se alimentará con el voltaje que suministra la batería, y las conexiones de los motores y las señales de control se recibirán de forma directa, sin la necesidad de diseñar un circuito para el mismo como se indica en la *figura 5.65*.

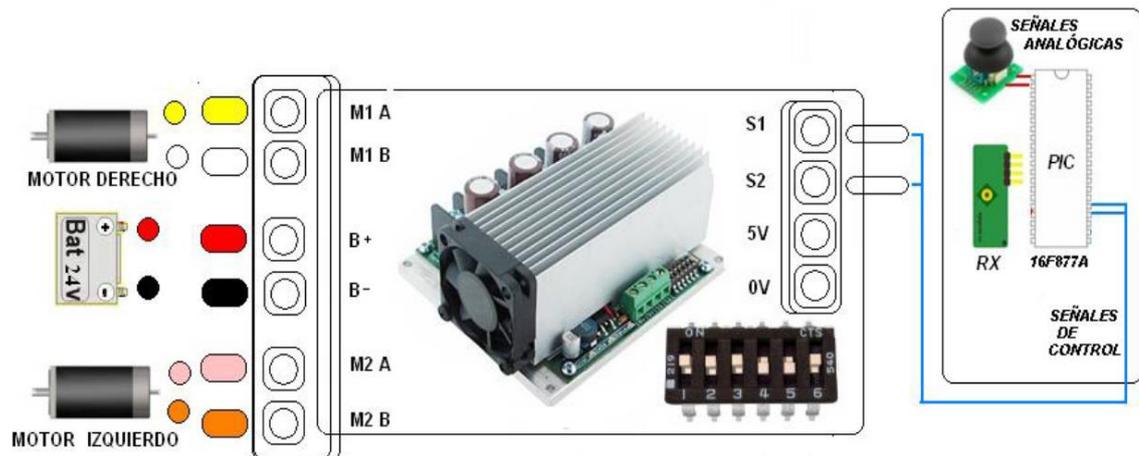


Figura 5.65: Conexión de la tarjeta Sabertooth 2x50HV

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

La selección de los interruptores tipo DIP para el funcionamiento de la tarjeta Sabertooth 2x50HV se puede observar en la *figura 5.66*, la cual deberá cumplir las siguientes especificaciones:

- Señal de control con voltaje analógico
- Control de motores independientes
- Respuesta de motores exponencial

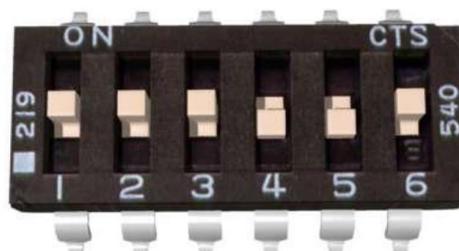


Figura 5.66: Configuración de los interruptores tipo DIP

Fuente: Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL. (16/12/2013 07:00 AM)

Usando toda la información referente a los circuitos que se deberán utilizar para controlar el prototipo diseñado, cabe recalcar que estos circuitos están diseñados para

manipular dos motores DC de imán permanente, y en el caso de usarlos para este prototipo se necesita ocupar no uno sino un par de cada uno de los circuitos de fuerza para activar los 4 motores del prototipo de silla de ruedas sube veredas.

5.7. Conclusiones del capítulo

- Se han examinado modelos de sillas de ruedas que cumplan ciertos requisitos como subir veredas en la ciudad de Cuenca, pero no se ha encontrado estos modelos de venta o que actualmente se estén usando; sin embargo en sitios de internet se han encontrado ciertos modelos que se adaptan a las necesidades del usuario como la P4 COUNTRY, de cuyo modelo se ha basado para la presente investigación.
- Este tipo de sillas de ruedas para subir veredas de 18 cm. de alto, requieren de motorreductores de gran potencia y elevado torque que aumentan sustancialmente su costo, ya que las sillas de ruedas usan baterías de 12 V que deben ser conectadas en serie para tener la suficiente capacidad y mover dichos motorreductores, elevando sustancialmente su costo.
-
- Uno de los mayores inconvenientes es el peso que tienen los acumuladores (baterías), ya que para permitir una independencia más prolongada del operador necesitan baterías de 44 a 60 Ah que repercuten en su gran peso y exagerado volumen.

5.8. Referencias del capítulo

[1] H. Chango, R. Toctaguano, *Tesis de Grado: Diseño y construcción de un sistema basado en un microcontrolador para controlar por voz y joystick el desplazamiento de una silla de ruedas*, Escuela Politécnica Nacional, 2009, Página 13

5.9. Bibliografía del capítulo

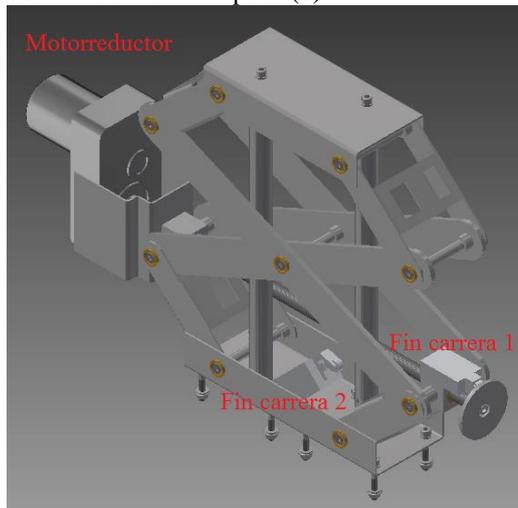
- H. Chango, R. Toctaguano, *Tesis de Grado: Diseño y construcción de un sistema basado en un microcontrolador para controlar por voz y joystick el desplazamiento de una silla de ruedas*, Escuela Politécnica Nacional, 2009.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, en la norma NTE INEN 2 245 del año 2000
- J. Ernesto, J. Paredes, "*Diseño, Construcción e implementación de un sistema de control a través de un joystick para el desplazamiento semiautomático de la silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL*", Ecuador, 2011
- M. Vivanco y L. Seminario, *Calcio sérico en personas de 23 a 42 años de la ciudad de Cuenca-Ecuador 2009-2010*, Cuenca-Ecuador, 2009-2010.
- R. L. Norton, *DISEÑO DE MÁQUINAS*, CUARTA EDICIÓN, MCGRAW-HILL.

Capítulo 6: MODELAR LA SILLA DE RUEDAS CON LOS SISTEMAS DISEÑADOS

6.1. Modelado del sistema para elevar verticalmente al usuario

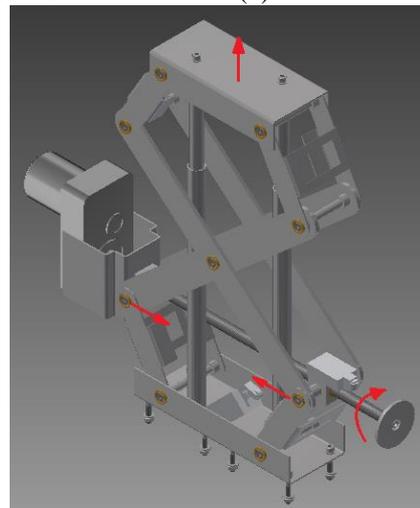
Gracias al software Autodesk Inventor Professional 2013 se pudo modelar el sistema para elevar verticalmente al usuario, ya que el principio de funcionamiento del sistema parte de un modelo de gato mecánico para elevar un vehículo, en la figura 6.1 se puede observar de mejor manera su funcionamiento.

Fase 1: Posición de reposo (0)



El fin carrera 1 activo = corte de energía del pulsante para descender la silla (silla en reposo).
Fin de carrera 2 no activo

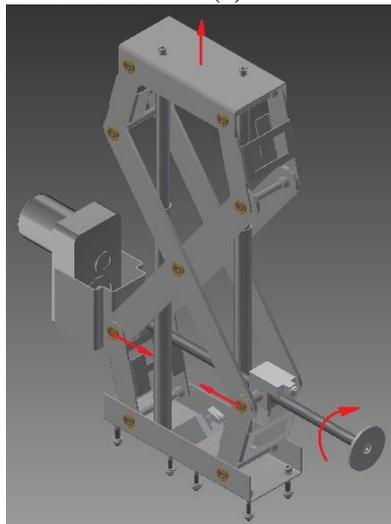
Fase 2: Carrera de subida (1)



El motorreductor se energiza por el pulsante de ascenso de la silla = mecanismo tornillo/tuerca gira, se inicia el ascenso de la silla.

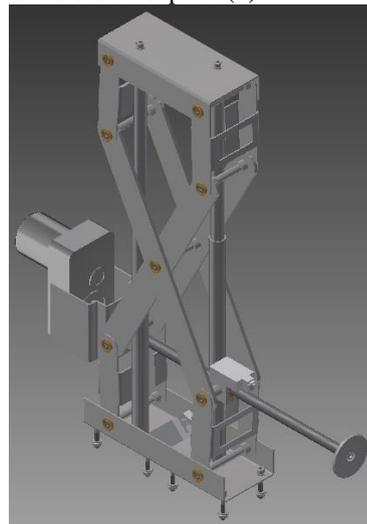
Fin de carrera 1 y 2 no activo

Fase 3: Carrera de subida (2)



El motorreductor se mantiene energizado por el pulsante de ascenso de la silla = mecanismo tornillo/tuerca gira, mantiene el ascenso de la silla.
Fin de carrera 1 y 2 no activo

Fase 4: Posición de reposo (3)



El fin de carrera 2 activo = corte de energía del pulsante para ascender la silla (silla en reposo).
Fin de carrera 1 no activo

Figura 6.1: Fases ascenso sistema de elevación de la silla

Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013

Elaboración: El Autor

En la figura 6.1 se muestra el modelado y funcionamiento del sistema de silla de ruedas sube veredas, además se puede apreciar el cambio de movimiento circular del tornillo sujetado al motorreductor al movimiento angular de los brazos del gato mecánico.

Los planos de los componentes que conforman el sistema así como los planos del conjunto armado y su despiece¹ se encuentran en los *anexos 2 al 18*.

6.2. Modelado del sistema para subir veredas

Del mismo modo que el sistema de elevación mencionado anteriormente, se utilizó el software Autodesk Inventor Professional 2013 para realizar el modelado del sistema para subir veredas, *figura 6.2*, y también se utilizó el software Solidworks Premium 2012 para simular por medio del análisis de movimiento que es una herramienta de este programa, que el sistema diseñado sí permite subir una vereda de 180 mm de alto y se puede ver su análisis en la *figura 6.3*.

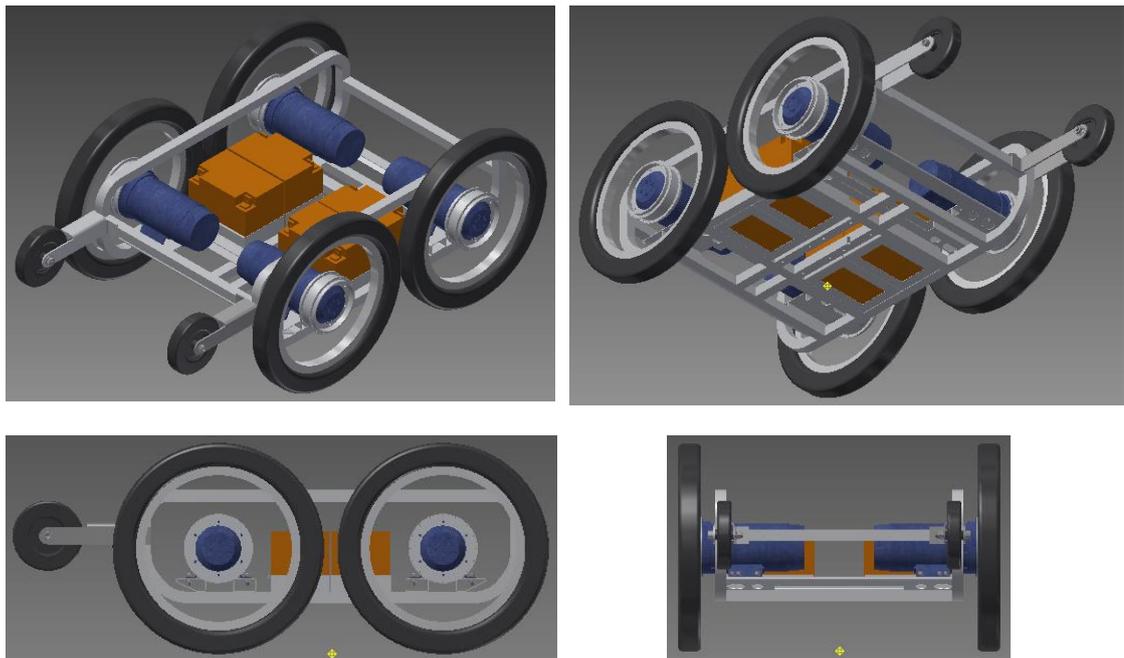


Figura 6.2: Modelado del sistema para subir veredas

Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013

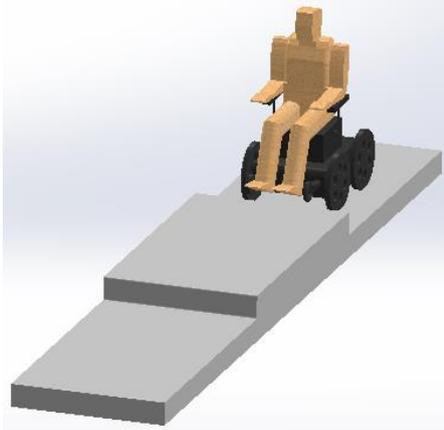
Elaboración: El Autor

El modelado que se indica en la *figura 6.2* y que representa el sistema para subir veredas del prototipo que se diseñó en esta tesis muestra un vehículo 4 x 4 (4 ruedas y las 4 ruedas generan movimiento), cada rueda está conectada directamente con un motor que le permite tener movimiento independiente y también en la base del

¹ **Despiece.-** Adj., hecho con elementos fabricados de antemano. Tomado de R. García, "Pequeño Larousse Ilustrado", Ediciones Larousse, 1964, pág. 426.

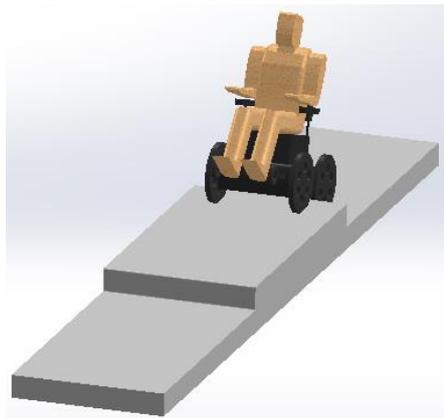
sistema se han acoplado los acumuladores "baterías" que con ayuda del peso de los motores permiten al sistema tener un bajo centro de gravedad, las ruedas frontales, como se verá a continuación en la *figura 6.3*, permiten al sistema bajar una vereda sin perder su equilibrio, evitando que el prototipo se voltee hacia adelante perjudicando al usuario o dañando parcialmente la silla de ruedas.

Fase 1: Inicio carrera de subida



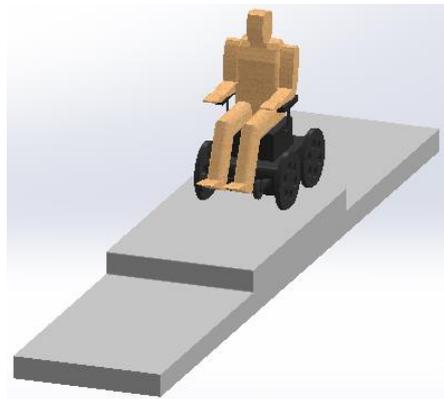
Ruedas frontales = piso (impacto frontal)
Ruedas posteriores = piso

Fase 3: Ruedas delanteras sobre la vereda



Ruedas frontales = vereda
Ruedas posteriores = piso

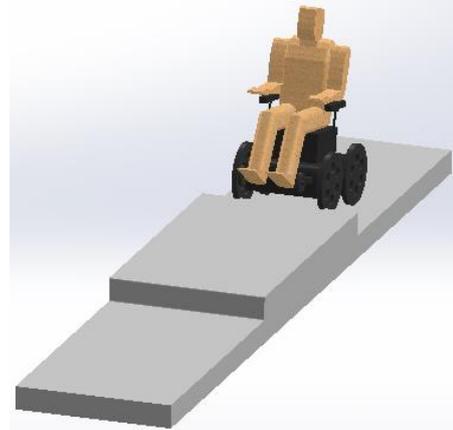
Fase 5: Fin carrera subida



Ruedas frontales = vereda
Ruedas posteriores = vereda

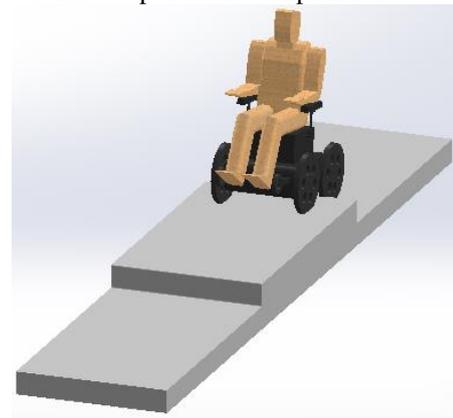
Fase 7: Ruedas delanteras empiezan a descender

Fase 2: Ruedas delanteras empiezan a ascender



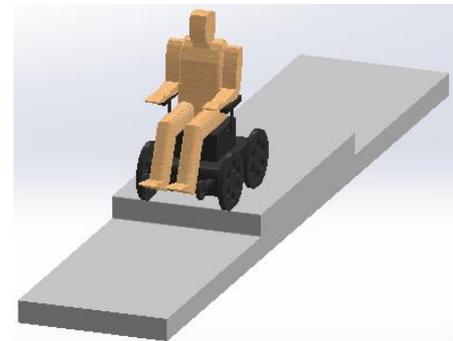
Ruedas frontales = filo de la vereda
Ruedas posteriores = piso

Fase 4: Ruedas posteriores empiezan a ascender



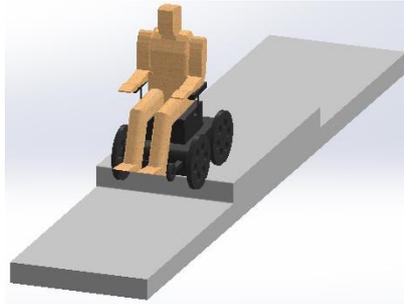
Ruedas frontales = piso
Ruedas posteriores = piso

Fase 6: Inicio carrera de descenso

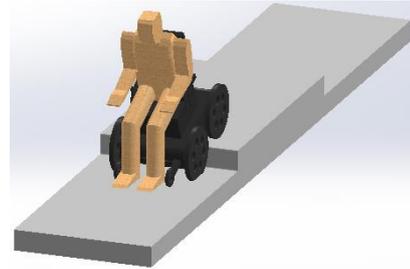


Ruedas frontales = vereda
Ruedas posteriores = vereda

Fase 8: Ruedas delanteras golpean el piso

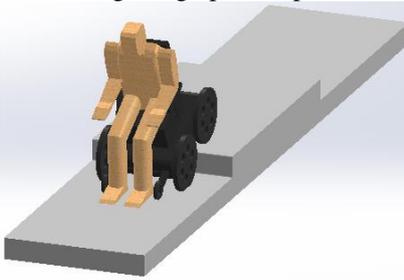


Ruedas frontales = filo de la vereda
 Ruedas posteriores = vereda
Fase 9: Ruedas guías golpean el piso

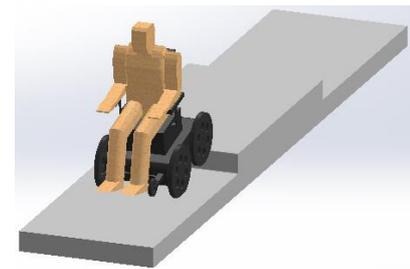


Ruedas frontales = piso (impacto por gravedad)
 Ruedas posteriores = vereda

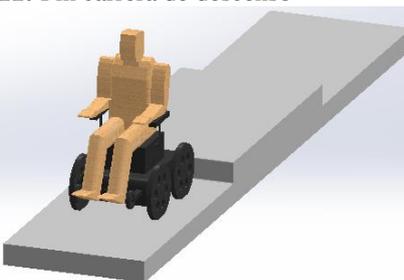
Fase 10: Ruedas posteriores empiezan a descender



Ruedas frontales = piso
 Ruedas posteriores = vereda
 Ruedas guías (impacto por gravedad)
Fase 11: Fin carrera de descenso



Ruedas frontales = piso
 Ruedas posteriores = filo de vereda



Ruedas frontales = piso
 Ruedas posteriores = piso
Figura 6.3: Simulación del sistema para subir veredas
Fuente: Solidworks Premium 2012
Elaboración: El Autor

Como se puede ver en la *figura 6.3*, en la simulación se simplificó el prototipo a su mínima expresión manteniendo: las dimensiones exteriores, el peso del conjunto armado (sumado el peso de la persona y el sistema para elevar verticalmente al usuario), y su centro de gravedad; gracias a esta simulación se puede tener una mayor certeza que el sistema funcionará si se desea construir.

Con ayuda del análisis de movimiento se pudo obtener los diagramas de torque necesario para cada motor, los mismos que se muestran en la *figura 6.4*.

Diagrama de torque necesario del motor para ascender la rueda frontal (t = segundos)

Diagrama de torque necesario del motor para ascender la rueda posterior (t = segundos)

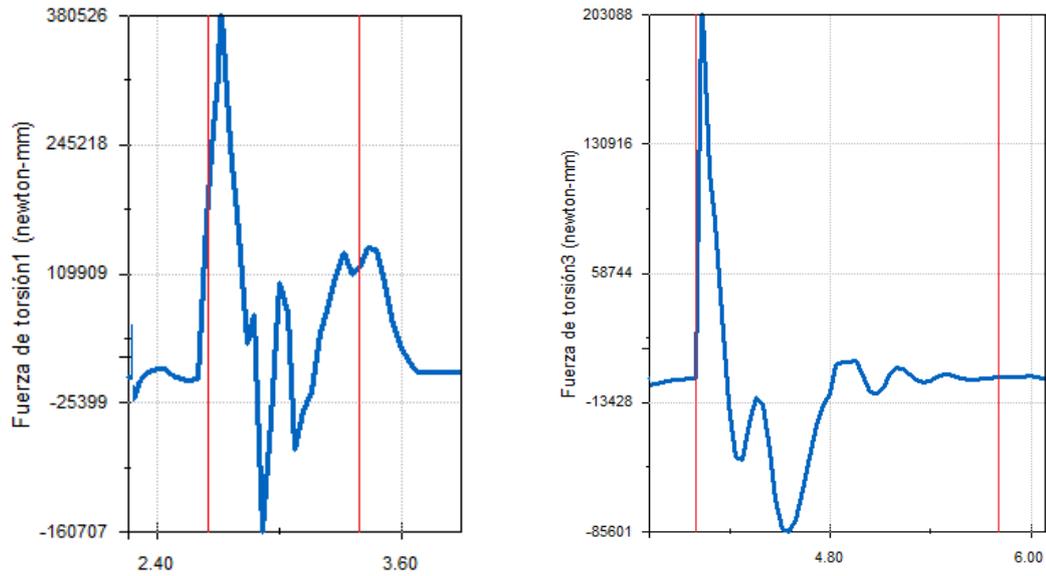


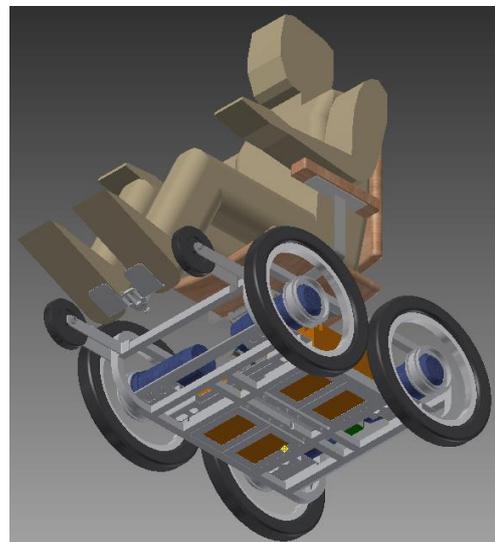
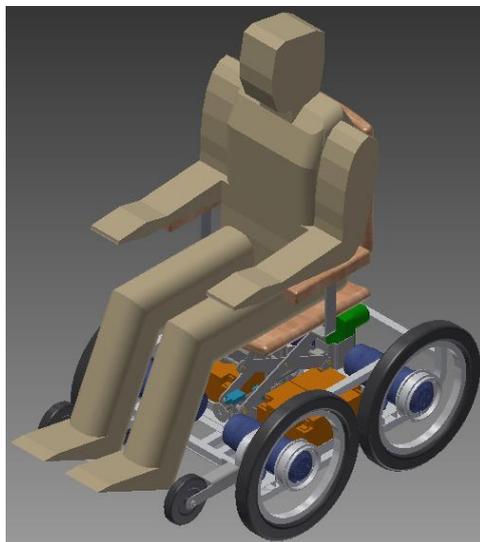
Figura 6.4: Diagramas de ascenso del sistema para subir veredas
Fuente: Solidworks Premium 2012
Elaboración: El Autor

Los diagramas de la *figura 6.4* muestran un pico en el torque necesario para ascender, ya sea en la rueda frontal como en la rueda posterior, estos picos son el resultado del impacto provocado por las ruedas al golpear con el perfil de la vereda; por esta razón los torques máximos obtenidos en el capítulo anterior (148,59 Nm y 51,435 Nm respectivamente) son menores al torque obtenido en la simulación.

Los planos de los componentes que conforman el sistema así como los planos del conjunto armado y su despiece se encuentran en los *anexos 19 al 23*.

6.3. Modelado del prototipo terminado

Una vez modelados los dos sistemas se procede a ensamblarlos en un nuevo modelado, en éste se muestra cómo quedaría el conjunto terminado, esto se puede observar de mejor manera en la *figura 6.5*.



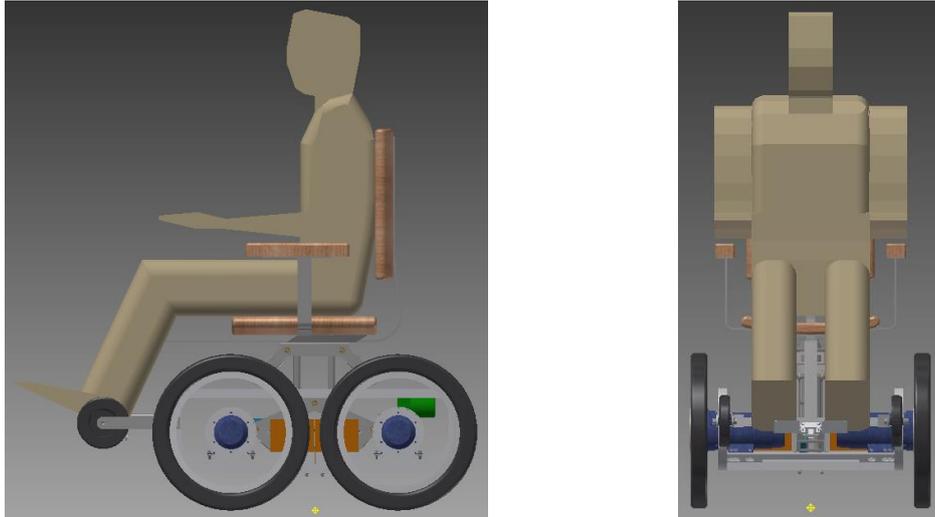


Figura 6.5: Modelado del conjunto terminado
Fuente: Autodesk Inventor Professional 2013
Elaboración: El Autor

Como se puede ver en la figura 6.5, el modelado muestra un sistema de silla de ruedas de transmisión total 4 x 4 sumado a un mecanismo de elevación que parte del principio de funcionamiento de un gato mecánico y que juntos permiten transportar a un usuario con un máximo de 90 kg de peso. Los planos que conforman el conjunto armado y su despiece se encuentran en los *anexo 24*.

6.4. Conclusiones del capítulo

- El modelado de los componentes y sistemas con ayuda de un software de diseño permite evitar cientos si no son miles de horas detrás de un plano de dibujo hecho a mano, además, permite realizar cambios sobre la marcha en el diseño de los componentes modificando a su vez el conjunto terminado.
- El torque obtenido por los motores del sistema para subir veredas en el programa de simulación es mayor que el torque obtenido con los cálculos, ya que el impacto que provoca al golpear con el filo de la vereda no se calcula en el diagrama de fuerzas realizado a mano y ese golpe producido repercute de manera muy notoria en el diagrama de la simulación, en conclusión entre mayor sea la velocidad constante de la silla de ruedas al subir la vereda, mayor será el impacto y por tanto el torque producido.

Capítulo 7: COSTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS CON LOS SISTEMAS DISEÑADOS

7.1. Componentes que se deben fabricar del sistema para elevar verticalmente al usuario

Los componentes necesarios que se deben fabricar para el sistema están indicados en la *tabla 7.1* que se muestra a continuación,

Tabla 7.1: Componentes necesarios que se deben fabricar

| Componente: | Cantidad: | Presupuesto Talleres: | | |
|---|-----------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | A. Costo (\$ USD): <i>Anexo 42</i> | B. Costo (\$ USD): <i>Anexo 44</i> | C. Costo (\$ USD): <i>Anexo 46</i> |
| Soporte base sistema de elevación | 1 | 120 | 10 | 12 |
| Soporte principal gato mecánico | 1 | 50 | 12 | 8 |
| Brazo sistema de elevación | 4 | 35 | 88 | 80 |
| Soporte base de sistema de elevación | 1 | 120 | 10 | 10 |
| Pasador sistema de elevación 03 | 2 | 140 | 16 | 10 |
| Pasador sistema de elevación 04 | 4 | 280 | 32 | 24 |
| Pasador sistema de elevación 05 | 1 | 70 | 8 | 5 |
| Base de tornillo de sistema de elevación 02 | 1 | 60 | 22 | 22 |
| Soporte tornillo de sistema de elevación 02 | 1 | 100 | 22 | 25 |
| Eje de sistema de levantamiento 02 | 1 | 80 | 22 | 22 |
| Tuerca de eje de elevación | 1 | 40 | 4 | 10 |
| Base soporte gato mecánico 01 | 1 | 120 | 10 | 30 |
| Silla soporte gato mecánico 01 | 1 | 90 | 10 | 20 |
| Buje de tornillo gato mecánico | 1 | 25 | 7 | 20 |
| Bujes de sistema de elevación 1 | 8 | 120 | 56 | 32 |
| Bujes de sistema de elevación 2 | 4 | 60 | 28 | 16 |
| Bujes de sistema de elevación 3 | 4 | 60 | 28 | 16 |
| Bujes de sistema de elevación 4 | 2 | 30 | 14 | 8 |
| Base de Motorreductor | 1 | 60 | 35 | 30 |
| Buje de tornillo gato mecánico | 1 | 50 | 7 | 10 |
| Costo total (\$ USD): | | 1660 | 441 | 410 |
| Elaboración: El autor | | | | |

Como se indica en la *tabla 7.1*, se obtuvo los presupuestos de dos talleres para la construcción de los elementos necesarios para armar el sistema, ambos talleres propusieron costos muy diferentes si se los compara entre sí; a estos costos se les debió aumentar el costo de los componentes prefabricados y del ensamblaje.

7.2. Selección de componentes prefabricados del sistema para elevar verticalmente al usuario

Los componentes prefabricados¹ que se comprarán y acoplarán al sistema se muestran en la *tabla 7.2* que está a continuación.

Tabla 7.2: Componentes prefabricados

| Componente: | Cantidad: | Costo (\$ USD): | Donde adquirir |
|--|-----------|-----------------|---|
| Silla oficina NEGRO 4004AT S | 1 | 62,99 | Ferrisariato (<i>Anexo 25</i>) |
| Gato mecánico eléctrico de tijera | 1 | 44,99 | Coral hipermercados (<i>Anexo 26</i>) |
| Fin carrera ABB (LS32M38B11) | 1 | 44,52 | ABB (<i>Anexo 27</i>) |
| Fin carrera ABB (LS21M12B11-P02) | 1 | 46,92 | ABB (<i>Anexo 28</i>) |
| Batería recargable FAMMA de 12V y 33Ah | 4 | 420 | (<i>Anexo 29</i>) |
| Perno de cabeza hexagonal avellanada M6 x 16 | 18 | 2,7 | Banco del perno (Av. Gil Ramírez D. 4-23 y Fco Pizarro, Cuenca Ecuador) |
| Arandela 6 mm (ISO 7089 - 140 HV) | 20 | 2 | |
| Perno de cabeza hexagonal M6 x 40 | 16 | 2,4 | |
| Perno de cabeza hexagonal M6 x 30 | 4 | 0,48 | |
| Costo total (\$ USD): | | 627 | |
| Elaboración: El autor | | | |

La tabla de componentes prefabricados permite conocer el costo que tendría al comprar dichos elementos para construir el sistema de elevación vertical de la silla de ruedas.

7.3. Costo de montaje del sistema para elevar verticalmente al usuario

Para el costo de montaje se describe los costos de los dos talleres antes ya mencionados para la construcción de los componentes; el costo de los componentes prefabricados para su ensamblaje y la mano de obra necesaria para armar el sistema, se explican de mejor manera en la *tabla 7.3*,

Tabla 7.3: Costo total de montaje del sistema

| Material/Componente: | Costo (\$ USD): (A) | Costo (\$ USD): (B) | Costo (\$ USD): (C) |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| Componentes necesarios que se deben fabricar | 1660 | 441 | 410 |
| Componentes fabricados | 627 | 627 | 627 |
| Costo de montaje de componentes (Autor de la tesis): | 100 | 100 | 100 |
| Costo total (\$ USD): | 2387 | 1168 | 1137 |
| Elaboración: El autor | | | |

La tabla anterior permite conocer el costo total de construcción de todo el sistema de elevación vertical para acoplarlo a la silla de ruedas, con estos valores se puede decidir si es viable construir en algún momento este prototipo o no.

¹ **Prefabricado, da.-** Adj., hecho con elementos fabricados de antemano. Tomado de R. García, "Pequeño Larousse Ilustrado", Ediciones Larousse, 1964, pág. 829.

7.4. Componentes que se deben fabricar del sistema para subir veredas

En la *tabla 7.4* se puede ver los presupuestos obtenidos de los dos talleres mencionados en la *tabla 7.1*, pero ahora con los elementos necesarios para construir el sistema sube veredas de la silla de ruedas:

Tabla 7.4: Componentes necesarios que se deben fabricar

| Componente: | Cantidad: | Presupuesto Talleres: | | |
|--|-----------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | A. Costo (\$ USD): <i>Anexo 43</i> | B. Costo (\$ USD): <i>Anexo 45</i> | C. Costo (\$ USD): <i>Anexo 47</i> |
| Base de motores | 1 | 150 | 40 | 60 |
| Central base de componentes mejora 01 | 1 | 150 | 23 | 80 |
| Soporte rueda guía derecha | 1 | 150 | 25 | 50 |
| Soporte rueda guía izquierda | 1 | 150 | 25 | 50 |
| Conjunto soldado (soldar 4 anteriores) | 1 | 70 | 15 | 30 |
| Manzana de rueda motriz | 4 | 480 | 120 | 300 |
| Base batería central | 4 | 120 | 60 | 40 |
| Costo total (\$ USD): | | 1270 | 308 | 610 |
| Elaboración: El autor | | | | |

Hubo un error cuando se explicó el diseño al taller del presupuesto A, ya que dicha empresa entendió al principio que, el conjunto soldado era otro componente aparte y por eso el costo que se indica en *anexas 44* es un valor demasiado alto; sin embargo, después de una explicación informal se rectificó el valor al que está expuesto en la *tabla 7.4*; al igual que en la *tabla 7.1*, los costos que ponderan los dos talleres son muy diferentes y del mismo modo, a estos componentes debe sumarse el costo de los componentes prefabricados y de ensamblaje.

7.5. Selección de componentes prefabricados del sistema para subir veredas

Los componentes prefabricados que se montarán en el sistema están indicados en la *tabla 7.5*:

Tabla 7.5: Componentes prefabricados

| Componente: | Cantidad: | Costo (\$ USD): | Donde adquirir |
|---|-----------|-----------------|--|
| Batería recargable FAMMA de 12V y 33Ah | 4 | 420 | (<i>Anexo 29</i>) |
| Ceja para neumático (Fortuner) | 4 | 8,96 | IMP. COM. OSELDA C. LTDA. - Venta y repuestos de Bicicletas Dirección: Venezuela 704 y Noguchi Teléfono: (593 4) 2444336 |
| Tubos interior (Fortuner) | 4 | 17,72 | |
| Válvula de tubo (Fortuner) | 4 | 8,96 | |
| CLINCHER » 22in » 22x1.75 (ISO 457) MTB | 4 | 74 | (<i>Anexo 30</i>) |
| Arandela de presión 6 mm (DIN 128 - A6) | 48 | 4,8 | Banco del perno (Av. Gil Ramírez D. 4-23 y Fco Pizarro, Cuenca Ecuador) |
| Tuerca de presión M6 (ISO 4161 -M6) | 24 | 3,6 | |
| Perno de cabeza hexagonal M6 x 20 | 24 | 2,4 | |

Capítulo 7: COSTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS CON LOS SISTEMAS DISEÑADOS

| | | | |
|---|---|-------------|---|
| Tuerca de presión M12 (ISO 4161 -M12) | 2 | 0,4 | |
| Perno de cabeza hexagonal M12 x 65 | 2 | 0,5 | |
| Micromotor HUB MOTOR PMN | 4 | 7308 | (Anexo 31) |
| RUEDA 8 X 1,75 in (Garrucha IND 8 de baje fija) | 2 | 29,38 | FERRISARIATO/ PASEO SHOPPING RIOBAMBA/ Av. Antonio José de Sucre. |
| Circuito de control y de fuerza | 1 | 1490,28 | (Anexo 48) |
| Costo total (\$ USD): | | 9369 | |
| Elaboración: El autor | | | |

La tabla anterior permite conocer los lugares donde se pueden adquirir los componentes prefabricados que se acoplarán al sistema para subir veredas de la silla de ruedas.

7.6. Costo de montaje del sistema para subir veredas

El costo de armar el sistema sube veredas se describe en la *tabla 7.6*:

Tabla 7.6: Costo total de montaje del sistema

| Material/Componente: | Costo (\$ USD): (A) | Costo (\$ USD): (B) | Costo (\$ USD): (C) |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Componentes necesarios que se deben fabricar | 1270 | 308 | 610 |
| Componentes fabricados | 9369 | 9369 | 9369 |
| Costo de montaje de componentes (Autor de la tesis): | 100 | 100 | 100 |
| Costo total: | 10739 | 9777 | 10079 |
| Elaboración: El autor | | | |

Entonces, la tabla anterior muestra el costo de ensamblar los componentes fabricados y prefabricados del sistema para subir veredas de la silla de ruedas, una vez que se tiene los costos de montaje de ambos sistema se puede obtener el costo total del prototipo de silla de ruedas.

7.7. Costo total del prototipo de silla de ruedas

Para el costo total se suman los costos totales obtenidos en las *tablas 7.3* y *7.6* tomando en cuenta que existe dos talleres como referencia en los costos, a estos costos se les suma el costo de diseñar el prototipo detallando el total en la *tabla 7.7*:

Tabla 7.7: Costo total del prototipo de silla de ruedas

| Sistemas: | Costo (\$ USD): (A) | Costo (\$ USD): (B) | Costo (\$ USD): (C) |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Sistema de elevación: | 2387 | 1168 | 1137 |
| Sistema sube veredas | 10739 | 9777 | 10079 |
| Costo de diseño impuesto por el autor (10% suma valores anteriores): | 1312,6 | 1094,5 | 1121,6 |
| Costo total: | 14438,6 | 12039,5 | 12337,6 |
| Elaboración: El autor | | | |

En la tabla 7.7 se muestra que el costo total para construir el prototipo de silla de ruedas realizado en la presente tesis, utilizando como referencia los dos talleres, se puede obtener dos costos que difieren entre sí, por ello para su construcción se utilizaría el taller que implique el menor costo de fabricación.

7.8. Conclusiones del capítulo

- Se han examinado los costos presupuestados de dos talleres y se puede ver que el precio difiere considerablemente, esto se pudo dar por un mal entendido al momento de realizar dicho presupuesto o al no entender la información proporcionada por el autor de la tesis a los talleres.
- El costo puede variar si se construye por separado los componentes tomando en cuenta los costos individuales de cada producto.
- En el costo total del prototipo de silla de ruedas presentado en esta tesis no está tomado en cuenta el costo de impuestos vigentes en caso de vender este prototipo a una tercera persona.

RECOMENDACIONES EN GENERAL

Después de haber realizado algunas conclusiones a las que se ha podido llegar al final de cada capítulo, para solventar las necesidades de usuarios con capacidades especiales, se presentan algunas recomendaciones:

- La presente tesis permitió solventar el inconveniente del acceso a veredas que no tienen rampas, logrando que el operario (persona con capacidades especiales) pueda movilizarse en cualquier espacio del área urbana de la ciudad de Cuenca.
- Como resultado de la investigación se ha diseñado un sistema basado en un gato mecánico con un motor eléctrico, que permite al operario aumentar su estatura (literalmente), mientras se mantiene en la posición de sentado y sujetar objetos no muy pesados, ya que variaría su centro de gravedad provocando una posible caída del usuario; además, es probable que el equipo falle.
- Se está proponiendo un modelo de sillas de ruedas, la cual, un usuario con capacidades especiales pueda mandar a fabricar en la ciudad de Cuenca, con base en los diseños, modelos y planos realizados en esta investigación y que se adjuntan tanto en el contenido como en los anexos.
- El prototipo de silla de ruedas se diseñó en base al modelo P4 COUNTRY, con la intención de reducir su costo de fabricación y de adquisición de componentes, de tal manera que sea fácil de fabricar en la ciudad de Cuenca, evitando al usuario tener que incurrir en elevadas cantidades de dinero para su importación.
- Por medio de internet y vía telefónica se pudo contactar con la empresa MICRO-MOTOR AG de Alemania, encargada de diseñar y fabricar motorreductores de corriente continua, pudiendo observar que cada uno de los motores tiene un costo aproximado de \$1666 dólares americanos, sin contar con el costo de envío que es de aproximadamente \$644 (ver *anexo 31*); por ello se recomienda realizar una investigación para fabricar motorreductores en la ciudad de Cuenca, que tengan características similares al mencionado pero con costos bastante reducidos, como se demuestra en la presente tesis.
- El modelo diseñado solventa el inconveniente del operario de necesitar una persona para ayudarlo a sujetar objetos en estantes y mobiliario que se encuentran a una altura de 1,75 m. del piso, permitiéndole mayor independencia al usuario.
- El diseño que se ha elaborado con la presente tesis, ha demostrado que las baterías o acumuladores juegan un papel fundamental al momento de diseñare

Capítulo 7: COSTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS CON LOS SISTEMAS DISEÑADOS

sillas eléctricas que permitan subir veredas, ya que entre más prolongada sea la independencia de dicha silla, mayor será su peso, por ello se recomienda realizar los análisis que se creyera conveniente para diseñar y construir acumuladores de menor peso.

- Se recomienda además, realizar un análisis posterior de personas con capacidades especiales que requieran de sillas eléctricas con la necesidad para subir veredas y escalones, para que a través de fundaciones o instituciones públicas se pueda solventar este inconveniente.

ANEXOS

Anexo 1. Ordenanzas municipales en la ciudad de Cuenca

En la Ordenanza Municipal sobre Discapacidades publicada el día 31 de marzo del 2006 los tópicos principales parpara este estudio indican que:

"La Ley sobre Discapacidades dispone, que los municipios dictarán las ordenanzas para el ejercicio de los derechos establecidos en dicha ley y que se desarrollarán acciones concretas en beneficio de las personas con discapacidad, para la supresión de las *barreras urbanísticas, arquitectónicas y de accesibilidad al medio físico y transporte*; así como la ejecución de actividades para la protección familiar, salud, educación, tributación, vivienda, seguridad social de las personas con discapacidad en coordinación con el CONADIS (Consejo Nacional de Discapacitados) e instituciones públicas y privadas encargadas del tema;

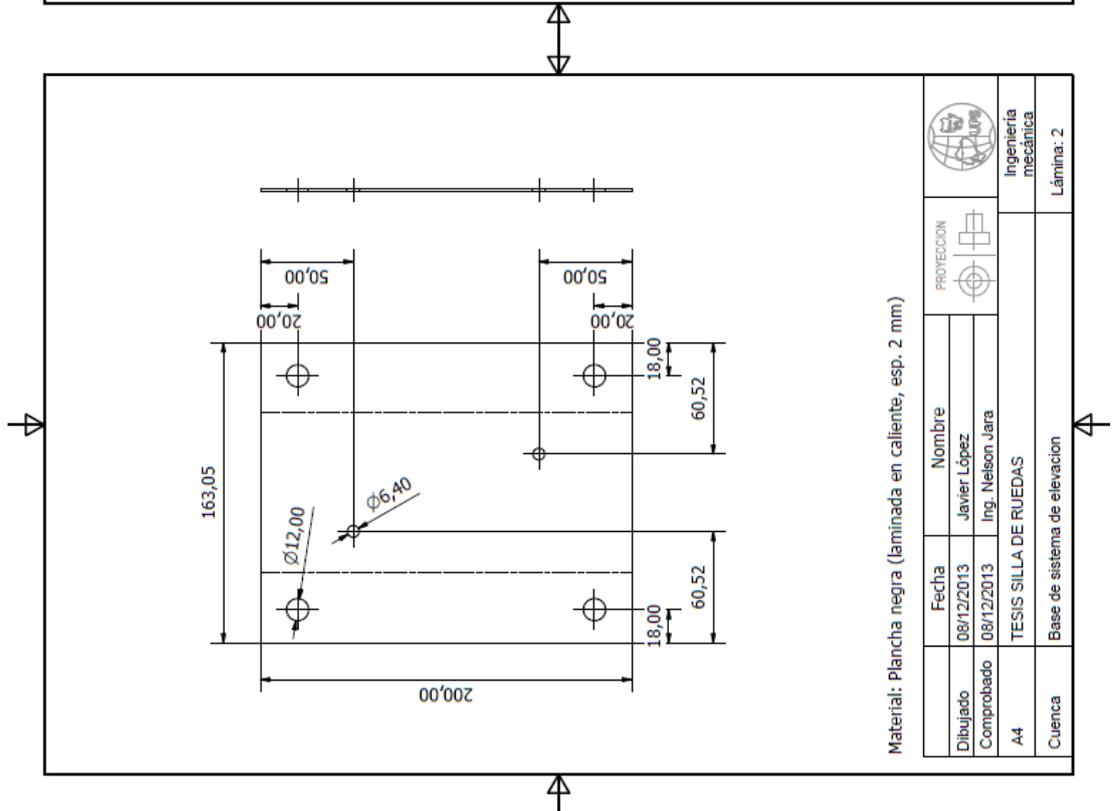
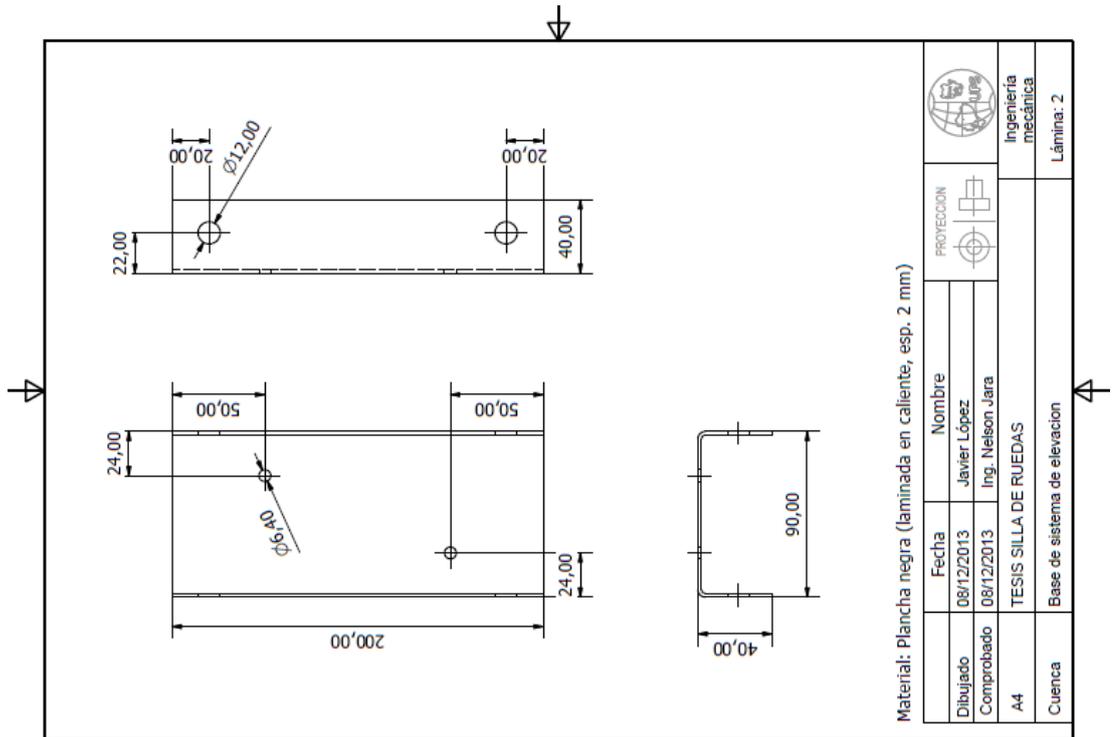
Art. 4.- Para la construcción o modificación de toda obra pública o privada la Dirección de Control Municipal cuidará y garantizará que los diseños guarden estricta relación con las "Normas INEN sobre la Accesibilidad de las Personas con Discapacidad al Medio Físico" que se encuentren vigentes al tiempo de la aprobación de los proyectos.

El incumplimiento a las disposiciones de la Municipalidad sobre accesibilidad serán sancionadas por los comisarios municipales. La tolerancia a las infracciones por parte de los funcionarios y empleados municipales será considerada como falta a los derechos humanos y sancionada con destitución, previo el correspondiente sumario administrativo.

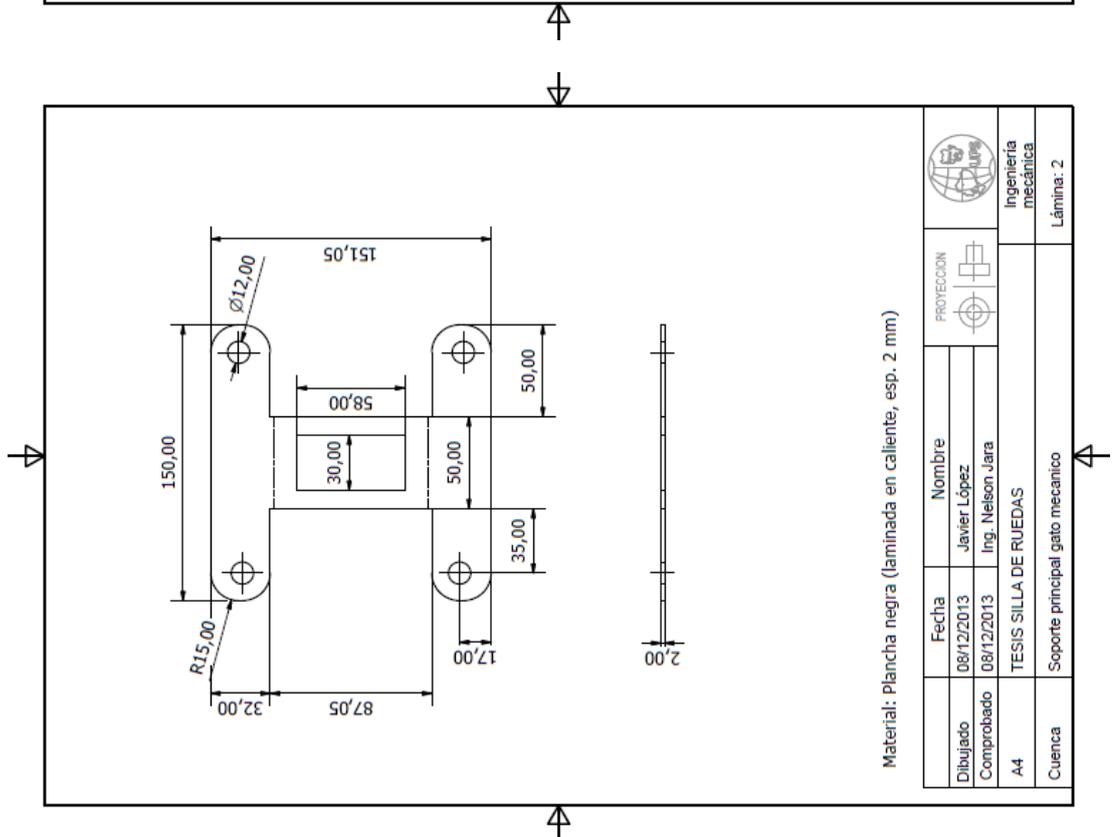
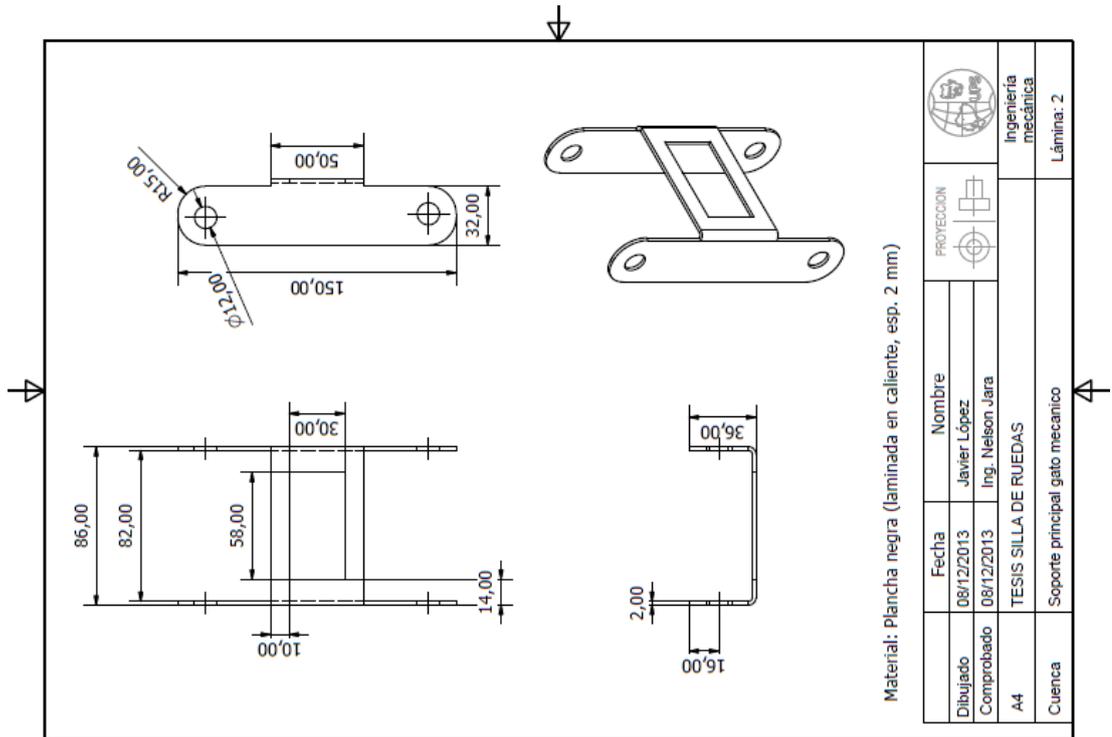
Art. 5.- Las edificaciones existentes que presten servicios públicos o servicios al público, serán objeto de intervención para eliminar las barreras arquitectónicas, por disposición de la Dirección de Control Municipal que notificará el plazo razonable para su ejecución; plazo que no será mayor a seis meses, caso contrario al propietario del bien inmueble, sea persona natural o jurídica, se le aplicará la multa de veinte remuneraciones básicas mínimas unificadas del trabajador en general, e inmediatamente el edificio será clausurado hasta que remedien los problemas que causan la falta de accesibilidad para las personas con discapacidad y se eliminen las barreras arquitectónicas. Si no se cumple con la determinación municipal, podrá la Municipalidad ejecutar las obras necesarias a costa del infractor con el 30% de recargo.

Art. 25.- La Ilustre Municipalidad adaptará la infraestructura física necesaria, en todos sus espacios de servicio municipal para el libre acceso y disfrute de las personas con cualquier tipo de discapacidad y creará la infraestructura tecnológica adecuada con la implementación de software y hardware apropiado para equiparar las oportunidades.

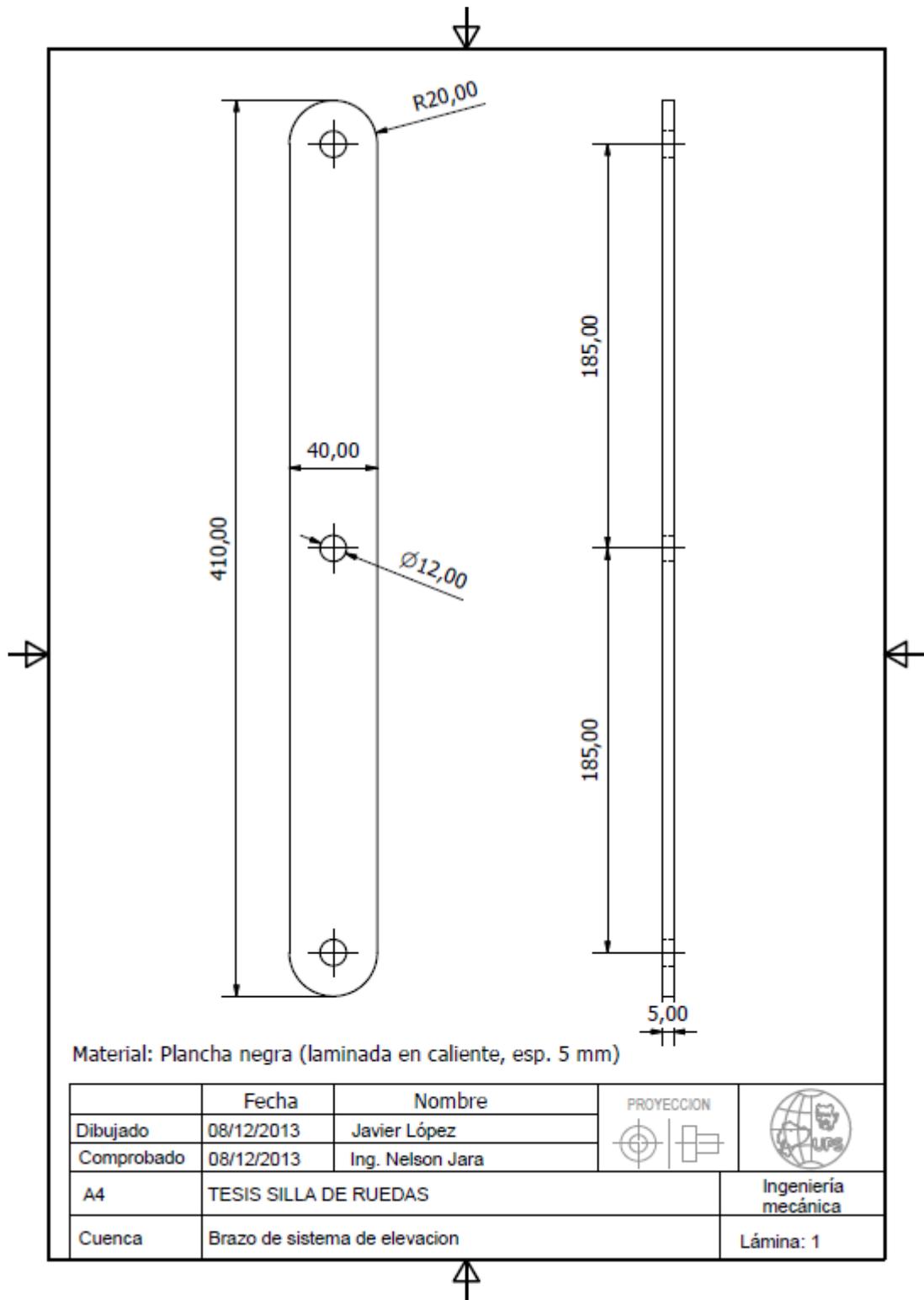
Anexo 2. Planos base sistema de elevación



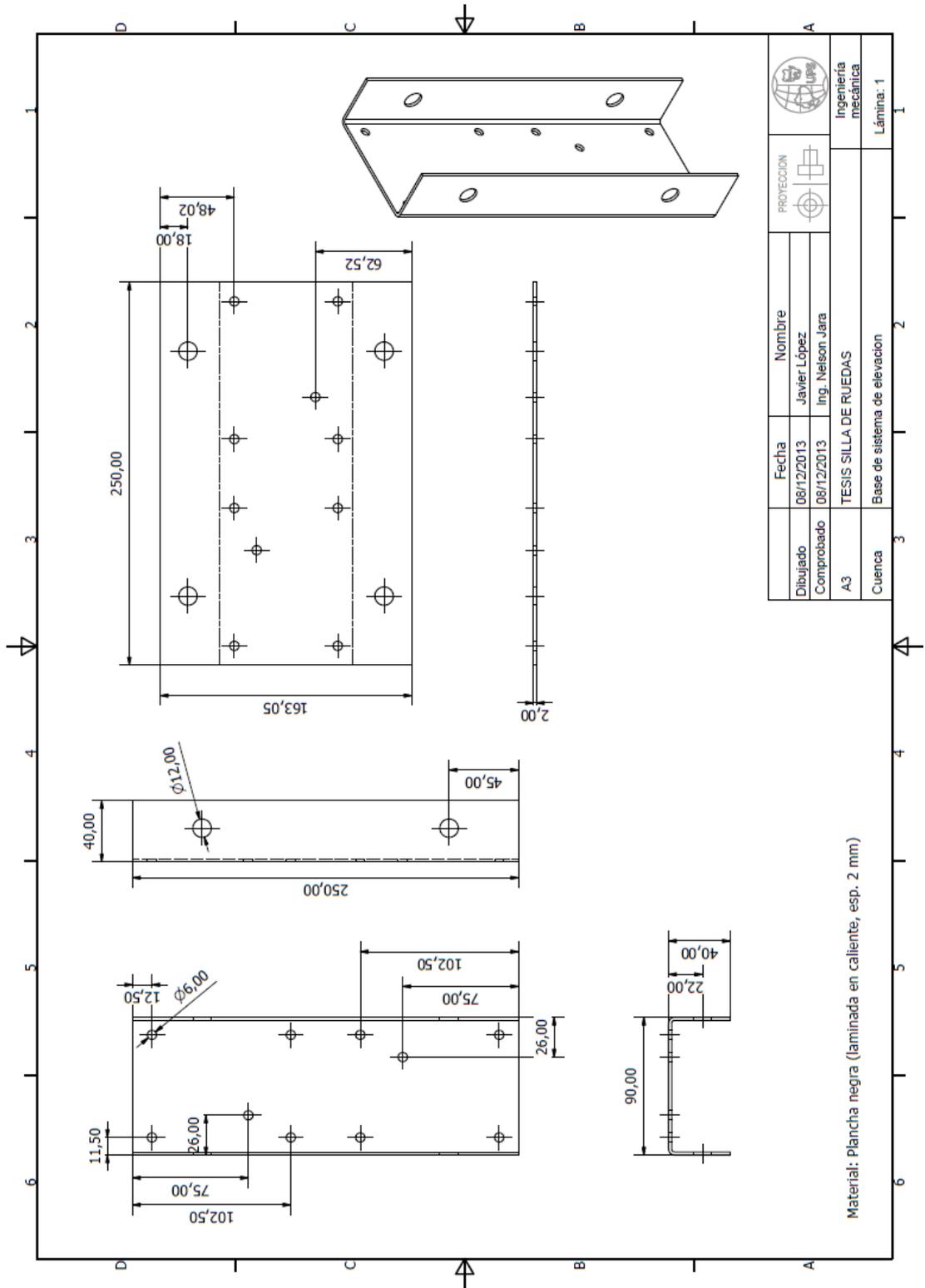
Anexo 3. Soporte principal gato mecánico



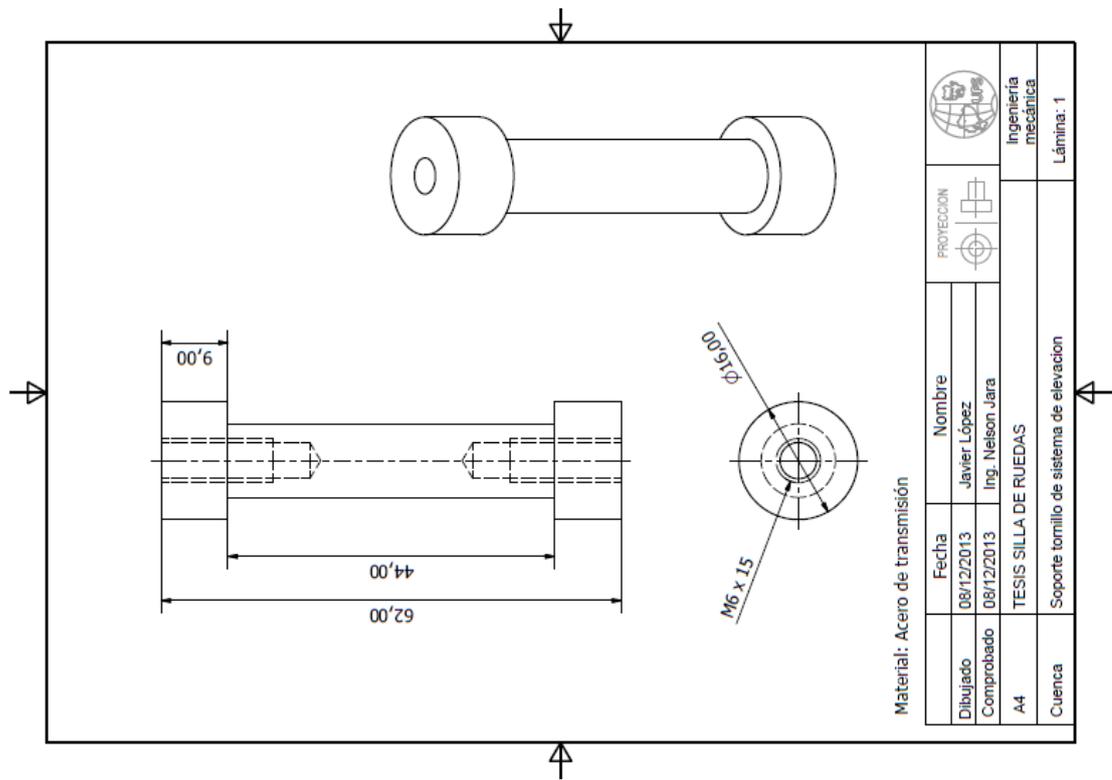
Anexo 4. Brazo de sistema de elevación



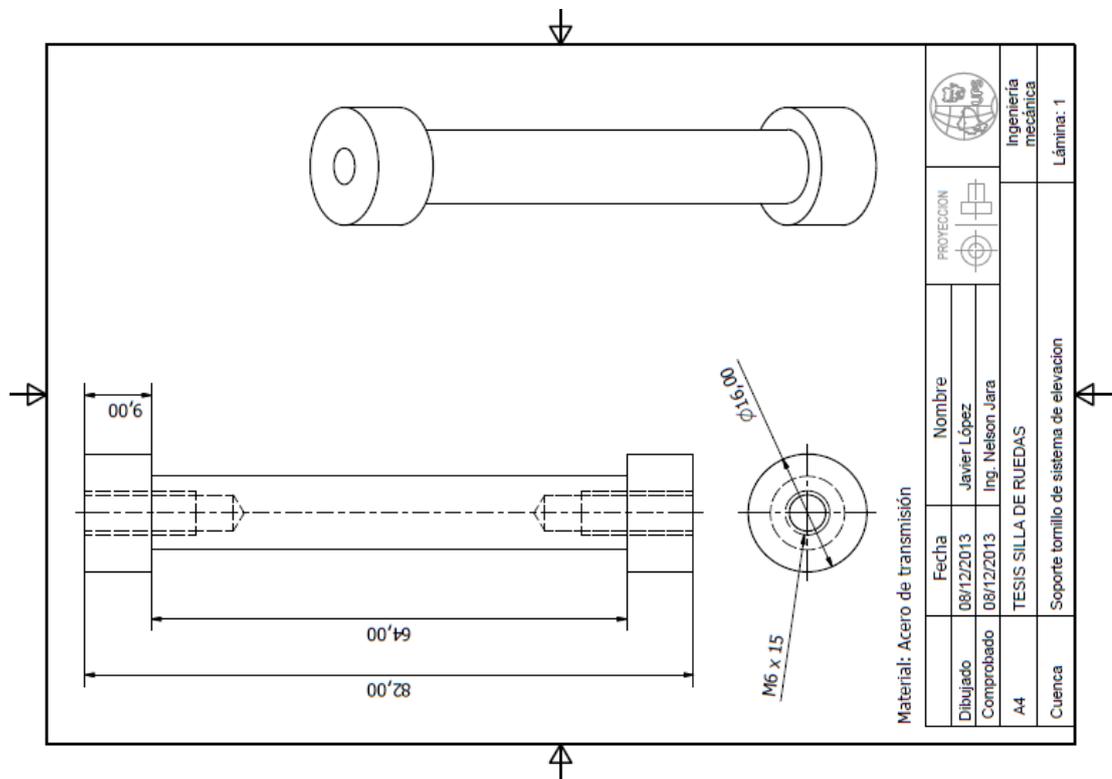
Anexo 5. Soporte base de sistema de elevación



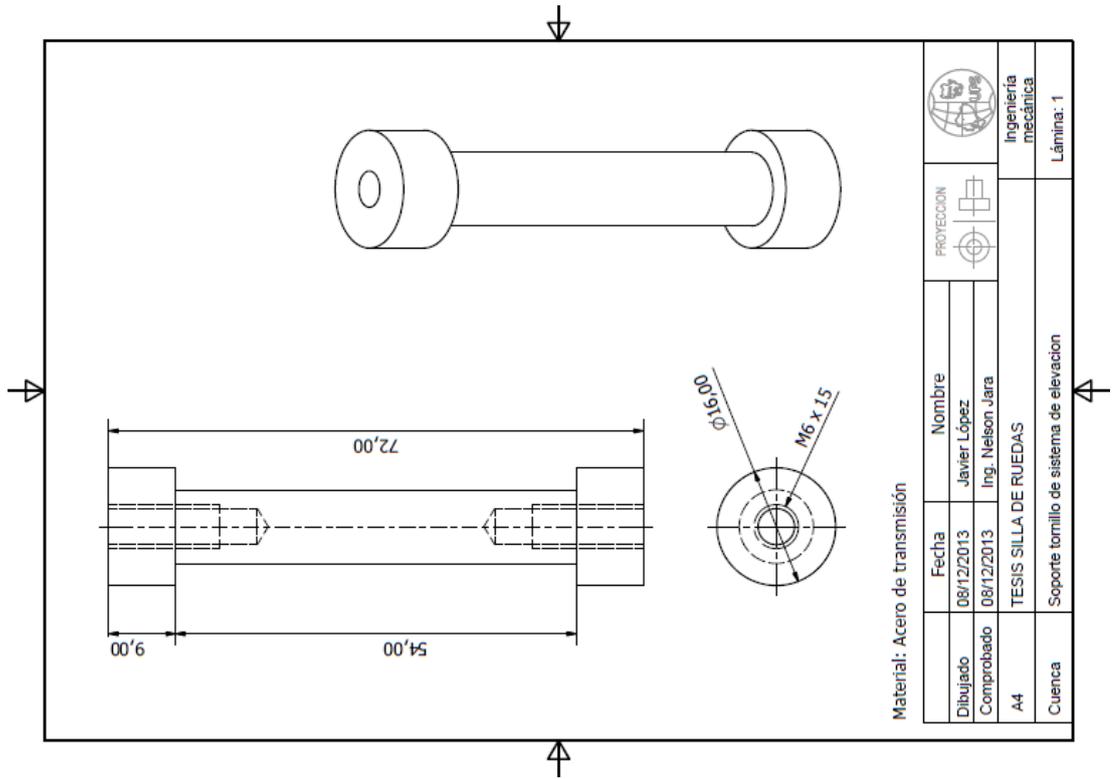
Anexo 6. Pasador sistema de elevación 03



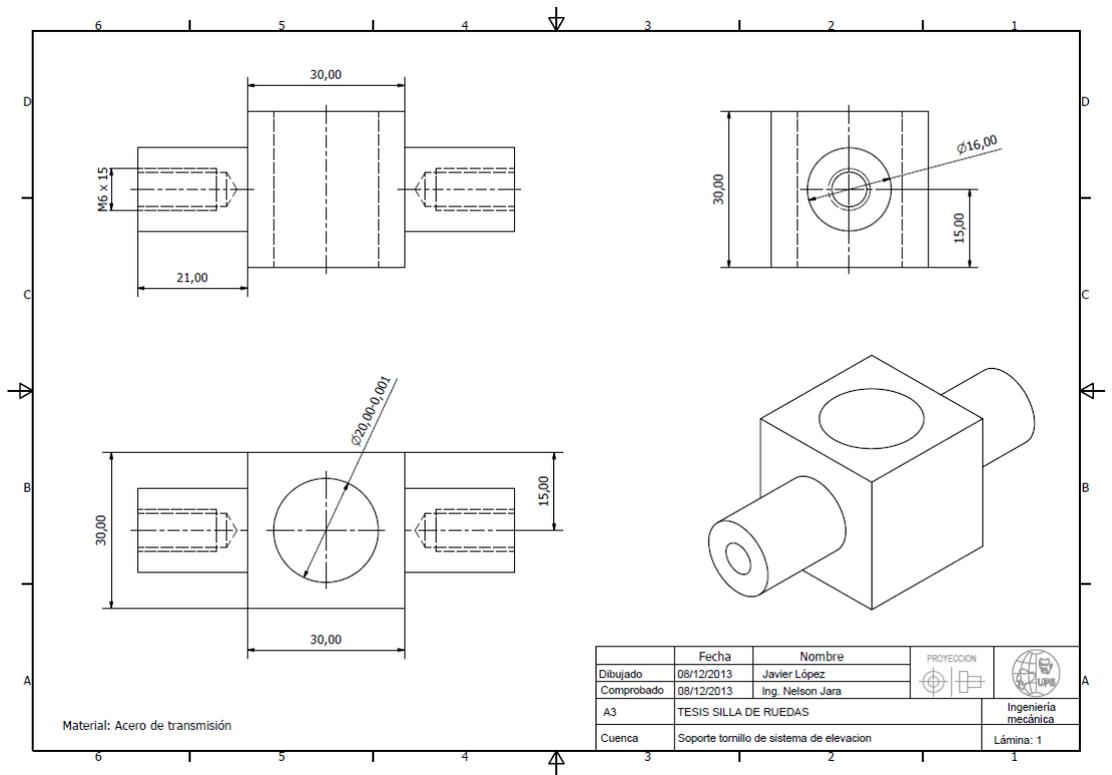
Anexo 7. Pasador sistema de elevación 04



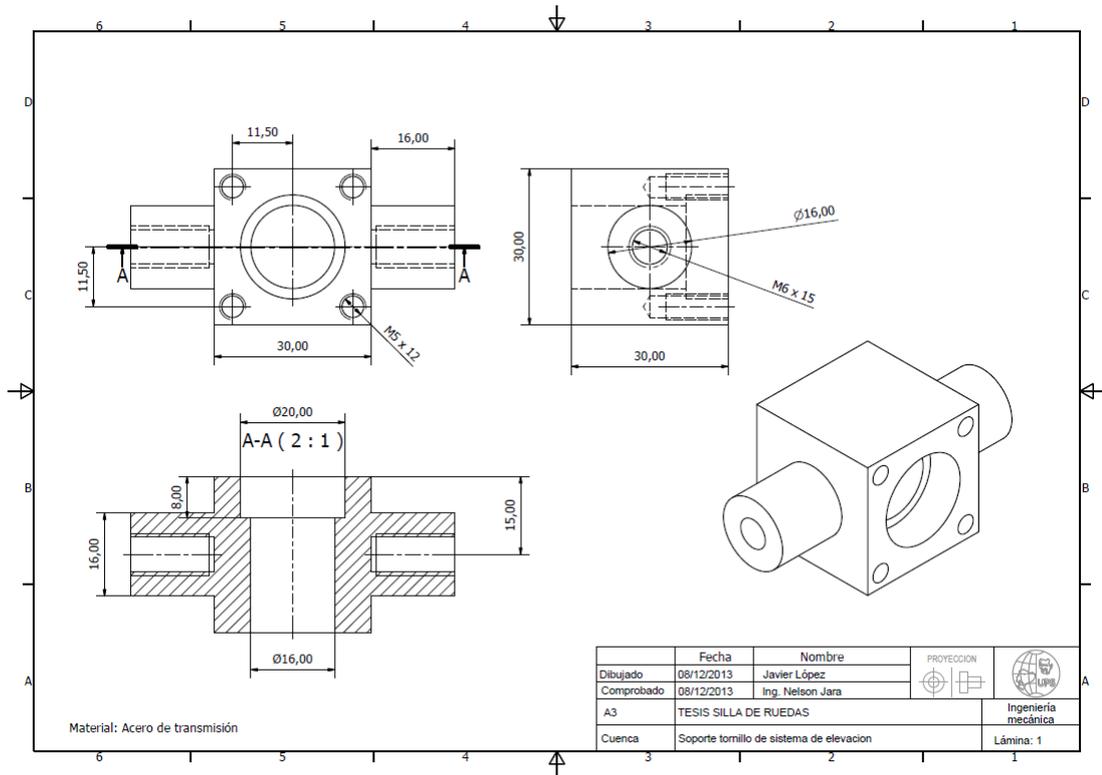
Anexo 8. Pasador sistema de elevación 05



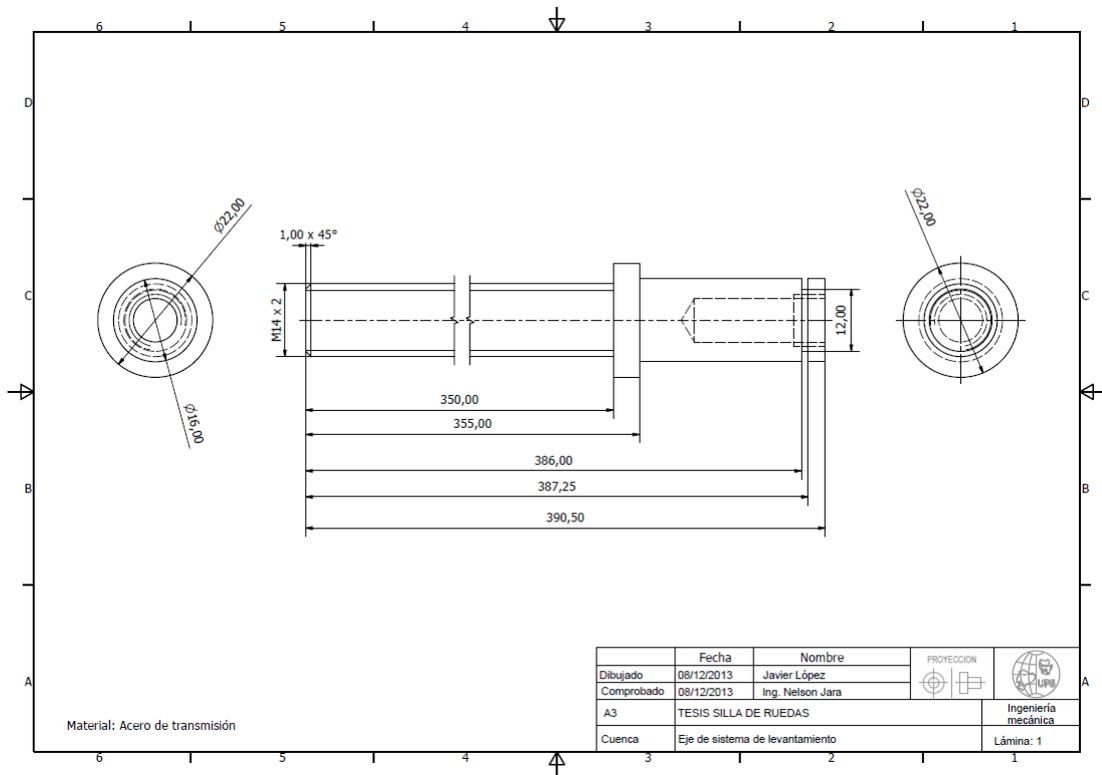
Anexo 9. Base de tornillo de sistema de elevación 02



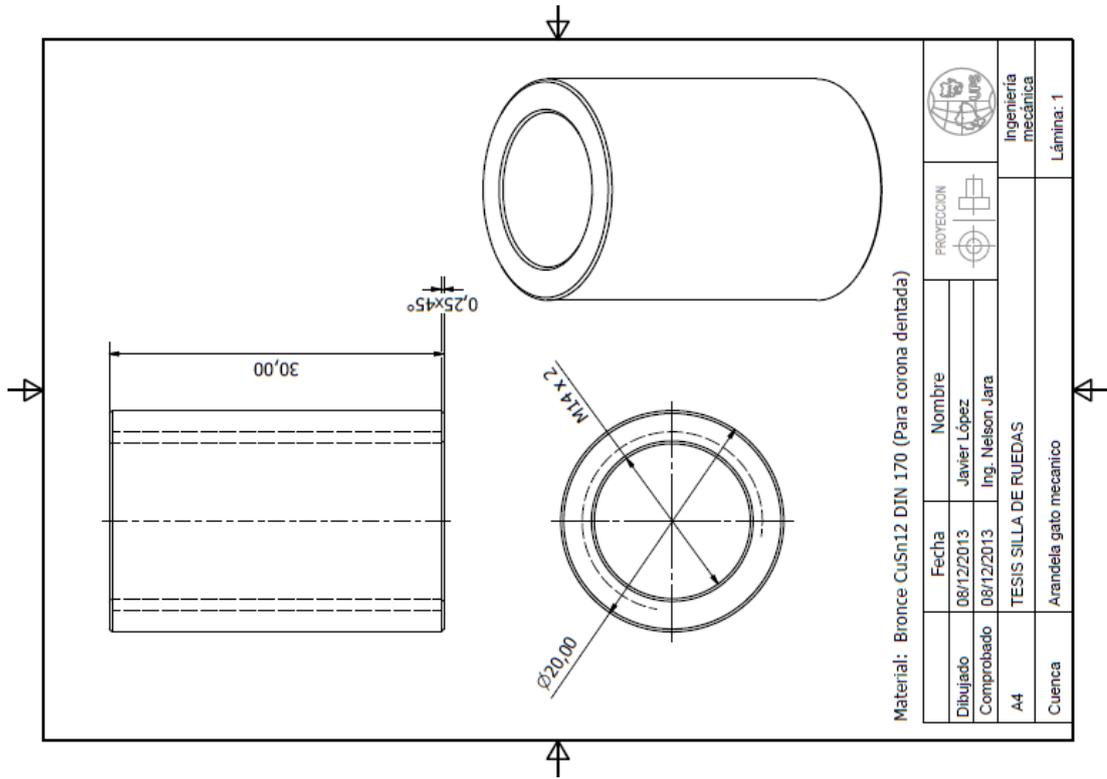
Anexo 10. Soporte tornillo de sistema de elevación 02



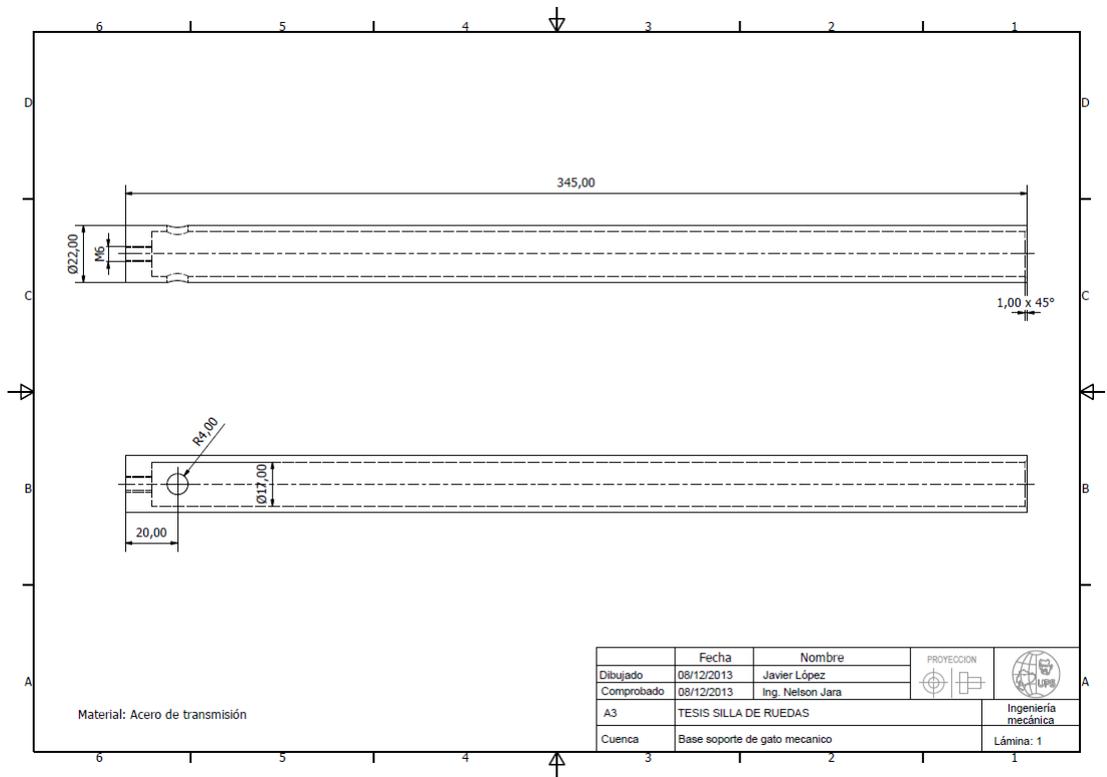
Anexo 11. Eje de sistema de levantamiento 02



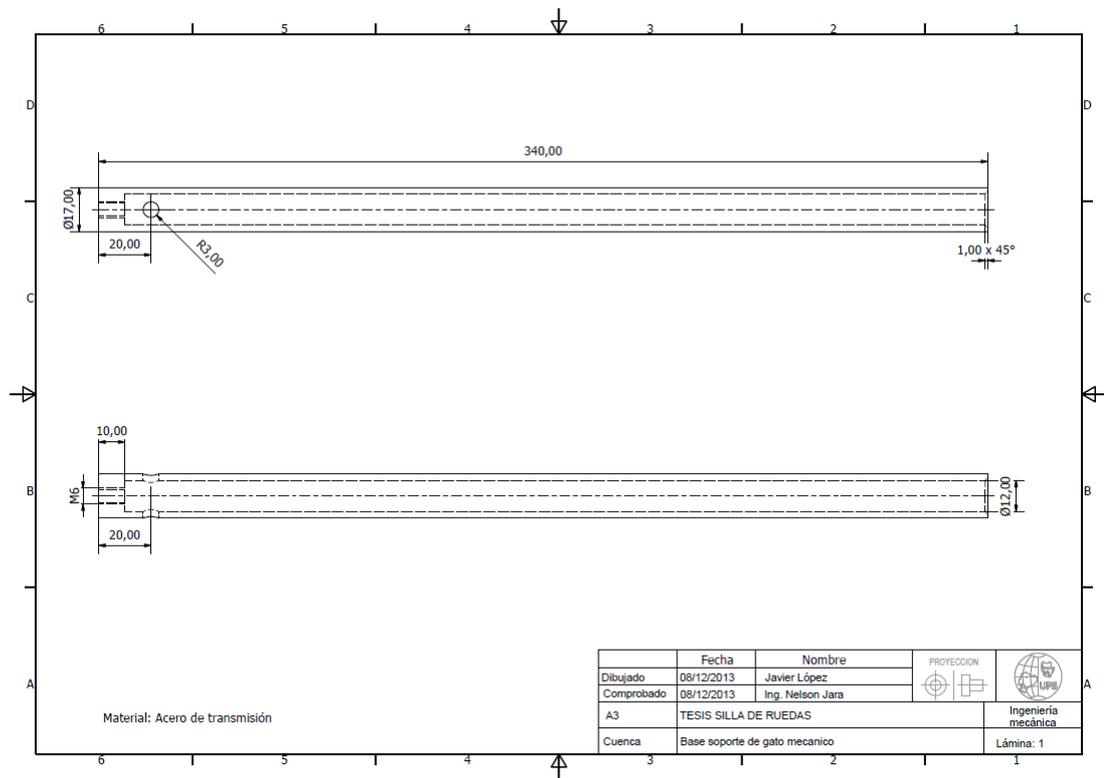
Anexo 12. Tuerca de eje de elevación



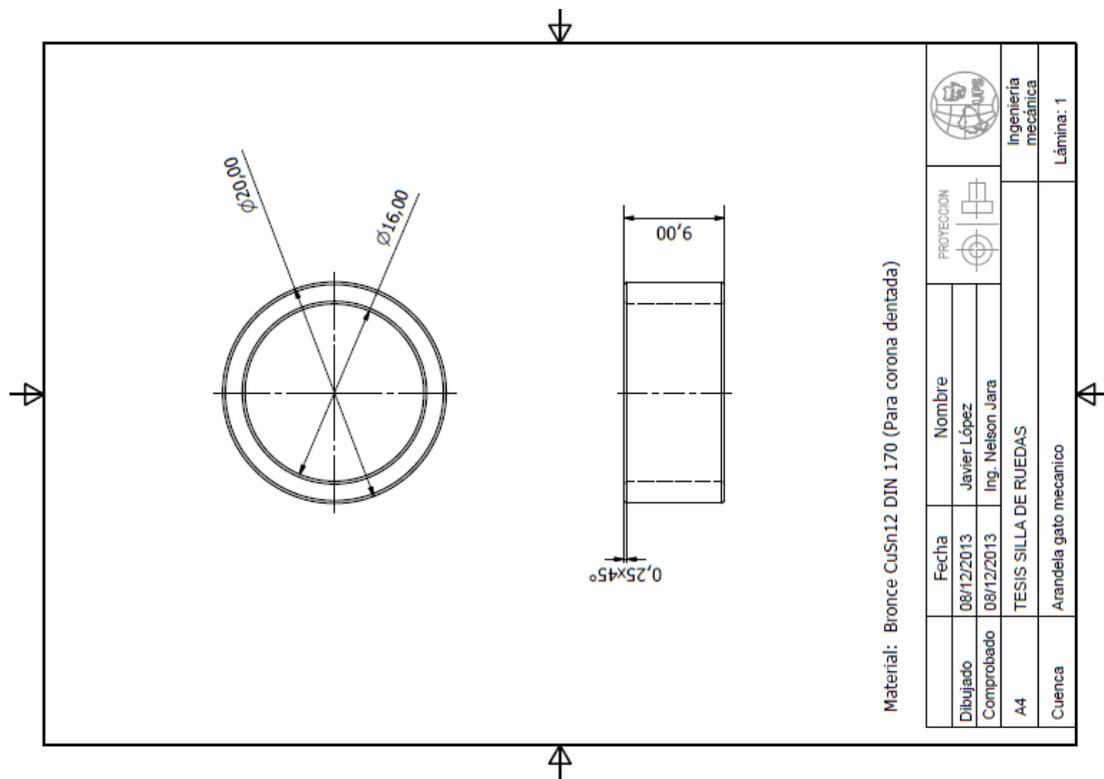
Anexo 13. Base soporte gato mecánico 01



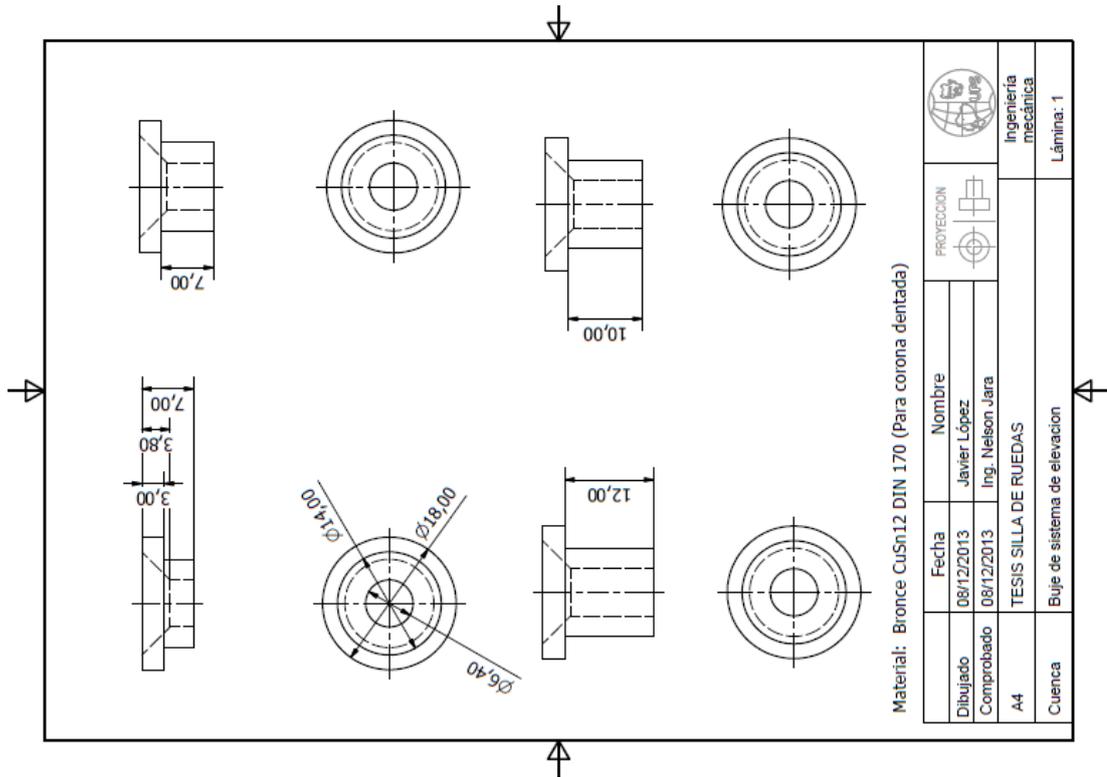
Anexo 14. Silla soporte gato mecánico 01



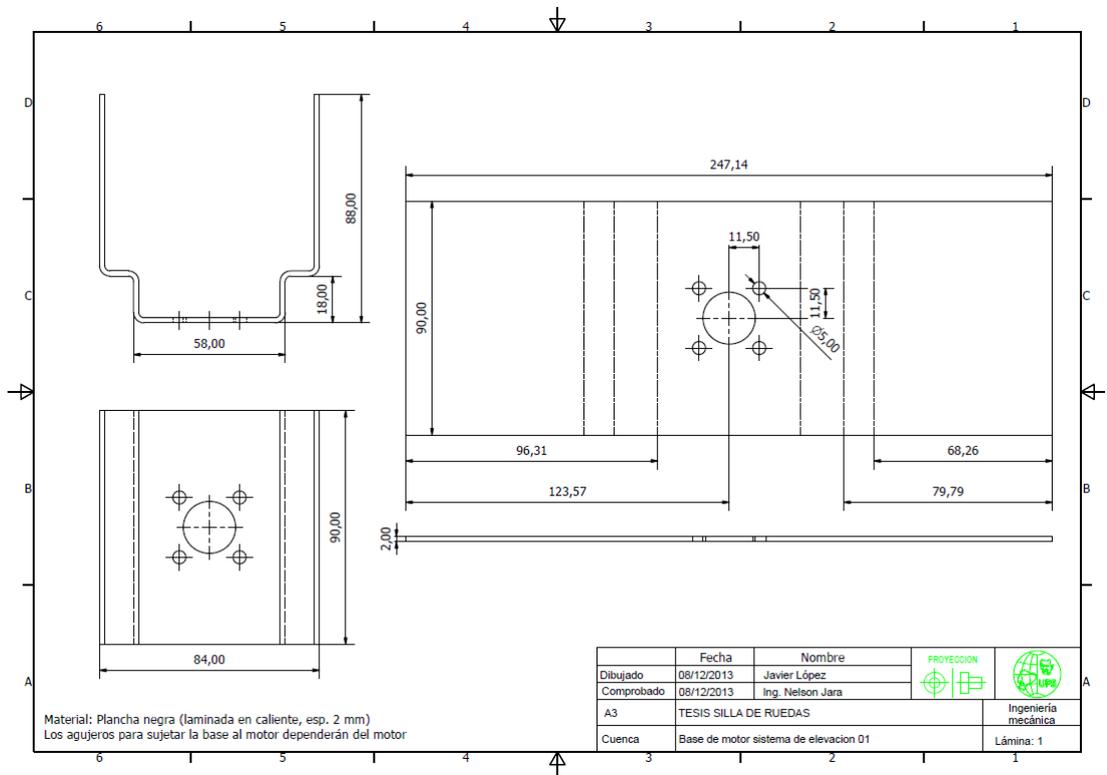
Anexo 15. Buje de tornillo gato mecánico



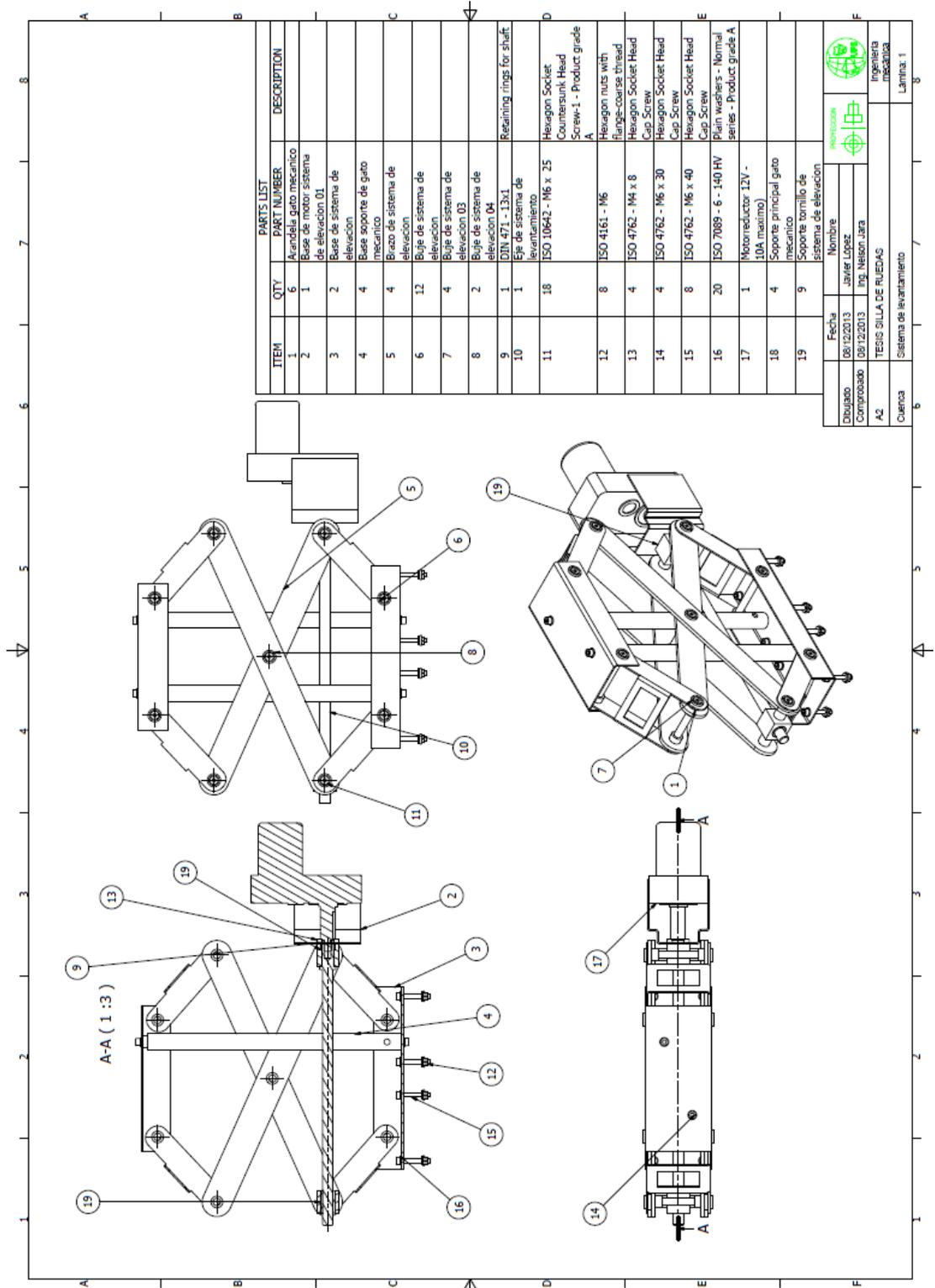
Anexo 16. Bujes de sistema de elevación (1-2-3-4)



Anexo 17. Base de Motorreductor



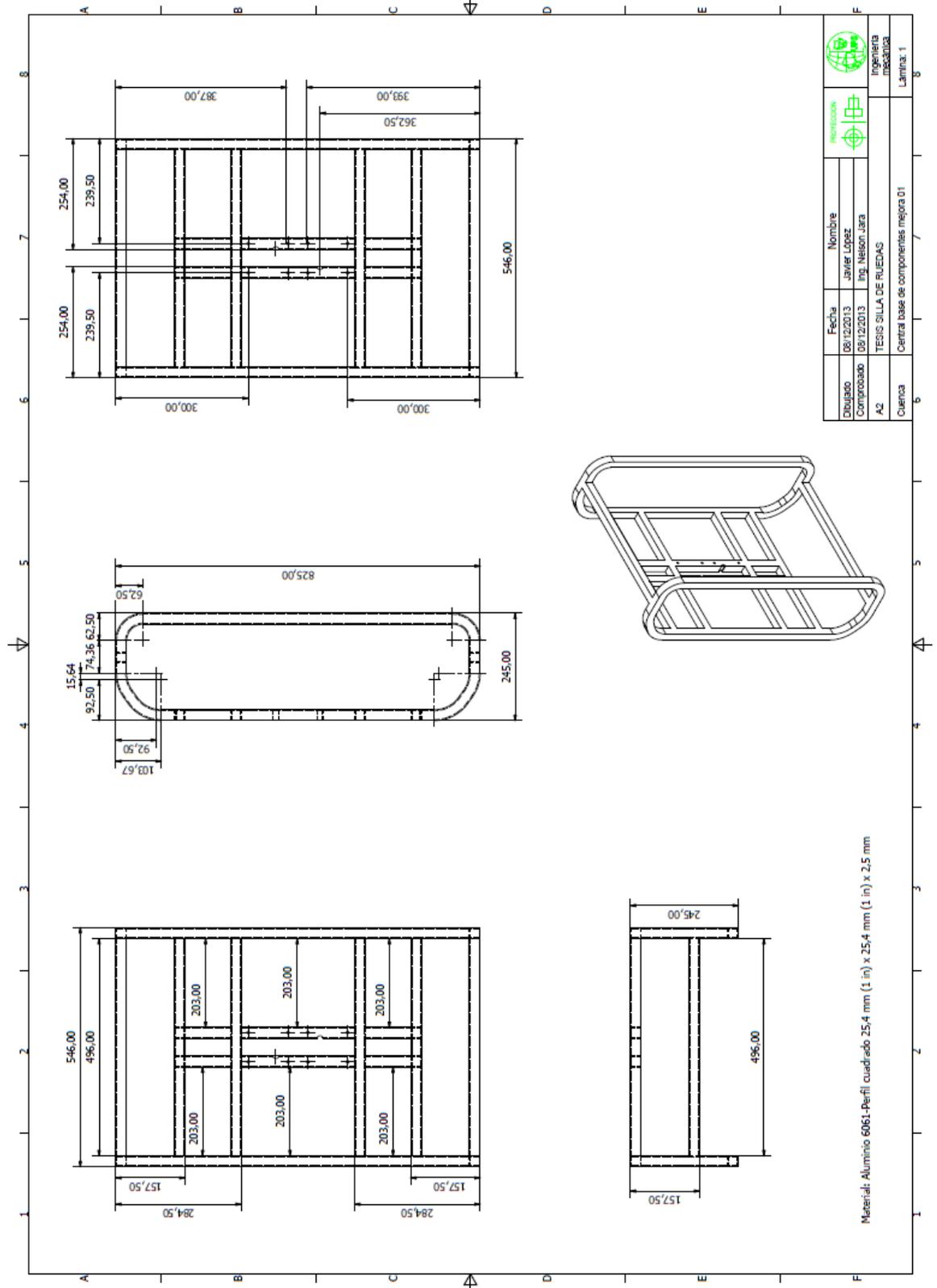
Anexo 18. Sistema de elevación



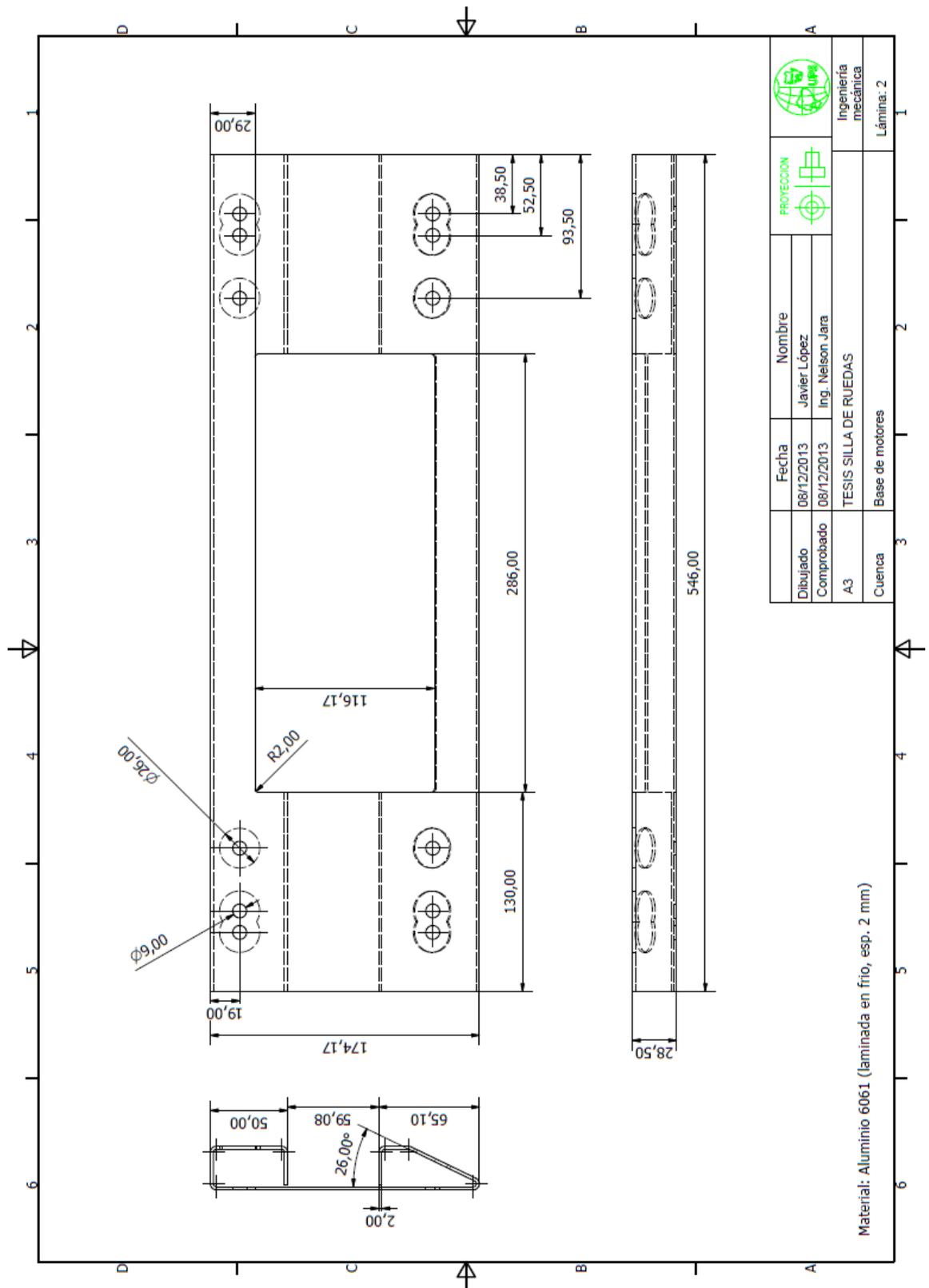
| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
|------|-----|------------------------------------|---|
| 1 | 6 | | |
| 2 | 1 | | Arandela gato mecanico de elevacion 01 |
| 3 | 2 | | Base de sistema de elevacion |
| 4 | 4 | | Base soporte de gato mecanico |
| 5 | 4 | | Braco de sistema de elevacion |
| 6 | 12 | | Buje de sistema de elevacion 03 |
| 7 | 4 | | Buje de sistema de elevacion 04 |
| 8 | 2 | | Buje de sistema de elevacion 04 |
| 9 | 1 | DIN 471 - 13x1 | Retaining ring for shaft |
| 10 | 1 | | Eje de sistema de levantamiento |
| 11 | 18 | ISO 10642 - M6 x .25 | Hexagon Socket Countersunk Head Screw-1 - Product grade A |
| 12 | 8 | ISO 4161 - M6 | Hexagon nuts with flange-course thread |
| 13 | 4 | ISO 4762 - M4 x 8 | Hexagon Socket Head Cap Screw |
| 14 | 4 | ISO 4762 - M6 x 30 | Hexagon Socket Head Cap Screw |
| 15 | 8 | ISO 4762 - M6 x 40 | Hexagon Socket Head Cap Screw |
| 16 | 20 | ISO 7089 - 6 - 140 HV 10A (maximo) | Plain washers - Normal series - Product grade A |
| 17 | 1 | | Motorreductor 12V - 10A (maximo) |
| 18 | 4 | | Soporte principal gato mecanico |
| 19 | 9 | | Soporte tornillo de sistema de elevacion |

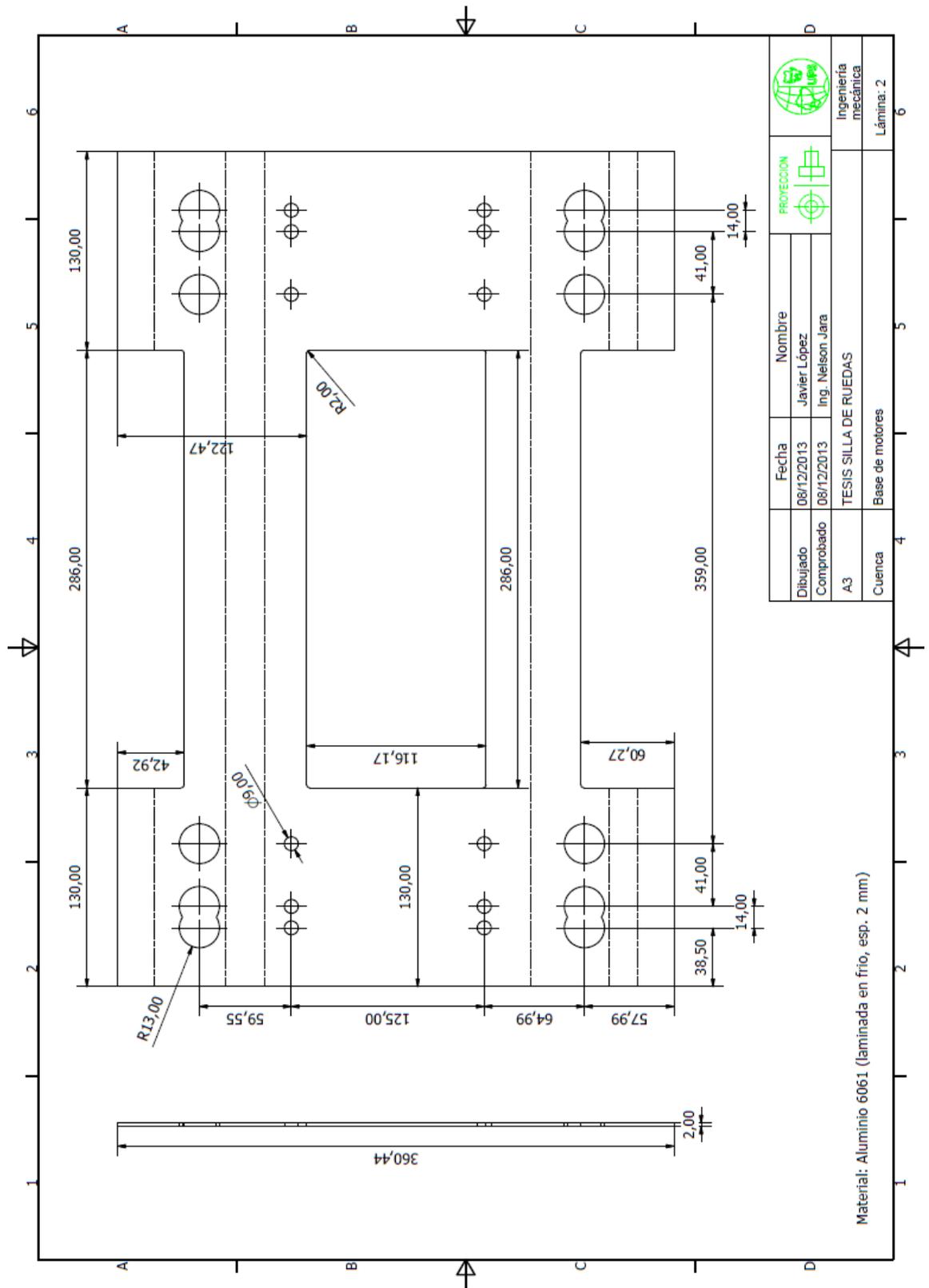
| | | |
|------------|--------------------------|-----------|
| Fecha | Nombre | |
| 08/12/2013 | Luis Lopez | |
| Dibujado | Comprobado | |
| A2 | ING. Nelson Jara | |
| Chueca | Sistema de levantamiento | |
| | | Lamina: 1 |

Anexo 19. Base de componentes mejora 01

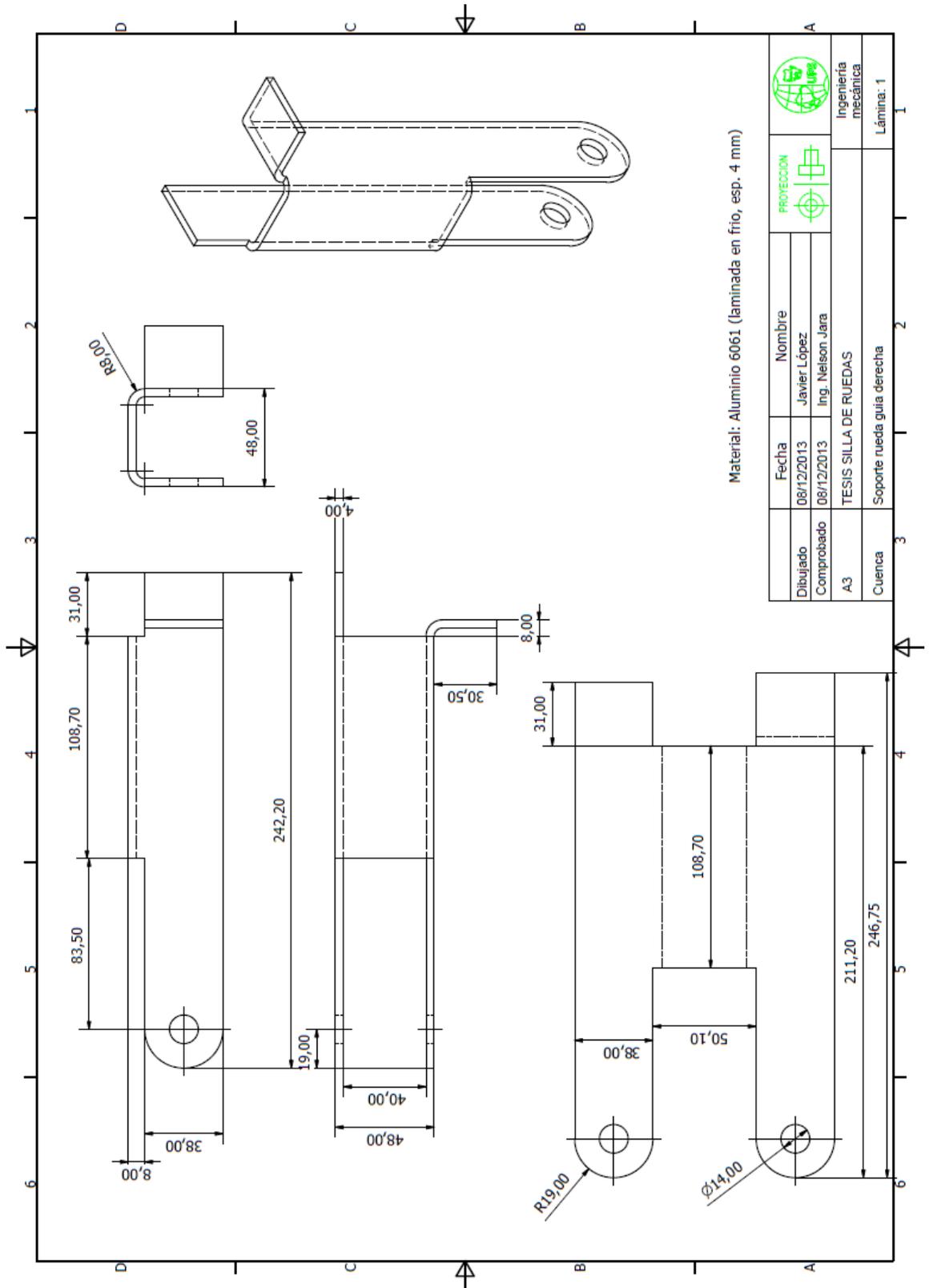


Anexo 20. Base de motores

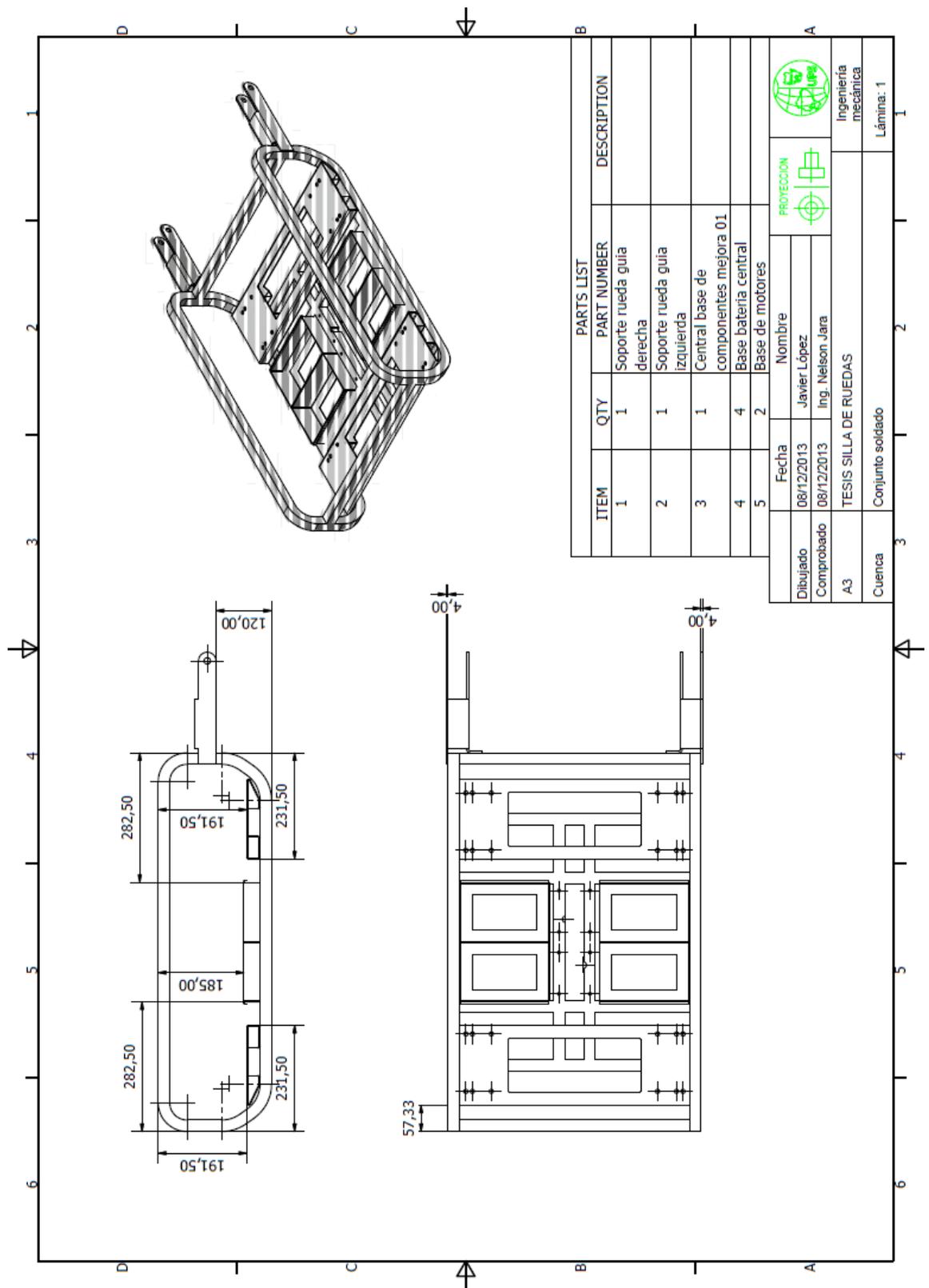




Anexo 21. Soporte rueda guía izquierda/derecha



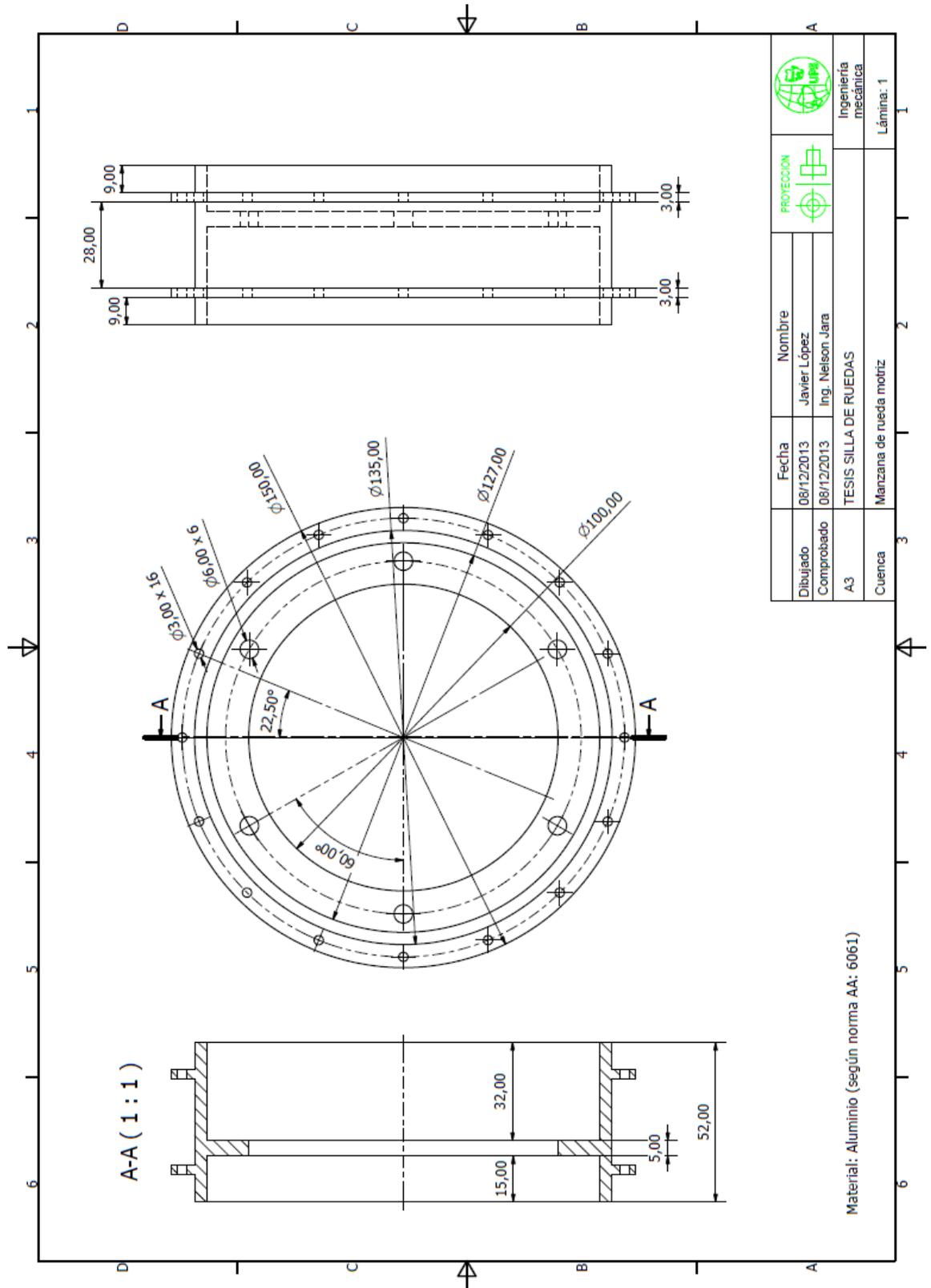
Conjunto Soldado



| PARTS LIST | | DESCRIPTION |
|------------|-----|---------------------------------------|
| ITEM | QTY | PART NUMBER |
| 1 | 1 | Soporte rueda guia derecha |
| 2 | 1 | Soporte rueda guia izquierda |
| 3 | 1 | Central base de componentes mejora 01 |
| 4 | 4 | Base bateria central |
| 5 | 2 | Base de motores |

| | | | |
|------------|--|------------------|--|
| Dibujado | 08/12/2013 | Javier López | |
| Comprobado | 08/12/2013 | Ing. Nelson Jara | |
| A3 | TESIS SILLA DE RUEDAS | | |
| Cuenca | Conjunto soldado Ingeniería mecánica Lámina: 1 | | |

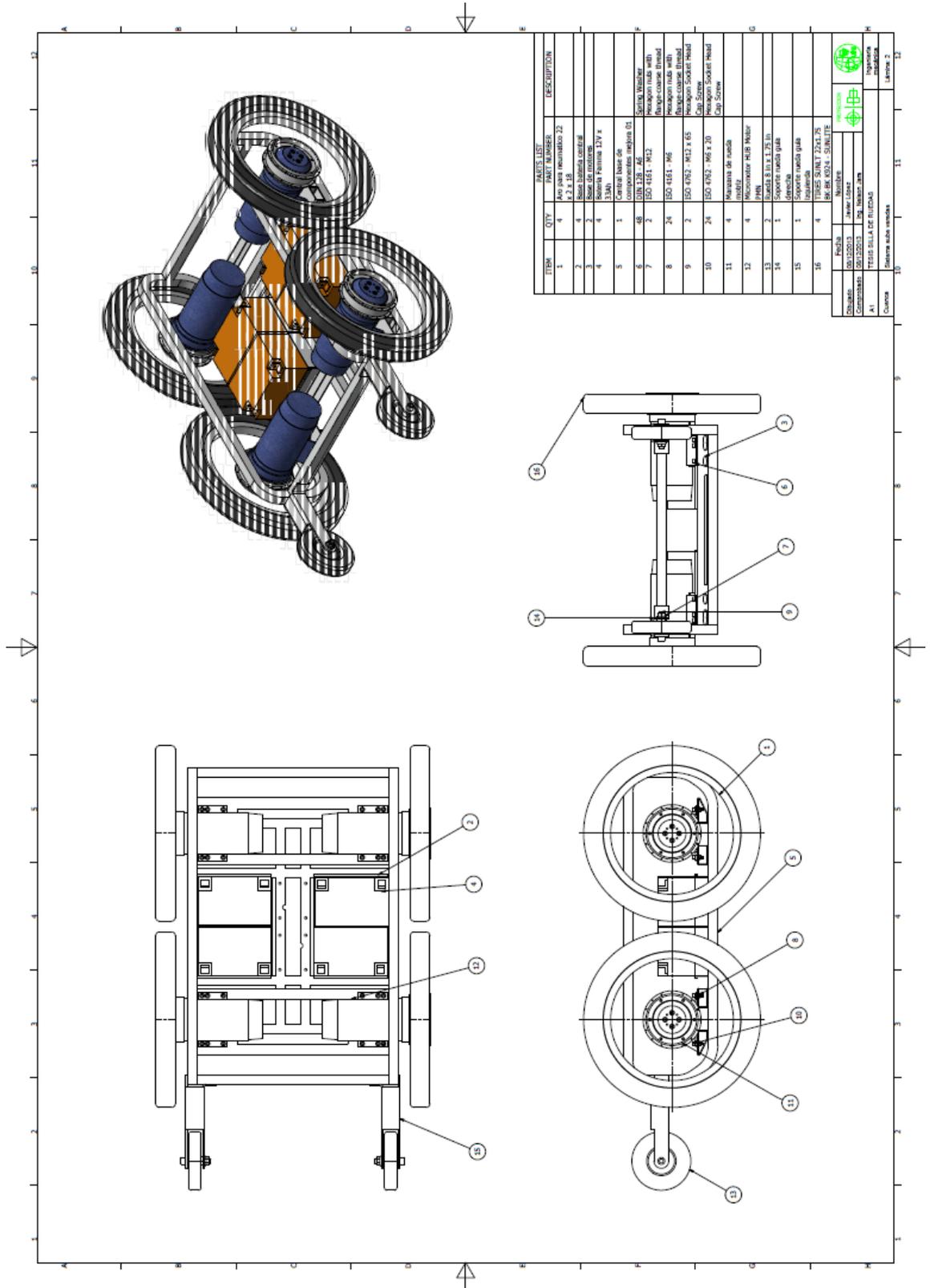
Anexo 22. Manzana de rueda motriz



| | | | | | |
|---|--------------|---|------------------|---|--------------|
|  | |  | |  | |
| Fecha | Nombre | Fecha | Nombre | Fecha | Nombre |
| 08/12/2013 | Javier López | 08/12/2013 | Ing. Nelson Jara | 08/12/2013 | Javier López |
| Comprobado | | | | | |
| A3 | | | | | |
| Cuenca | | | | | |
| TESIS SILLA DE RUEDAS | | Manzana de rueda motriz | | Ingeniería mecánica | |
| Lámina: 1 | | Lámina: 1 | | Lámina: 1 | |

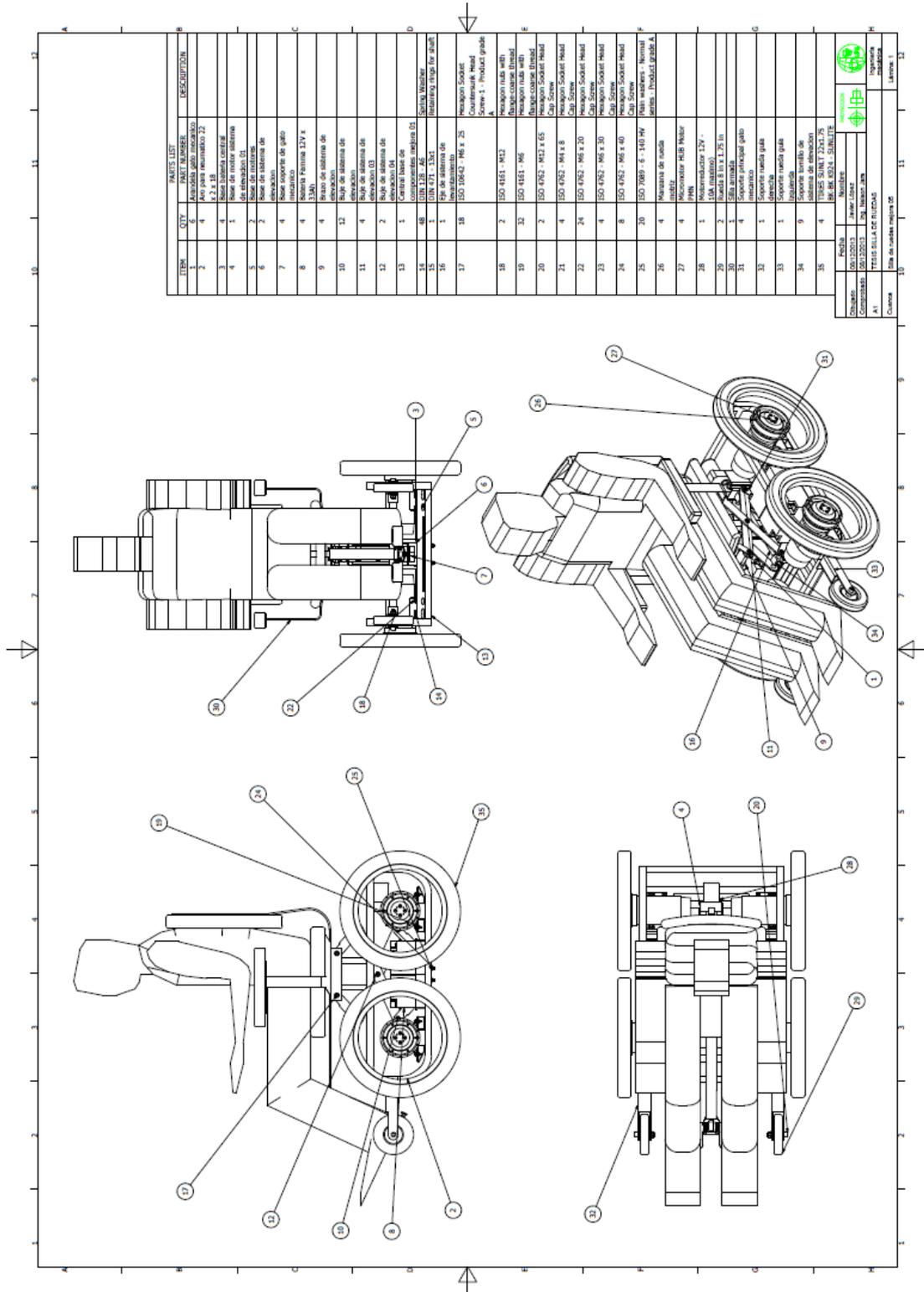
Material: Aluminio (según norma AA: 6061)

Anexo 23. Sistema sube veredas



| PARTS LIST | | | |
|------------|-----|--|--|
| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
| 13 | 2 | Rueda 8 in x 1.75 in | |
| 14 | 1 | Soporte rueda guia derecha | |
| 15 | 1 | Soporte rueda guia izquierda | |
| 7 | 2 | ISO 4161 - M12 | Hexagon nuts with flange-coarse thread |
| 5 | 1 | Central base de componentes mejora 01 | |
| 12 | 4 | Micromotor HUB Motor PMN | |
| 2 | 4 | Base bateria central | |
| 11 | 4 | Manzana de rueda motriz | |
| 1 | 4 | Aro para neumatico 22 x 2 x 18 | |
| 3 | 2 | Base de motores | |
| 4 | 4 | Bateria Famma 12V x 33Ah | |
| 6 | 48 | DIN 128 - A6 | Spring Washer |
| 10 | 24 | ISO 4762 - M6 x 20 | Hexagon Socket Head Cap Screw |
| 16 | 4 | TIRES SUNLT 22x1.75 BK-BK K924 - SUNLITE | |
| 9 | 2 | ISO 4762 - M12 x 65 | Hexagon Socket Head Cap Screw |
| 8 | 24 | ISO 4161 - M6 | Hexagon nuts with flange-coarse thread |

Anexo 24. Silla de ruedas ensamblada



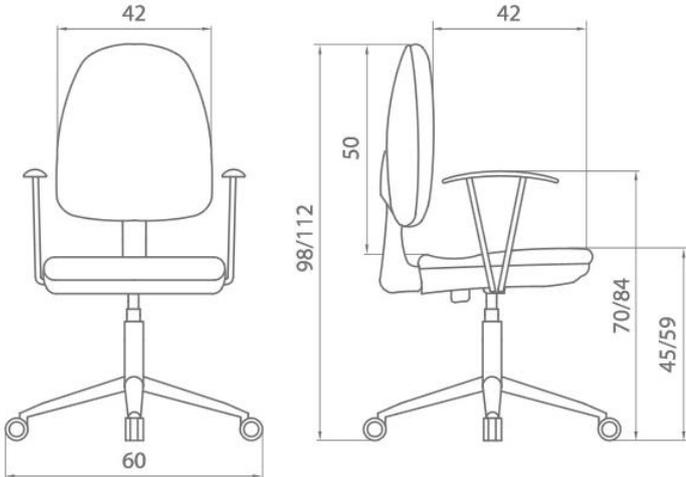
| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
|------|-----|-------------|-------------------|
| 1 | 1 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 2 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 3 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 4 | 1 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 5 | 2 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 6 | 2 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 7 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 8 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 9 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 10 | 12 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 11 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 12 | 2 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 13 | 1 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 14 | 1 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 15 | 1 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 16 | 1 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 17 | 18 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 18 | 2 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 19 | 32 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 20 | 2 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 21 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 22 | 24 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 23 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 24 | 8 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 25 | 30 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 26 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 27 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 28 | 1 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 29 | 2 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 30 | 1 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 31 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 32 | 1 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 33 | 1 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 34 | 9 | 1000000000 | Asamblea completa |
| 35 | 4 | 1000000000 | Asamblea completa |

Dibujo: 1000000000
 Autor: 1000000000
 Comprobado: 1000000000
 A1: 1000000000

Fecha: 1000000000
 Nombre: 1000000000

Sitio de trabajo: 1000000000
 Lámina: 1

Anexo 25. Silla Oficina NEGRO 400AT-S

| | | |
|---|--|--|
| <p>Ubicación del producto:</p> | <p>FERRISARIATO/ PASEO SHOPPING RIOBAMBA/ Av. Antonio José de Sucre.</p> | <p>Mapa: Vía a Guano</p>  |
| <p>Precio:</p> | <p>\$62,99 U.S.D.</p> | |
| <p>Especificaciones silla: Silla escritorio de calidad - Silla giratoria Una nota de color en nuestro entorno de trabajo o estudio. En Flax el color es el protagonista de una silla operativa que no renuncia a las prestaciones ergonómicas. FLAX, con mecanismo de contacto permanente y respaldo regulable en altura y profundidad, se adapta con total facilidad a los cambios de tamaño experimentados por los más pequeños de la casa. Flax incorpora el color en su segura y fiable base metálica con ruedas de goma especialmente pensadas para proteger las superficies.</p> | | |
| <p>Medidas (cm)</p>  | | |
| <p>Acabados Tapicería asiento y respaldo en tapicería color negro. Tapicería tipo BALI, composición: 100% polipropileno. Gran resistencia a las manchas debido a su forma NO absorbente. La silla en color naranja también está disponible con tapicería color naranja a juego. Nota: Por ahora solo disponible en negro</p> |  | |
| <p>Fecha de revisión: 08/12/2013</p> | | |

Anexo 26. Gata eléctrica para 1,5 toneladas

| | | |
|---|--|---|
| Ubicación del producto: | CORAL HIPERMERCADOS/ MONAY SHOPPING CUENCA/ Av. González Suárez y Emiliano Zapata | Mapa: Sector Monay  |
| Precio: | \$44,99 U.S.D. | |
| <p>Especificaciones</p> <p>Remolque hidráulico jack</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. super calidad y precio competitivo 2. el producto y la cantidad de estabilidad 3. rango de elevación: 14-43cm <p>Especificaciones</p> <p>Número de modelo jw-01c mando a distancia de alambre de la línea de control dc12v voltaje nominal max corriente eléctrica 10a Nominal de carga de peso 1000kg(aplicar 2 toneladas de coches) Max. Peso de la carga 1500kg Rango de elevación 12cm~35cm Peso 3.8kg Temperatura de uso- 40& deg; c~+70& deg; c Tamaño: 43.5x23x12.5cm El certificado del ce, e- marca El suministro de energía: desde el encendedor del coche o la batería del coche El juego incluye: 1 pc coche eléctrico jack, 1 enchufe de piezas para el coche en el encendedor de cigarrillos, 1 enchufe de piezas para la batería del coche, 1 pcs Manivela de la manija, pcs 3 fusible</p> <p>ventajas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. auto protección de sobrecarga: los gatos se detendrá automáticamente cuando sobrecargado 2. electricidad, no exterior dispositivos necesarios 3. motor alemán superlong con el tiempo de trabajo 4. auto- límite de la altura de elevación: los gatos puede ir hacia arriba y hacia abajo libremente durante el rango, parada cuando está fuera de la gama | | |

ANEXOS

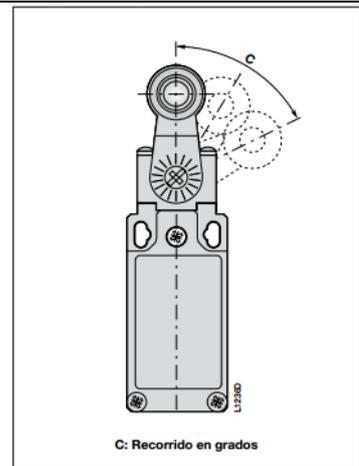
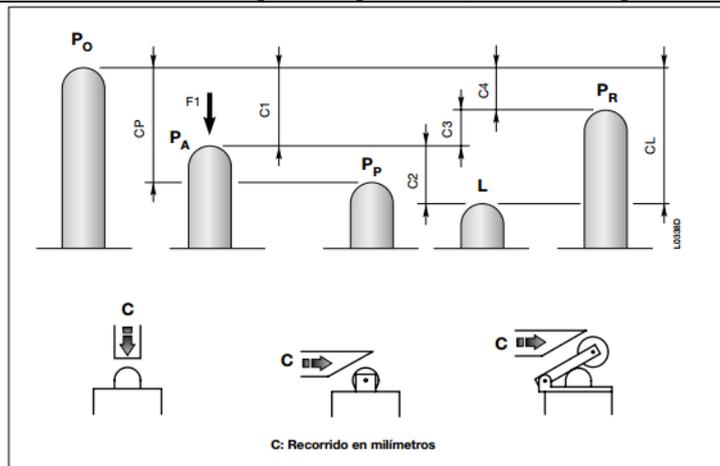


Anexo 27. LS32M38B11 - 1SBV011938R1211

| | | |
|--------------------------------|--|------------------|
| Ubicación del producto: | GRUPO ABB, Av. Atahualpa Oe1-198 y 10 de Agosto, QUITO ECUADOR | Mapa: ... |
| Teléfono: | + 593 2 399 4100 Fax: + 593 2 399 4110 | |
| Precio: | \$ 46,92 U.S.D. | |

Especificaciones

Palanca con roldana de plástico (poliacetal) de $\varnothing 22$ sobre pistón de acero (zincado)



P₀ Posición libre:

posición del actuador del interruptor cuando no se ejerce ninguna fuerza externa sobre el mismo.

P_A Posición de accionamiento:

posición del actuador del interruptor, bajo el efecto de la fuerza F₁, cuando los contactos dejan su posición libre inicial.

P_P Posición de apertura positiva:

posición del actuador del interruptor desde la que se garantiza una apertura positiva.

L Posición de recorrido máx.:

posición de recorrido máximo aceptable del actuador del interruptor bajo los efectos de una fuerza F₁.

P_R Posición de liberación:

posición del actuador del interruptor en la que los contactos vuelven a su posición libre inicial.

C₁ Recorrido previo (recorrido medio):

distancia entre la posición libre P₀ y la posición de accionamiento P_A.

C_P Recorrido de apertura positiva:

recorrido mínimo del actuador del interruptor, desde la posición libre, para garantizar el funcionamiento de la apertura positiva del contacto normalmente cerrado (N.C.).

C₂ Recorrido excesivo (recorrido medio):

distancia entre la posición de accionamiento P_A y la posición de recorrido máximo L.

C_L Recorrido máx. (recorrido máximo):

distancia entre la posición de accionamiento P_A y la posición de liberación P_R.

C₃ Recorrido diferencial (C1-C4) (recorrido medio):

diferencia de recorrido del actuador del interruptor entre la posición de accionamiento P_A y la posición de liberación P_R.

C₄ Recorrido de liberación (recorrido medio):

distancia entre la posición de liberación P_R y la posición libre P₀.

Diagrama de los contactos de acción inmediata:

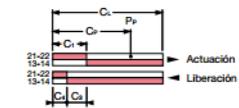
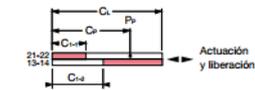


Diagrama de los contactos de acción lenta sin solapado:



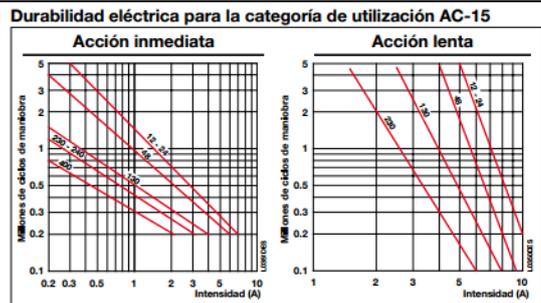
Posición de los contactos
 21-22 Contacto cerrado
 21-22 Contacto abierto
 Identificación de contactos (ejempk)

Características técnicas generales

| | Cuerpo plástico | Cuerpo metálico |
|--|--|--|
| Normas | IEC 60947-1, IEC 60947-5-1, EN 60947-1, EN 60947-5-1, UL 508 y CSA C22-2 n° 14 | IEC 60947-1, IEC 60947-5-1, EN 60947-1, EN 60947-5-1, UL 508 y CSA C22-2 n° 14 |
| Certificaciones - Autorizaciones | UL - CSA (solamente con cable UL62-1581) | |
| Temperatura del aire cerca del dispositivo | | |
| - durante el funcionamiento | °C - 25 ... + 70 | - 25 ... + 70 |
| - durante el almacenamiento | °C - 40 ... + 70 | - 40 ... + 70 |
| Resistencia ambiental | Según IEC 68-2-3 y niebla salina según IEC 68-2-11 | |
| Posiciones de montaje | Todas las posiciones están permitidas | |
| Resistencia a los choques (según IEC 68-2-27 y EN 60068-2-27) | 25g* (1/2 choque sinusoidal durante 11 ms) sin cambio en la posición de contacto | |
| Resistencia a las vibraciones (según IEC 68-2-6 y EN 60068-2-6) | 25g** (10 ... 500 Hz) sin cambio en la posición de los contactos durante más de 100 µs | |
| Protección contra descargas eléctricas (según IEC 536) | Clase II | Clase I |
| Grado de protección (según IEC 529 y EN 60529) | IP67 | |
| Grado de protección (según UL 50 y NEMA) | Gabinete tipo 1 (uso interior) | Gabinete tipo 4 - 4X - 6 (uso exterior) |
| Regularidad (medida en 1 millón de maniobras) | 0.1 mm (sobre el punto de cierre) | |

| Datos eléctricos | | | |
|---|--|---|--|
| Tensión nominal de aislamiento U_i | | V | 500 (grado de contaminación 3) |
| – según IEC 60947-1 y EN 60947-1 | | V | 600 |
| – según UL 508, CSA C22-2 n° 14 | | kV | 400 (LS3..M. y LS7..M.), 500 (LS4..M.) (grado de contaminación 3) 300 (LS3..M. y LS7..M.), 600 (LS4..M.) |
| Tensión nominal de resistencia a los impulsos U_{imp} | | kV | 6 |
| (según IEC 60947-1 y EN 60947-1) | | | |
| Intensidad nominal térmica I_{the} | | A | 10 |
| (según IEC 60947-5-1 y EN 60947-5-1) $\theta \leq 40$ °C | | | |
| Protección contra cortocircuito, fusibles tipo gG | | A | 10 |
| Intensidad nominal de funcionamiento | | | |
| I_c / AC-15 – según IEC 60947-5-1 | | 24 V - 50/60 Hz | A 10 |
| | | 130 V - 50/60 Hz | A 5.5 |
| | | 230 V - 50/60 Hz | A 3.1 |
| | | 240 V - 50/60 Hz | A 3 |
| | | 400 V - 50/60 Hz | A 1.8 |
| – según UL 508, CSA C22 n° 14 | | A 600 | A 300 (LS3..M. y LS7..M.), A 600 (LS4..M.) |
| I_c / DC-13 – según IEC 60947-5-1 | | 24 V - d.c. | A 2.8 |
| | | 110 V - d.c. | A 0.6 |
| | | 250 V - d.c. | A 0.27 |
| – según UL 508, CSA C22 n° 14 | | Q 600 | Q 300 (LS3..M. y LS7..M.), Q 600 (LS4..M.) |
| Positividad | | Contactos con maniobra de apertura positiva según IEC 60947-5-1, capítulo 3, y EN 60947-5-1 | |
| Resistencia entre contactos | | mΩ | 25 |
| Durabilidad mecánica | | Millones de maniobras | 15 } LS 3x P { 10...12 ; 30...38 10 } LS 7x P { 13 ; 41...46 ; 51...55 ; 61...78 > 5 } LS 7x M { 14 ; 91...92 ; 98 |
| | | Millones de maniobras | 15 } LS 4x P { 11 ; 12 ; 31...33 10 } LS 4x M { 13 ; 41...44 ; 51...55 ; 61...74 > 5 } LS 4x M { 14 ; 19 ; 34...36 ; 91...93 |
| Durabilidad eléctrica (según IEC 60947-5-1 apéndice C) | | Categorías de funcionamiento AC-15 y DC-13 (consulte las curvas y los valores de abajo) | |
| – frecuencia máx. de conmutación | | Ciclos/h | 3600 |
| – factor de carga | | | 0.5 |
| Datos de conexión de los bloques de contactos | | | |
| Terminales de conexión | | 2 tornillos M3.5 (+,-) pozidriv con sujetacables | |
| Capacidad de conexión | | 1 ó 2 x mm ² / AWG | |
| Marcado del terminal | | 0.5 mm ² / AWG 20 a 2.5 mm ² / AWG 14 | |
| | | según EN 50013 | |

* Excepto para LS3..M42, M52 y M55 - LS3..P42, P52 y P55 - LS7..M42, M52 y M55 - LS7..P42, P52 y P55: 25g
 ** Excepto para LS3..M52, M55, M73, M74 y M92 - LS7..M52, M55, M73, M74 y M92 - LS4..M54, M72, M92 y M93: el grado de protección es IP65.



Durabilidad eléctrica para la categoría de utilización DC-13

| Tensión | Potencia de ruptura para una durabilidad de 5 millones de ciclos de maniobra | |
|---------|--|--------------|
| | Acción inmediata | Acción lenta |
| 24 V | 9.5 W | 12 W |
| 48 V | 6.8 W | 9 W |
| 110 V | 3.6 W | 6 W |



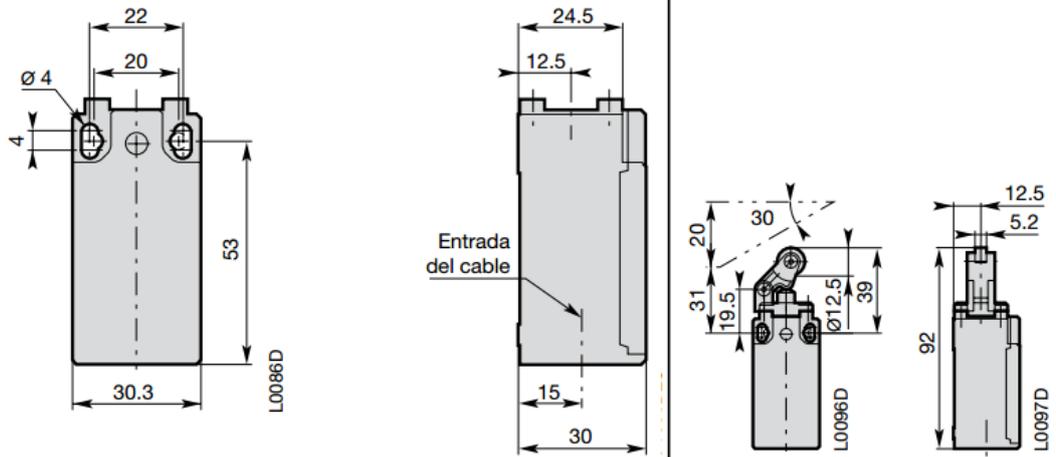
Características técnicas adicionales

Código del tipo LS para ser completado [0] = Pg 13.5
 con el código de entrada de cable
 [1] = Pg 11
 [2] = M16 x 1.5
 [3] = M20 x 1.5
 [5] = 1/2" NPT (mediante adaptador de plástico)

| Contactos de acción inmediata | Tipo | LS3 □ P11B11 | LS3 □ P13B11 | LS3 □ P31B11 | LS3 □ P32B11 |
|--|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Diagrama de maniobra | | | | |
| Contactos de acción lenta sin solapado | Tipo | LS3 □ P11D11 | LS3 □ P13D11 | LS3 □ P31D11 | LS3 □ P32D11 |
| | Diagrama de maniobra | | | | |
| Peso (embalaje por unidad) | kg | 0.070 | 0.070 | 0.070 | 0.075 |

Cabezales especiales, accesorios y distribuciones de contacto especiales o funciones particulares: contacte con nosotros. ■ Contacto cerrado / □ Contacto abierto

Dimensiones (mm)



- Par de apriete de las tuercas: 5 N.m
- Distancia entre tuercas: 9 mm
- Grosor de las tuercas: 3 mm

Fuente:

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/f298e1c68c9b0a58c125740100406a45/\\$file/1SBC141157C0702.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/f298e1c68c9b0a58c125740100406a45/$file/1SBC141157C0702.pdf)

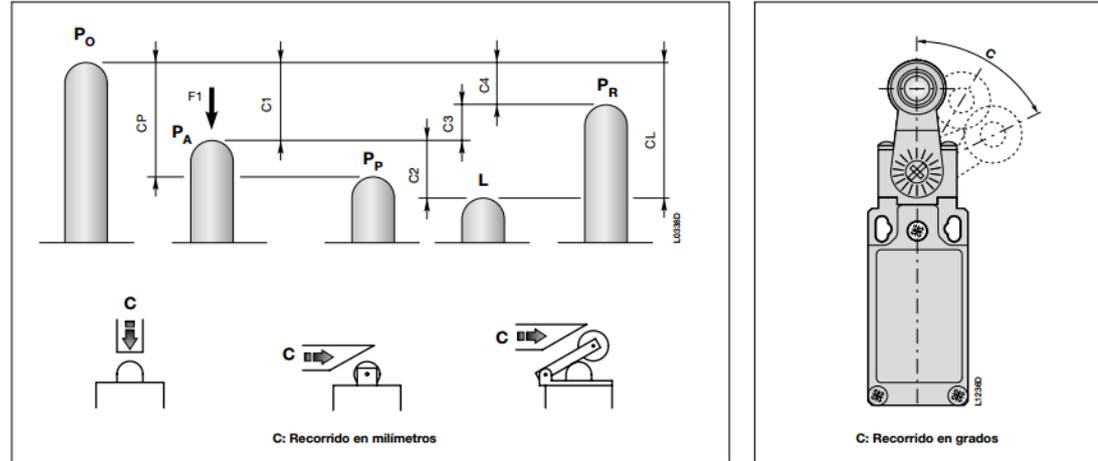
Fecha de revisión: 08/12/2013

Anexo 28. LS21M12B11-P02 - 1SBV015612R2002

| | | |
|--------------------------------|--|------------------|
| Ubicación del producto: | GRUPO ABB, Av. Atahualpa Oe1-198 y 10 de Agosto, QUITO ECUADOR | Mapa: ... |
| Teléfono: | + 593 2 399 4100 Fax: + 593 2 399 4110 | |
| Precio: | \$ 44,52 U.S.D. | |

Especificaciones

Palanca con roldana de plástico (poliacetal) de $\varnothing 22$ sobre pistón de acero (zincado)



P₀ Posición libre:
posición del actuador del interruptor cuando no se ejerce ninguna fuerza externa sobre el mismo.

P_A Posición de accionamiento:
posición del actuador del interruptor, bajo el efecto de la fuerza **F₁**, cuando los contactos dejan su posición libre inicial.

P_P Posición de apertura positiva:
posición del actuador del interruptor desde la que se garantiza una apertura positiva.

L Posición de recorrido máx.:
posición de recorrido máximo aceptable del actuador del interruptor bajo los efectos de una fuerza **F₁**.

P_R Posición de liberación:
posición del actuador del interruptor en la que los contactos vuelven a su posición libre inicial.

C₁ Recorrido previo (recorrido medio):
distancia entre la posición libre **P₀** y la posición de accionamiento **P_A**.

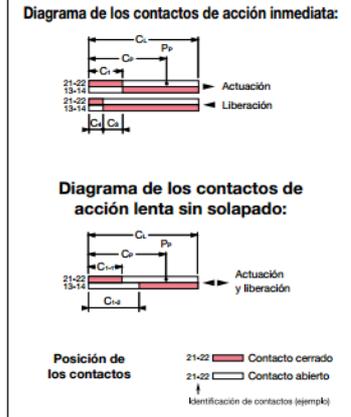
C_P Recorrido de apertura positiva:
recorrido mínimo del actuador del interruptor, desde la posición libre, para garantizar el funcionamiento de la apertura positiva del contacto normalmente cerrado (N.C.).

C₂ Recorrido excesivo (recorrido medio):
distancia entre la posición de accionamiento **P_A** y la posición de recorrido máximo **L**.

C₁ Recorrido máx. (recorrido máximo):
distancia entre la posición libre **P₀** y la posición de recorrido máximo **L**.

C₃ Recorrido diferencial (C1-C4) (recorrido medio):
diferencia de recorrido del actuador del interruptor entre la posición de accionamiento **P_A** y la posición de liberación **P_R**.

C₄ Recorrido de liberación (recorrido medio):
distancia entre la posición de liberación **P_R** y la posición libre **P₀**.



Características técnicas generales

| | Cuerpo plástico | Cuerpo metálico |
|--|---|--|
| Normas | IEC 60947-1, IEC 60947-5-1, EN 60947-1, EN 60947-5-1, UL 508 y CSA C22-2 n° 14 | IEC 60947-1, IEC 60947-5-1, EN 60947-1, EN 60947-5-1, UL 508 y CSA C22-2 n° 14 |
| Certificaciones - Autorizaciones | UL - CSA (solamente con cable UL62-1581) | UL - CSA (solamente con cable UL62-1581) |
| Temperatura del aire cerca del dispositivo | | |
| - durante el funcionamiento | °C - 25 ... + 70 | °C - 25 ... + 70 |
| - durante el almacenamiento | °C - 40 ... + 70 | °C - 40 ... + 70 |
| Resistencia ambiental | Según IEC 68-2-3 y niebla salina según IEC 68-2-11 | |
| Posiciones de montaje | Todas las posiciones están permitidas | |
| Resistencia a los choques (según IEC 68-2-27 y EN 60068-2-27) | 25g* (1/2 choque sinusoidal durante 11 ms) sin cambio en la posición de contacto | |
| Resistencia a las vibraciones (según IEC 68-2-6 y EN 60068-2-6) | 25g** (10 ... 500 Hz) sin cambio en la posición de los contactos durante más de 100 μ s | |
| Protección contra descargas eléctricas (según IEC 538) | Clase II | Clase I |
| Grado de protección (según IEC 529 y EN 60529) | IP67 | IP67 |
| Grado de protección (según UL 50 y NEMA) | Gabinete tipo 1 (uso interior) | Gabinete tipo 4 - 4X - 6 (uso exterior) |
| Regularidad (medida en 1 millón de maniobras) | 0.1 mm (sobre el punto de cierre) | 0.1 mm (sobre el punto de cierre) |

| Datos eléctricos | |
|---|---|
| Tensión nominal de aislamiento U_i | |
| - según IEC 60947-1 y EN 60947-1 V | V 400 (grado de contaminación 3) |
| - según UL 508, CSA C22-2 n° 14 V | V 300 |
| Tensión nominal de resistencia a los impulsos U_{imp} | kV 4 |
| (según IEC 60947-1 y EN 60947-1) | |
| Intensidad nominal térmica I_{th} | A 5 |
| (según IEC 60947-5-1 y EN 60947-5-1) $\theta \leq 40$ °C | |
| Protección contra cortocircuito, fusibles tipo gG | A 6 |
| Intensidad nominal de funcionamiento | |
| I_n / AC-15 - según IEC 60947-5-1 | |
| 24 V - 50/60 Hz | A 5.0 |
| 120 V - 50/60 Hz | A 3.0 |
| 240 V - 50/60 Hz | A 1.5 |
| - según UL 508, CSA C22 n° 14 | B 300 |
| I_n / DC-13 - según IEC 60947-5-1 | |
| 24 V - d.c. | A 1.1 |
| 125 V - d.c. | A 0.22 |
| 250 V - d.c. | A 0.1 |
| - según UL 508, CSA C22 n° 14 | R 300 |
| Positividad | Contactos con maniobra de apertura positiva según IEC 60947-5-1, capítulo 3, y EN 60947-5-1 |
| Resistencia entre contactos | m Ω 25 |
| Conexión precableada | mm ² / AWG |
| | 4 x 0.75 mm ² / 4 x AWG 18 |
| | 5 x 0.75 mm ² / 5 x AWG 18 |
| Tipo de cable | |
| - UL 62-1581 (PVC) | Negro - Ø ext. 7.20 ± 0.2 |
| - IEC 20/22 II (PVC) (sin propagación de llama) | Negro - Ø ext. 7.20 ± 0.2 |
| | Negro - Ø ext. 8.20 ± 0.2 |
| | Gris - Ø ext. 8.20 ± 0.2 |
| Marcado de terminales | Según EN 50013 |
| Durabilidad mecánica | 10 millones de maniobras |
| Durabilidad eléctrica (según IEC 60947-5-1 apéndice C) | Categorías de funcionamiento AC-15 y DC-13 (consulte las curvas y los valores más abajo) |
| - frecuencia máx. de conmutación | Ciclos/h 3600 |
| - factor de carga | 0.5 |
| * Choque: 25g para LS20P/M... LS26P/M... con bloque de contactos D11 5g para LS20P/M... LS26P/M... con bloque de contactos B11 | |
| ** Vibraciones: excepto para LS20P/M93 ... LS26P/M93: 15 g | |

| Durabilidad eléctrica para la categoría de utilización AC-15 | | Durabilidad eléctrica para la categoría de utilización DC-13 | |
|--|-------|--|--|
| Acción inmediata | | Acción lenta | |
| Potencia de ruptura para una durabilidad de 5 millones de ciclos de maniobra | | | |
| Tensión 24 V | 5.7 W | 7.2 W | |
| Tensión 48 V | 4.1 W | 5.4 W | |
| Tensión 110 V | 2.2 W | 3.6 W | |

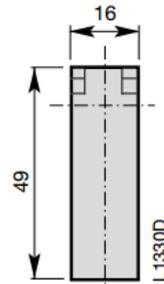
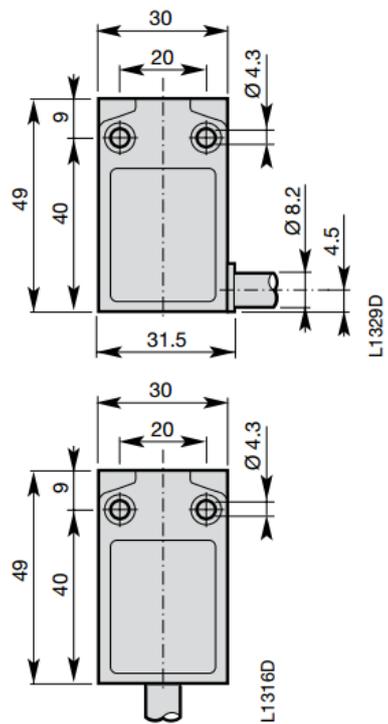
| Características técnicas adicionales | | | | | |
|--|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Código de salida de cable izquierda/derecha <input type="checkbox"/> D | | | | | |
| Código de salida inferior de cable <input type="checkbox"/> T | | | | | |
| Cuerpo plástico <input type="checkbox"/> P | | | | | |
| Cuerpo metálico <input type="checkbox"/> M | | | | | |
| Código de cable IEC 20/22 II PVC <input type="checkbox"/> P | | | | | |
| Código de cable UL 62 PVC <input type="checkbox"/> U | | | | | |
| Tipo a ser completado con los códigos anteriores <input type="checkbox"/> | | | | | |
| Contactos de acción inmediata | Tipo | LS2 □ □ 11B11- □ 01 | LS2 □ □ 12B11- □ 01 | LS2 □ □ 16B11- □ 01 | LS2 □ □ 21B11- □ 01 |
| | Diagrama de maniobra | | | | |
| Contactos sin solapado | Tipo | LS2 □ □ 11D11- □ 01 | LS2 □ □ 12D11- □ 01 | LS2 □ □ 16D11- □ 01 | LS2 □ □ 21D11- □ 01 |
| | Diagrama de maniobra | | | | |
| Peso (1) (embalaje por unidad) | kg | 0.125 | 0.130 | 0.125 | 0.140 |

(1) añadir 0.050 kg en los modelos con cuerpo metálico.

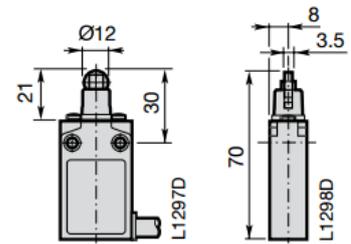
Contacto cerrado / Contacto abierto



Dimensiones (mm)



- Par de apriete de las tuercas: 5 N.m
- Distancia entre tuercas: 9 mm
- Grosor de las tuercas: 3 mm



Fuente:

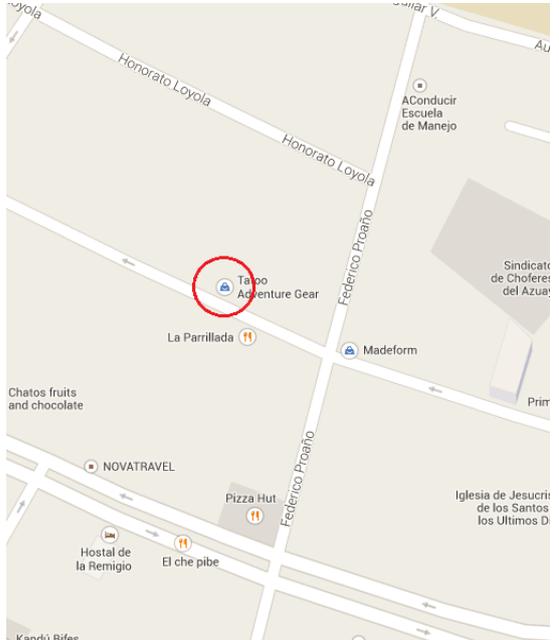
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/f298e1c68c9b0a58c125740100406a45/\\$file/1SBC141157C0702.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/f298e1c68c9b0a58c125740100406a45/$file/1SBC141157C0702.pdf)

Fecha de revisión: 08/12/2013

Anexo 29. Batería GAMMA 12V 33Ah

| | | |
|--|--|-----------------|
| Ubicación del producto: | Mercadolibre.com - Vendedor de Pichincha - Quito (Cerca al hotel sheraton) | Mapa: No |
| Precio: | \$105 U.S.D. | |
| Especificaciones | | |
| Batería recargable | | |
| 12V 33Ah son 19cm x 12.6cm x 15.5cm | | |
| Libre mantenimiento | | |
| Peso = 10 kg | | |
|  | | |
| Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-403529833-bateria-recargable-12v-33ah-para-alarma-cercado-ups-etc-_JM#!/califications | | |
| Fecha de revisión: 08/12/2013 | | |

Anexo 30. Cotización NEUMÁTICOS de 457 mm de diámetro (Aproximado)

| | | | | | | | |
|---|--|---|---------------|---------|-----------------------|-------|--|
| <p>CIKLA Cuenca</p> <p>Información básica Inicio: 2012</p> <p>Lugar: Av. Remigio Tamariz 252 y Federico Proaño, Av. Remigio Tamariz 2-52 y Federico Proaño, Cuenca (Ecuador) Horario: Lun - Vie: 10:00 - 19:30 Sáb: 9:30 - 17:00 Dom: 10:00 - 13:00</p> <p>Teléfono: 07-4090438 Fax: 07-2884809</p> <p>Descripción Nuestros Links: http://www.cikla.net/ http://iamspecialized.com/ http://www.specialized.com/ http://www.specialized.com/ec/ea/home</p> | <p>Mapa:</p>  | | | | | | |
| <p>Cotizaciones bajo pedido:</p> | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Modelo:</td> <td>TIRES SUNLT 22x1.75 BK / BK K924</td> </tr> <tr> <td>Marca:</td> <td>SUNLITE</td> </tr> <tr> <td>Precio [U.S.]:</td> <td>18,50</td> </tr> </table> | Modelo: | TIRES SUNLT 22x1.75 BK / BK K924 | Marca: | SUNLITE | Precio [U.S.]: | 18,50 |  |
| Modelo: | TIRES SUNLT 22x1.75 BK / BK K924 | | | | | | |
| Marca: | SUNLITE | | | | | | |
| Precio [U.S.]: | 18,50 | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Modelo:</td> <td>TIRES INT MK2 20x1-1/8 FOLD BLK</td> </tr> <tr> <td>Marca:</td> <td>MK2</td> </tr> <tr> <td>Precio [U.S.]:</td> <td>45,99</td> </tr> </table> | Modelo: | TIRES INT MK2 20x1-1/8 FOLD BLK | Marca: | MK2 | Precio [U.S.]: | 45,99 |  |
| Modelo: | TIRES INT MK2 20x1-1/8 FOLD BLK | | | | | | |
| Marca: | MK2 | | | | | | |
| Precio [U.S.]: | 45,99 | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Modelo:</td> <td>TIRES TIOGA POWERBLOCK 20x1-3/8 WIRE BK</td> </tr> <tr> <td>Marca:</td> <td>TioGa</td> </tr> <tr> <td>Precio [U.S.]:</td> <td>39,99</td> </tr> </table> | Modelo: | TIRES TIOGA POWERBLOCK 20x1-3/8 WIRE BK | Marca: | TioGa | Precio [U.S.]: | 39,99 |  |
| Modelo: | TIRES TIOGA POWERBLOCK 20x1-3/8 WIRE BK | | | | | | |
| Marca: | TioGa | | | | | | |
| Precio [U.S.]: | 39,99 | | | | | | |

Anexo 31. MICROMOTOR Hub Motor PMN

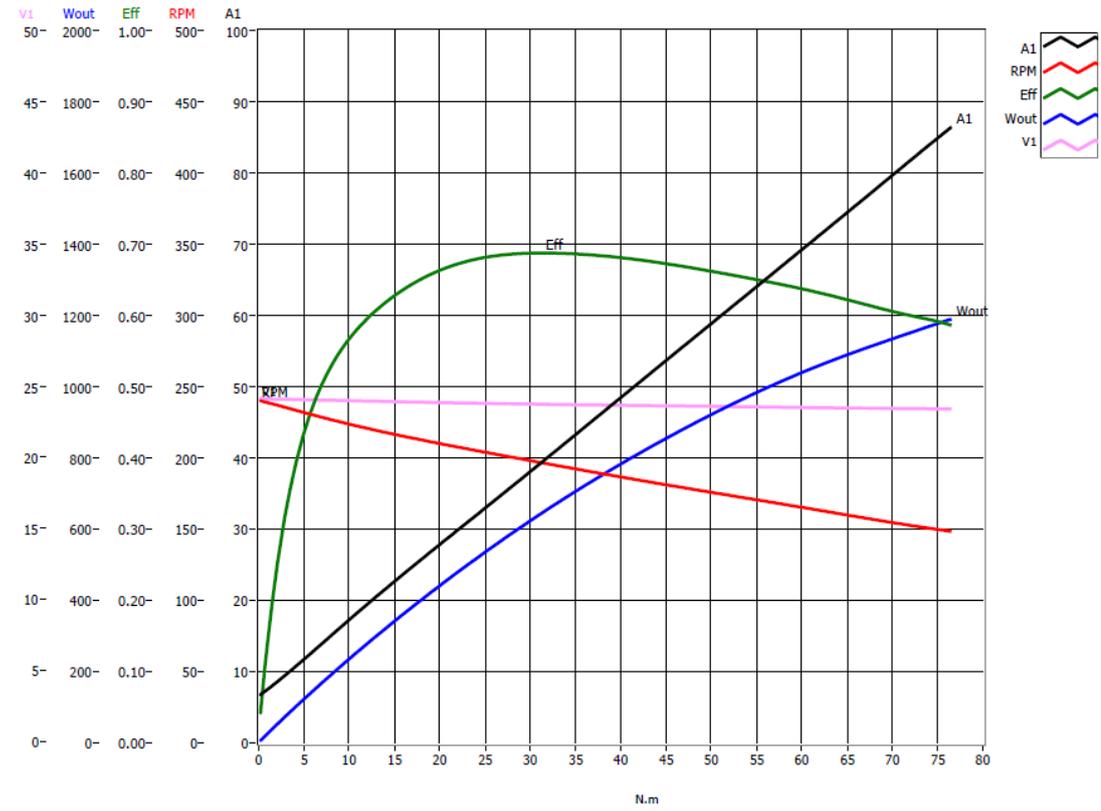
| | | |
|---|--------------------|--|
| | | |
| Información técnica: | | |
| Voltaje Nominal: (Varía dependiendo la demanda) | [VDC] | 12,24,35,48,60 |
| Poder nominal: | [W] | 300 ... 550 |
| Velocidad sin carga: | [RPM] | 145 ... 250 |
| Torque nominal: | [Nm] | 18 ... 43 |
| Corriente nominal: a 24 [V] (dependiendo del voltaje, velocidad y carga) | [A] | 20 ... 35 |
| Diámetro D del motor: | [mm] | 110 |
| Versiones de engranajes: | i | 15.75, 18.7, 21.4 |
| Montaje: | Izquierda, derecha | Lateral, base, etc. |
| Aislamiento de pretcción | IP43 | Más allá de las versiones de demanda |
| Dimensiones: | [mm] | D 110, L 219 ... 276 Dependiendo del motor, engranajes y trabajo |
| Más información: | | |
| <p>La unidad de buje DC tiene un engranaje planetario que está diseñado para tareas pesadas. Cuando se pretende para conducir una rueda con un motor eléctrico, un reborde puede ser atornillado directamente al cubo o la brida de nuestro motor de engranajes de CC.</p> <p>El temporal corto capacidad de sobrecarga del plazo de la unidad hub DC hace adecuado para operaciones de alta demanda, no sólo en las sillas de ruedas, sino también en los sistemas de transporte sin conductor de accionamiento eléctrico y automatizados compactos. Los motores ofrecen una potencia nominal de 300 W a 550 W y un par motor de 145 Nm a 250 Nm. Un freno de retención electromagnética opcional con bloqueo completo o de giro se puede montar. Accionamientos de cubo de CC están disponibles en 12 V, 24 V, 36 V, 48 V y 60 V versiones.</p> | | |
| Fuente: http://www.micromotor.ch/en/brushed-drives/dc-hub-drive.html (25/11/2013 16:00 PM) | | |
| Elaboración: MICROMOTOR "We care for your drive" | | |

En las páginas siguientes se indica un plano de dimensiones generales de un motorreductor y su diagrama de eficiencia, torque, potencia de salida, revoluciones por minuto que fue obtenido directamente de la compañía Micro-Motor AG por contacto telefónico y después vía correo electrónico; este motorreductor no coincide con el necesario para la presente investigación sin embargo esta referencia permitió cotizar un motorreductor de las características necesarias que se muestran en la tabla siguiente.

ANEXOS

| | | |
|---|---|--|
| Empresa: | Micro Motor AG | Erlenstrasse 52, CH-4106 Therwil, Suiza |
| Contacto en la empresa | Martin Degenhardt | m.degenhardt@micromotor.ch |
| Teléfonos: | T +41 61 264 62 67 | F +41 61 264 62 00 |
| Especificaciones: | | |
| Voltaje Nominal: (Varía dependiendo la demanda) | [VDC] | 24 |
| Poder nominal: | [W] | 480 |
| Velocidad sin carga: | [RPM] | 220 |
| Torque nominal: | [Nm] | 160 |
| Corriente nominal: a 24 [V] (dependiendo del voltaje, velocidad y carga) | [A] | 20 |
| Diámetro D del motor: | [mm] | 110 |
| Montaje: | Izquierda, derecha | Base |
| Aislamiento de protección | IP43 | |
| Dimensiones: | [mm] | D 110, L 276 Aprox. máximo |
| Peso aproximado por motor: | [kg] | 8,5 Aprox. máximo |
| Cantidad de motores: | 4 | Motorreductores |
| Tiempo de fabricación de motorreductor de características especiales: | [semanas] | 8 a 12 |
| Costo aproximado : | (1 - 10 motorreductores) alrededor de 1'500,- CHF (1'666,- US\$) c/u | 6664 - US\$ |
| Costo de envío | Cuando la organización de un acuerdo general de alrededor de 100 o más motorreductores por año, el precio se reduce a 580, - CHF (644, - \$ EE.UU.) | 644 - US\$ |
| Costo total motorreductores: | [US\$] | 7308 |

ANEXOS



Anexo 32. Microcontrolador PIC 16F628A


MICROCHIP PIC16F627A/628A/648A
**18-pin Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontrollers
with nanoWatt Technology**

| | |
|---|---|
| <p>High-Performance RISC CPU:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Operating speeds from DC – 20 MHz • Interrupt capability • 8-level deep hardware stack • Direct, Indirect and Relative Addressing modes • 35 single-word instructions: - All instructions single cycle except branches <p>Special Microcontroller Features:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Internal and external oscillator options: - Precision internal 4 MHz oscillator factory calibrated to $\pm 1\%$ - Low-power internal 48 kHz oscillator - External Oscillator support for crystals and resonators • Power-saving Sleep mode • Programmable weak pull-ups on PORTB • Multiplexed Master Clear/Input-pin • Watchdog Timer with independent oscillator for reliable operation • Low-voltage programming • In-Circuit Serial Programming™ (via two pins) • Programmable code protection • Brown-out Reset • Power-on Reset • Power-up Timer and Oscillator Start-up Timer • Wide operating voltage range (2.0-5.5V) • Industrial and extended temperature range • High-Endurance Flash/EEPROM cell: - 100,000 write Flash endurance - 1,000,000 write EEPROM endurance - 40 year data retention | <p>Low-Power Features:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standby Current: - 100 nA @ 2.0V, typical • Operating Current: - 12 μA @ 32 kHz, 2.0V, typical - 120 μA @ 1 MHz, 2.0V, typical • Watchdog Timer Current: - 1 μA @ 2.0V, typical • Timer1 Oscillator Current: - 1.2 μA @ 32 kHz, 2.0V, typical • Dual-speed Internal Oscillator: - Run-time selectable between 4 MHz and 48 kHz - 4 μs wake-up from Sleep, 3.0V, typical <p>Peripheral Features:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 16 I/O pins with individual direction control • High current sink/source for direct LED drive • Analog comparator module with: - Two analog comparators - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module - Selectable internal or external reference - Comparator outputs are externally accessible • Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler • Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability • Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler • Capture, Compare, PWM module: - 16-bit Capture/Compare - 10-bit PWM • Addressable Universal Synchronous/ |
|---|---|

| Device | Program Memory | Data Memory | | I/O | CCP (PWM) | USART | Comparators | Timers 8/16-bit |
|------------|----------------|--------------|----------------|-----|-----------|-------|-------------|-----------------|
| | Flash (words) | SRAM (bytes) | EEPROM (bytes) | | | | | |
| PIC16F627A | 1024 | 224 | 128 | 16 | 1 | Y | 2 | 2/1 |
| PIC16F628A | 2048 | 224 | 128 | 16 | 1 | Y | 2 | 2/1 |
| PIC16F648A | 4096 | 256 | 256 | 16 | 1 | Y | 2 | 2/1 |

Anexo 33. Microcontrolador PIC 16F877A



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I2C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

| Device | Program Memory | | Data SRAM (Bytes) | EEPROM (Bytes) | I/O | 10-bit A/D (ch) | CCP (PWM) | MSSP | | USART | Timers 8/16-bit | Comparators |
|------------|----------------|----------------------------|-------------------|----------------|-----|-----------------|-----------|------|-------------------------|-------|-----------------|-------------|
| | Bytes | # Single Word Instructions | | | | | | SPI | Master I ² C | | | |
| PIC16F873A | 7.2K | 4096 | 192 | 128 | 22 | 5 | 2 | Yes | Yes | Yes | 2/1 | 2 |
| PIC16F874A | 7.2K | 4096 | 192 | 128 | 33 | 8 | 2 | Yes | Yes | Yes | 2/1 | 2 |
| PIC16F876A | 14.3K | 8192 | 368 | 256 | 22 | 5 | 2 | Yes | Yes | Yes | 2/1 | 2 |
| PIC16F877A | 14.3K | 8192 | 368 | 256 | 33 | 8 | 2 | Yes | Yes | Yes | 2/1 | 2 |

Anexo 34. Microcontrolador PIC 18F4620



MICROCHIP

PIC18F2525/2620/4525/4620

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology

Power Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 2.5 μ A typical
- Sleep mode current down to 100 nA typical
- Timer1 Oscillator: 1.8 μ A, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 1.4 μ A, 2V typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, up to 40 MHz
- 4x Phase Lock Loop (PLL) – available for crystal and internal oscillators)
 - Two External RC modes, up to 4 MHz
 - Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - Provides a complete range of clock speeds from 31 kHz to 32 MHz when used with PLL
 - User tunable to compensate for frequency drift
 - Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor
 - Allows for safe shutdown if peripheral clock stops

Peripheral Highlights:

- High-current sink/source 25 mA/25 mA
- Three programmable external interrupts
- Four input change interrupts
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules, one with Auto-Shutdown (28-pin devices)
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module (40/44-pin devices only):
 - One, two or four PWM outputs
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-Shutdown and Auto-Restart

Peripheral Highlights (Continued):

- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI™ (all 4 modes) and I2C™ Master and Slave modes
- Enhanced Addressable USART module:
 - Supports RS-485, RS-232 and LIN 1.2
 - RS-232 operation using internal oscillator block (no external crystal required)
 - Auto-Wake-up on Start bit
 - Auto-Baud Detect
- 10-bit, up to 13-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D):
 - Auto-acquisition capability
 - Conversion available during Sleep
- Dual analog comparators with input multiplexing
- Programmable 16-level High/Low-Voltage Detection (HLVD) module:
 - Supports interrupt on High/Low-Voltage Detection

Special Microcontroller Features:

- C compiler optimized architecture:
 - Optional extended instruction set designed to optimize re-entrant code
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: 100 years typical
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 4 ms to 131s
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- Programmable Brown-out Reset (BOR) with software enable option

| Device | Program Memory | | Data Memory | | I/O | 10-bit A/D (ch) | CCP/ ECCP (PWM) | MSSP | | EUSART | Comp. | Timers 8/16-bit |
|------------|----------------|----------------------------|--------------|----------------|-----|-----------------|-----------------|------|-------------|--------|-------|-----------------|
| | Flash (bytes) | # Single-Word Instructions | SRAM (bytes) | EEPROM (bytes) | | | | SPI™ | Master I2C™ | | | |
| PIC18F2525 | 48K | 24576 | 3986 | 1024 | 25 | 10 | 2/0 | Y | Y | 1 | 2 | 1/3 |
| PIC18F2620 | 64K | 32768 | 3986 | 1024 | 25 | 10 | 2/0 | Y | Y | 1 | 2 | 1/3 |
| PIC18F4525 | 48K | 24576 | 3986 | 1024 | 36 | 13 | 1/1 | Y | Y | 1 | 2 | 1/3 |
| PIC18F4620 | 64K | 32768 | 3986 | 1024 | 36 | 13 | 1/1 | Y | Y | 1 | 2 | 1/3 |

Anexo 35. Joystick de 2 ejes



Web Site: www.parallax.com
Forums: forums.parallax.com
Sales: sales@parallax.com
Technical: support@parallax.com

Office: (916) 624-8333
Fax: (916) 624-8003
Sales: (888) 512-1024
Tech Support: (888) 997-8267

2-Axis Joystick (#27800)

The 2-Axis Joystick can be used to add analog input to your next project. The 2-Axis Joystick contains two independent potentiometers (one per axis) that can be used as dual adjustable voltage dividers, providing 2-Axis analog input in a control stick form. The modular form-factor allows you to plug the 2-Axis Joystick directly into a breadboard for easy prototyping. The 2-Axis Joystick includes spring autoreturn to center and a comfortable cup-type knob which gives the feel of a thumb-stick.

Features

- Easy breadboard connection
- Two independent potentiometers with common ground
- Spring auto-return to center position
- Comfortable cup-type knob
- Compatible with most microcontrollers

Key Specifications

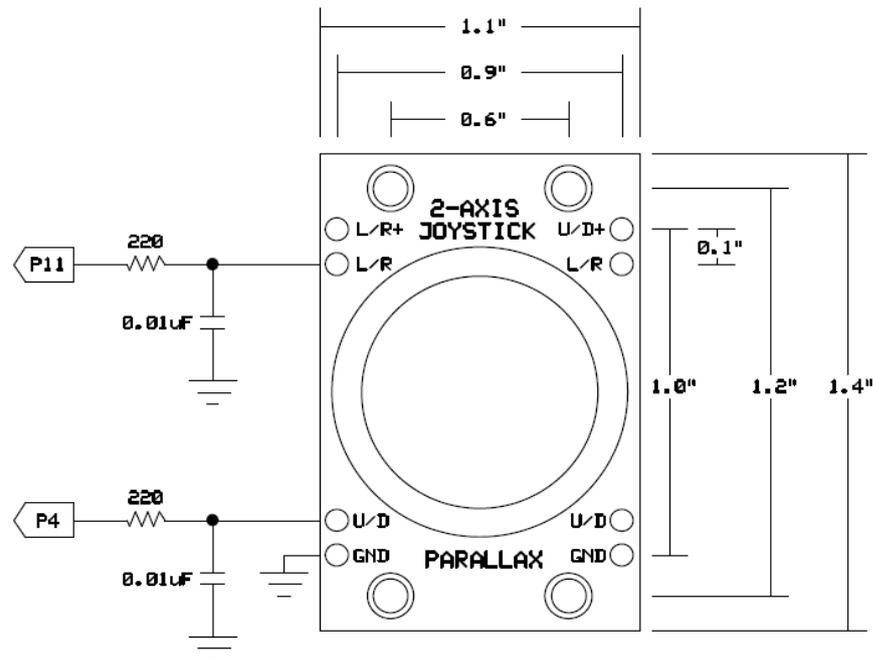
- Power capability: 0.01W; 10 VDC maximum working voltage
- Interface: Dual 10 k Ω potentiometers with common ground
- Operating temperature: 32 to 158 °F (0 to 70 °C)
- Dimensions: 1.64" H x 1.40" L x 1.10" W (41.67 mm H x 35.56 mm L x 27.94 mm W)

Application Ideas

- Camera Pan/Tilt Control
- Game Input/Control
- Robot Control
- Analog Input of Parameters



Quick Start Circuit



This circuit works with the code below for the BASIC Stamp 2 to provide an RCTIME value for each axis that relates to the position of the joystick. In this manner the two potentiometers are providing a variable resistance for use with the RCTIME command. **Caution:** When using this circuit, do not use a resistor value less than 220 Ω and do not apply more than 5 VDC through this resistor to the L/R or U/Dpins.

For more information on how to measure resistance using the BASIC Stamp RCTIME command, please read Chapter#5 of What's a Microcontroller? book, a free download at www.parallax.com/go/WAM. The PDF is also included in the BASIC Stamp Editor software's Help file, which is a free download from www.parallax.com/basicstampsoftware.

BASIC Stamp® 2 Program

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}

LR VAR Word
UD VAR Word

DO

  HIGH 4
  PAUSE 2
  RCTIME 4, 1, UD

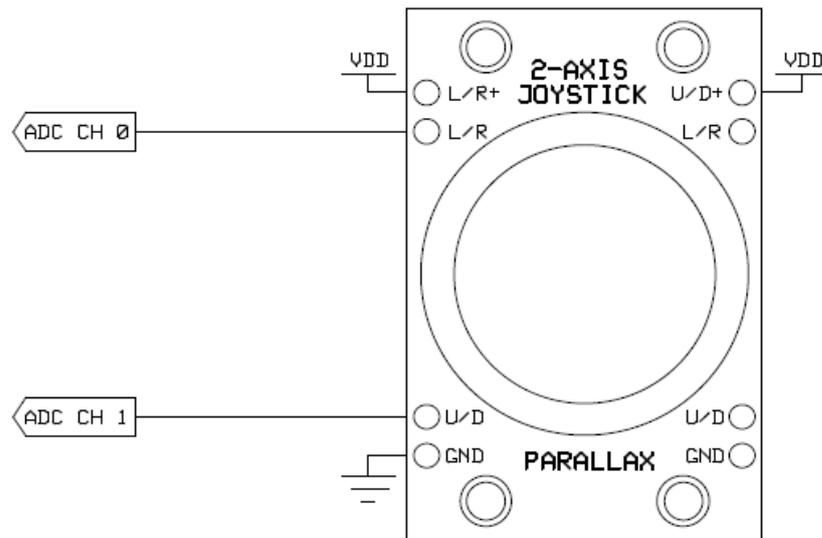
  HIGH 11
  PAUSE 2
  RCTIME 11, 1, LR

  DEBUG HOME, "UD = ", DEC UD, CLREOL, CR,
              "LR = ", DEC LR, CLREOL

  PAUSE 50

LOOP
```

Advanced Circuit



This circuit creates two voltage dividers referenced to VDD (in this case 5 V), using a 2-channel ADC (in this case the MCP3202) to read the voltages at the L/R and U/D pins using the code below. **Caution:** Do not apply voltage to the L/R+ or U/D+ pins that exceeds the I/O pin voltage rating of the device you connect to L/R or U/D, up to 10 VDC maximum. Ground < Analog voltage output at L/R and U/D < VDD.

BASIC Stamp® 2 Program

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}

CS          PIN      0          ' Chip Select (MCP3202.1)
Clock       PIN      1          ' Clock (MCP3202.7)
DataIn      PIN      2          ' --> Data Out (MCP3202.6)
DataOut     PIN      3          ' --> Data In (MCP3202.5)
Cnts2Mv     CON      $0139      ' x 1.22 (To Millivolts)
result0     VAR      Word       ' Conversion Result CH0
result1     VAR      Word       ' Conversion Result CH1
mVolts0     VAR      Word       ' Result0 --> mVolts
mVolts1     VAR      Word       ' Result1 --> mVolts

DEBUG CLS, "ADC CH 0:", CR, "Volts  :", CR,
          "ADC CH 1:", CR, "Volts  :"

DO
  LOW CS          ' Enable ADC
  SHIFTOUT DataOut, Clock, MSBFIRST, [%1101\4] ' Select CH0, Single-Ended
  SHIFTOIN DataIn, Clock, MSBPOST, [result0\12] ' Read ADC
  HIGH CS        ' Disable ADC
  mVolts0 = result0 */ Cnts2Mv ' Convert To Millivolts

  LOW CS          ' Enable ADC
  SHIFTOUT DataOut, Clock, MSBFIRST, [%1111\4] ' Select CH1, Single-Ended
  SHIFTOIN DataIn, Clock, MSBPOST, [result1\12] ' Read ADC
  HIGH CS        ' Disable ADC
  mVolts1 = result1 */ Cnts2Mv ' Convert To Millivolts

  DEBUG HOME, CRSRXY, 9, 0, DEC result0, CLREOL,
            CRSRXY, 9, 1, DEC mVolts0 DIG 3,
            ".", DEC3 mVolts0,
            CRSRXY, 9, 2, DEC result1, CLREOL,
            CRSRXY, 9, 3, DEC mVolts1 DIG 3,
            ".", DEC3 mVolts1

  PAUSE 100
LOOP
```

Anexo 36. Interruptor de 5 posiciones



Web Site: www.parallax.com
 Forums: forums.parallax.com
 Sales: sales@parallax.com
 Technical: support@parallax.com

Office: (916) 624-8333
 Fax: (916) 624-8003
 Sales: (888) 512-1024
 Tech Support: (888) 997-8267

5-Position Switch (#27801)

The 5-Position Switch is a normally open contact switch that provides directional output to your project. It has a nice snappy feel, and returns to the center/un-pressed position immediately when it is released. By monitoring the input state of five pins, it's easy for any Parallax microcontroller to detect whether the switch is in the up, down, left, right, or pressed position. It is possible for more than one position to make contact at a time, such as pressed+right, left+down, or pressed+right+down, for a total of 18 output states.

Features

- 🕒 8-pin DIP module is ready for breadboard or throughhole projects
- 🕒 10 k Ω pull-up resistor included on each positional pin
- 🕒 Simple communication with any Parallax microcontroller

Key Specifications

Power Requirements: Supply voltage = output signal voltage. Set supply voltage for compatibility with your microcontroller's inputs.

- 🕒 Communication: Single bit high/low output for each position
- 🕒 Operating temperature: 32 to 158 °F (0 to +70 °C)
- 🕒 Dimensions: 0.70 x 0.95 x 0.78 in (1.78 x 2.41 x 1.98 cm)

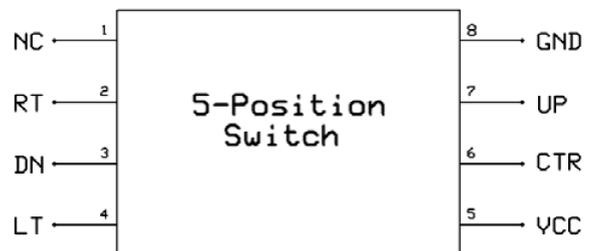
Application Ideas

- 🕒 Video game input
- 🕒 Robot control

Pin Definitions and Ratings

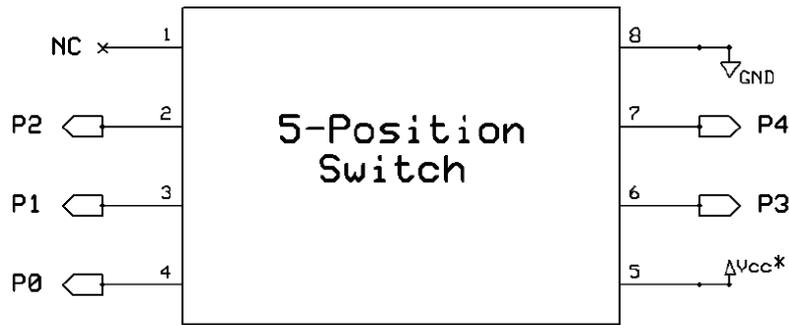
| Pin | Name | Function |
|-----|------|-----------------------|
| 1 | NC | No Connection |
| 2 | RT | Right Contact Switch |
| 3 | DN | Bottom Contact Switch |
| 4 | LT | Left Contact Switch |
| 5 | VCC | Supply Voltage* |
| 6 | CTR | Center Contact Switch |
| 7 | UP | Top Contact Switch |
| 8 | GND | Ground |

*Supply voltage will determine output voltage. Be sure to use a supply voltage that your microcontroller will tolerate as an input signal.



Connection Diagram

The figure below depicts the connection diagram to use with the included sample programs.



* V_{cc} = 3.3V for Propeller Applications

V_{cc} = 5V for BASIC Stamp Applications

Note: 220 Ω resistors may also be placed in series between the 5-Position Switch and the microcontroller I/O pins to prevent potential I/O pin damage from accidental code errors.

Source Code

These programs are available from the 5-Position Switch product page. Browse to www.parallax.com and "Search" for 27801.

BASIC Stamp® 2 Program

This program will display the current position of the 5-Position Switch using the Debug Terminal built into the BASIC Stamp Editor, which is available for download from www.parallax.com/basicstampsoftware.

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}

DEBUG CLS, ' Display directional graph
"      ", CR,
" | ", CR,
" - - ", CR,
" | ", CR

DO
  IF (IN0 = 0) THEN DEBUG CRSRXY, 2, 2, "<" ELSE DEBUG CRSRXY, 2, 2, " "
  IF (IN1 = 0) THEN DEBUG CRSRXY, 5, 4, "v" ELSE DEBUG CRSRXY, 5, 4, " "
  IF (IN2 = 0) THEN DEBUG CRSRXY, 8, 2, ">" ELSE DEBUG CRSRXY, 8, 2, " "
  IF (IN3 = 0) THEN DEBUG CRSRXY, 5, 2, "o" ELSE DEBUG CRSRXY, 5, 2, " "
  IF (IN4 = 0) THEN DEBUG CRSRXY, 5, 0, "^" ELSE DEBUG CRSRXY, 5, 0, " "
  PAUSE 20
LOOP
```

Propeller™ P8X32A Application

This program will display the current position of the 5-Position Switch using the Parallax Serial Terminal.

Note: This application uses the Parallax Serial Terminal.spin object for displaying the state of the sensor.

This object as well as the Parallax Serial Terminal itself is installed with the Propeller Tool v1.2.6, which is available from the Downloads link at www.parallax.com/Propeller.

```

'5PositionSwitch_Simple.spin for P8X32A

_clkmode = xtall + pll16x
_xinfreq = 5_000_000

OBJ
pst : "Parallax Serial Terminal.spin"

PUB Main
dira[0..4]~ ' Set pins 0-4 to input

pst.Start(115_200) ' Set Parallax Serial Terminal to 115,200 baud
waitcnt(clkfreq + cnt)

pst.NewLine ' Display directional graph
pst.Str(string(" | "))
pst.NewLine
pst.Str(string(" - - "))
pst.NewLine
pst.Str(string(" | "))

repeat
  if ina[0] == 0
    pst.Position(1, 2)
    pst.Char("<")
  else
    pst.Position(1, 2)
    pst.Char("")

  if ina[1] == 0
    pst.Position(4, 4)
    pst.Char("v")
  else
    pst.Position(4, 4)
    pst.Char("")

  if ina[2] == 0
    pst.Position(7, 2)
    pst.Char(">")
  else
    pst.Position(7, 2)
    pst.Char("")

  if ina[3] == 0
    pst.Position(4, 2)
    pst.Char("o")
  else
    pst.Position(4, 2)
    pst.Char("")

  if ina[4] == 0
    pst.Position(4, 0)
    pst.Char("^")
  else
    pst.Position(4, 0)
    pst.Char("")

```

Anexo 37. Regulador Conmutado de Voltaje DE-SW050



DE-SW0XX Switching Voltage Regulator

General Description

The DE-SW0XX family of switch mode voltage regulators are designed to be the easiest possible way to add the benefits of switchmode power to a new or existing project. The DE-SW0XX family is Pin-compatible with the common 78XX family of linear voltage regulators. They have integrated decoupling capacitors, so external capacitors are not generally necessary. Available voltages are 3.3 and 5 volts.

The DE-SW0XX family operates over a wide input voltage range, from (Vout+1.3V) to 30v, at up to one amp of continuous output current.

Efficiencies are up to 87% (Figure 2)

Ripple is less than 2% of output.

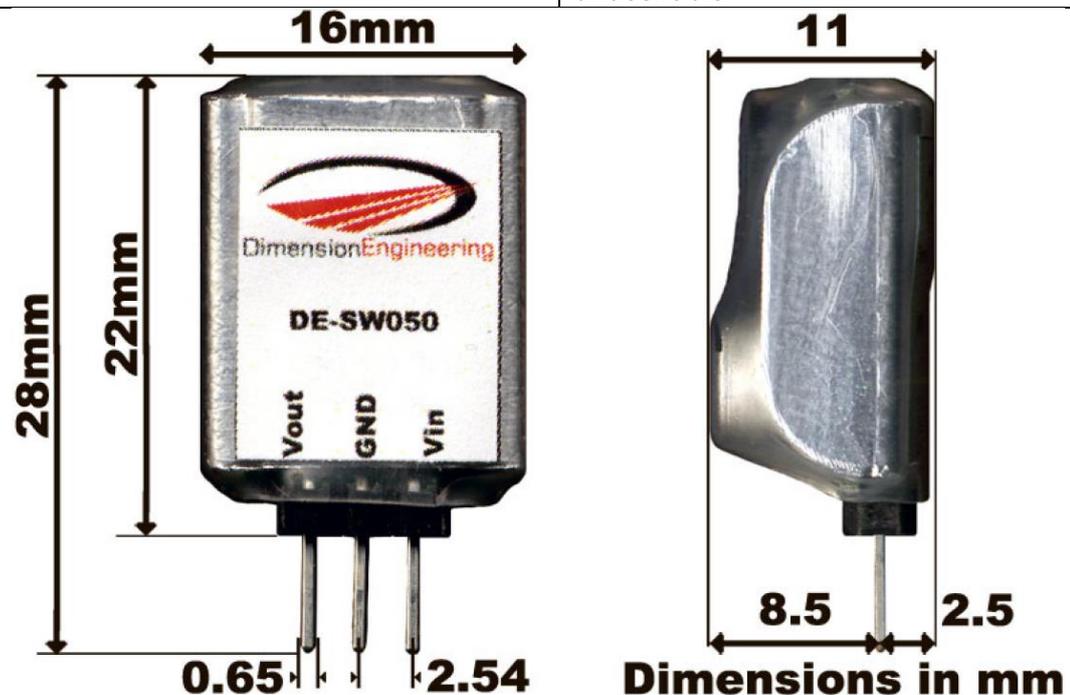
The DE-SW0XX family works on a breadboard, making it an ideal solution for prototyping and one-off circuits.

Features

- Drop-in replacement for LM78XX
- Up to 30V input voltage
- 1.3V dropout voltage
- 3.3V and 5V output voltages available
- 1A continuous output current
- Efficiency up to 87%
- Integrated bypass capacitors
- Integrated heat spreader
- Weighs only 3.8g
- Can drive inductive loads

Applications

- Battery powered applications
- Robots
- Servo power
- Small DC motors
- Lithium battery charging and maintenance
- Point of load voltage regulation
- Any application where a 78XX regulator is dissipating too much heat or a large heatsink is undesirable



Typical Performance Characteristics

The device can be expected to perform as characterized within these parameters

| Characteristic | Min | Typical | Max |
|---|------------------------|---------|--------|
| Input voltage | V _{out} +1.3V | | 30V |
| Output Current (RMS) ¹ | 0A | | 1A |
| Pulsed Output Current (5 sec) | | | 1.5A |
| Output Ripple | 30mV | 70mV | 100mV |
| Efficiency (See Figure 2 and Figure 3) | 65% | 83% | 87% |
| Transient response in load regulation (0-1A pulses, 1ms, V _{p-p}) | | 4% | |
| Power dissipation | 100mW | 800mW | 1.2W |
| Power output in still air | 0W | | 5W |
| Quiescent current draw (V _{in} = 12V) | | 16mA | |
| Switching frequency | 230kHz | 270kHz | 290kHz |
| Thermal Derating in still air | See Figure 4 | | |

¹For input voltages above 25V, an output current of at least 40mA is needed to maintain the regulated output voltage. This can be accomplished by adding a 1kΩ load resistor, or by simply connecting the load you wanted to use anyway.

Absolute Maximum ratings

Operation beyond these parameters may permanently damage the device

| Characteristic | Min | Max |
|---------------------|------|------|
| Input voltage | 0V | 35v |
| Output Current | 0A | 1.5A |
| Power dissipation | | 1.5W |
| Ambient Temperature | -20C | 70C |

Overcurrent/overtemperature behavior

If the current limit has been considerably exceeded or if the device is overheated the product will gradually reduce the output voltage in an attempt to reduce the load on the device. Once the extra load is removed or the temperature is brought down, the desired output voltage will be restored. It is unlikely that you will destroy the regulator by exceeding the current/temperature ratings but we still recommend practicing good engineering techniques and do not overload the device beyond the recommended operating parameters.

Anexo 38. Circuito Integrado LM3914**LM3914****Dot/Bar Display Driver
General Description**

The LM3914 is a monolithic integrated circuit that senses analog voltage levels and drives 10 LEDs, providing a linear analog display. A single pin changes the display from a moving dot to a bar graph. Current drive to the LEDs is regulated and programmable, eliminating the need for resistors.

This feature is one that allows operation of the whole system from less than 3V.

The circuit contains its own adjustable reference and accurate 10-step voltage divider. The low-bias-current input buffer accepts signals down to ground, or V-, yet needs no protection against inputs of 35V above or below ground. The buffer drives 10 individual comparators referenced to the precision divider. Indication non-linearity can thus be held typically to 1/2%, even over a wide temperature range. Versatility was designed into the LM3914 so that controller, visual alarm, and expanded scale functions are easily added on to the display system. The circuit can drive LEDs of many colors, or low-current incandescent lamps. Many LM3914s can be "chained" to form displays of 20 to over 100 segments.

Both ends of the voltage divider are externally available so that 2 drivers can be made into a zero-center meter.

The LM3914 is very easy to apply as an analog meter circuit.

A 1.2V full-scale meter requires only 1 resistor and a single 3V to 15V supply in addition to the 10 display LEDs. If the 1 resistor is a pot, it becomes the LED brightness control. The simplified block diagram illustrates this extremely simple external circuitry.

When in the dot mode, there is a small amount of overlap or "fade" (about 1 mV) between segments. This assures that at no time will all LEDs be "OFF", and thus any ambiguous display is avoided. Various novel displays are possible.

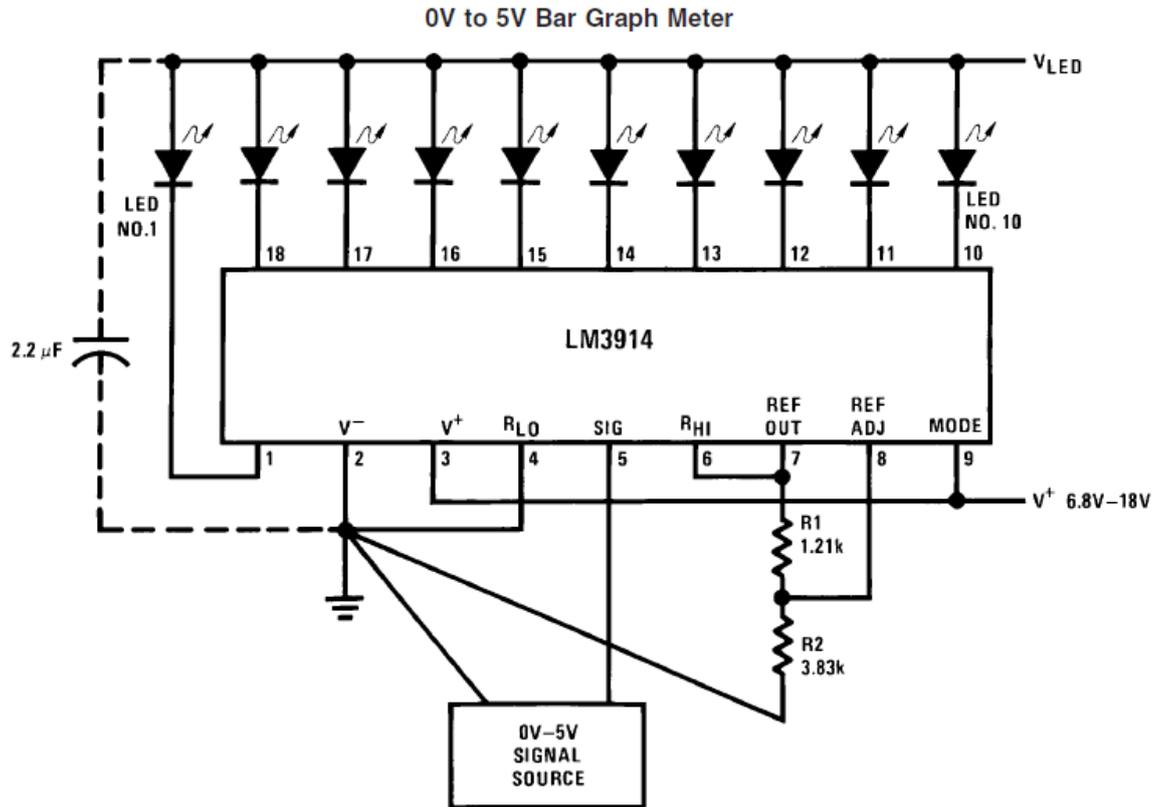
Much of the display flexibility derives from the fact that all outputs are individual, DC regulated currents. Various effects can be achieved by modulating these currents. The individual outputs can drive a transistor as well as a LED at the same time, so controller functions including "staging" control can be performed. The LM3914 can also act as a programmer, or sequencer.

The LM3914 is rated for operation from 0°C to +70°C. The LM3914N-1 is available in an 18-lead molded (N) package.

The following typical application illustrates adjusting of the reference to a desired value, and proper grounding for accurate operation, and avoiding oscillations.

Features

- n Drives LEDs, LCDs or vacuum fluorescents
- n Bar or dot display mode externally selectable by user
- n Expandable to displays of 100 steps
- n Internal voltage reference from 1.2V to 12V
- n Operates with single supply of less than 3V
- n Inputs operate down to ground
- n Output current programmable from 2 mA to 30 mA
- n No multiplex switching or interaction between outputs
- n Input withstands $\pm 35V$ without damage or false outputs
- n LED driver outputs are current regulated, open-collectors
- n Outputs can interface with TTL or CMOS logic
- n The internal 10-step divider is floating and can be referenced to a wide range of voltages



00797001

$$\text{Ref Out } V = 1.25 \left(1 + \frac{R2}{R1} \right)$$

$$I_{LED} \cong \frac{12.5}{R1}$$

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

| | |
|-----------------------------------|---------------|
| Power Dissipation (Note 6) | |
| Molded DIP (N) | 1365 mW |
| Supply Voltage | 25V |
| Voltage on Output Drivers | 25V |
| Input Signal Overvoltage (Note 4) | ±35V |
| Divider Voltage | -100 mV to V+ |
| Reference Load Current | 10 mA |

Storage Temperature Range -55°C to +150°C

Soldering Information

| | |
|------------------------------|-------|
| Dual-In-Line Package | |
| Soldering (10 seconds) | 260°C |
| Plastic Chip Carrier Package | |
| Vapor Phase (60 seconds) | 215°C |
| Infrared (15 seconds) | 220°C |

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (Notes 2, 4)

| Parameter | Conditions (Note 2) | Min | Typ | Max | Units |
|---|--|-----|-----|-----|-------|
| COMPARATOR | | | | | |
| Offset Voltage, Buffer and First Comparator | 0V ≤ V _{RLO} = V _{RHI} ≤ 12V, I _{LED} = 1 mA | | 3 | 10 | mV |
| Offset Voltage, Buffer and Any Other Comparator | 0V ≤ V _{RLO} = V _{RHI} ≤ 12V, I _{LED} = 1 mA | | 3 | 15 | mV |
| Gain (ΔI _{LED} /ΔV _{IN}) | I _{L(REF)} = 2 mA, I _{LED} = 10 mA | 3 | 8 | | mA/mV |
| Input Bias Current (at Pin 5) | 0V ≤ V _{IN} ≤ V+ - 1.5V | | 25 | 100 | nA |
| Input Signal Overvoltage | No Change in Display | -35 | | 35 | V |

| VOLTAGE-DIVIDER | | | | | |
|--|---|---------------------------|------|------|-----|
| Divider Resistance | Total, Pin 6 to 4 | 8 | 12 | 17 | kΩ |
| Accuracy | (Note 3) | | 0.5 | 2 | % |
| VOLTAGE REFERENCE | | | | | |
| Output Voltage | $0.1 \text{ mA} \leq I_{L(REF)} \leq 4 \text{ mA}$, $V^+ = V_{LED} = 5V$ | 1.2 | 1.28 | 1.34 | V |
| Line Regulation | $3V \leq V^+ \leq 18V$ | | 0.01 | 0.03 | %/V |
| Load Regulation | $0.1 \text{ mA} \leq I_{L(REF)} \leq 4 \text{ mA}$, $V^+ = V_{LED} = 5V$ | | 0.4 | 2 | % |
| Output Voltage Change with Temperature | $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$, $I_{L(REF)} = 1 \text{ mA}$, $V^+ = 5V$ | | 1 | | % |
| Adjust Pin Current | | | 75 | 120 | μA |
| OUTPUT DRIVERS | | | | | |
| LED Current | $V^+ = V_{LED} = 5V$, $I_{L(REF)} = 1 \text{ mA}$ | 7 | 10 | 13 | mA |
| LED Current Difference (Between Largest and Smallest LED Currents) | $V_{LED} = 5V$ | $I_{LED} = 2 \text{ mA}$ | 0.12 | 0.4 | mA |
| | | $I_{LED} = 20 \text{ mA}$ | 1.2 | 3 | |
| LED Current Regulation | $2V \leq V_{LED} \leq 17V$ | $I_{LED} = 2 \text{ mA}$ | 0.1 | 0.25 | mA |
| | | $I_{LED} = 20 \text{ mA}$ | 1 | 3 | |
| Dropout Voltage | $I_{LED(ON)} = 20 \text{ mA}$, $V_{LED} = 5V$, $\Delta I_{LED} = 2 \text{ mA}$ | | | 1.5 | V |
| Saturation Voltage | $I_{LED} = 2.0 \text{ mA}$, $I_{L(REF)} = 0.4 \text{ mA}$ | | 0.15 | 0.4 | V |
| Output Leakage, Each Collector | (Bar Mode) (Note 5) | | 0.1 | 10 | μA |
| Output Leakage | (Dot Mode) (Note 5) | Pins 10–18 | 0.1 | 10 | μA |
| | | Pin 1 | 60 | 150 | 450 |
| SUPPLY CURRENT | | | | | |
| Standby Supply Current (All Outputs Off) | $V^+ = 5V$, $I_{L(REF)} = 0.2 \text{ mA}$ | | 2.4 | 4.2 | mA |
| | $V^+ = 20V$, $I_{L(REF)} = 1.0 \text{ mA}$ | | 6.1 | 9.2 | mA |

Electrical Characteristics (Notes 2, 4) (Continued)

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

Note 2: Unless otherwise stated, all specifications apply with the following conditions:

$$3 V_{DC} \leq V^+ \leq 20 V_{DC} \quad V_{REF}, V_{RHI}, V_{RLO} \leq (V^+ - 1.5V)$$

$$3 V_{DC} \leq V_{LED} \leq V^+ \quad 0V \leq V_{IN} \leq V^+ - 1.5V$$

$$-0.015V \leq V_{RLO} \leq 12V_{DC} \quad T_A = +25^\circ\text{C}, I_{L(REF)} = 0.2 \text{ mA}, V_{LED} = 3.0V, \text{ pin 9 connected to pin 3 (Bar Mode).}$$

$$-0.015V \leq V_{RHI} \leq 12 V_{DC}$$

For higher power dissipations, pulse testing is used.

Note 3: Accuracy is measured referred to $+10.000V_{DC}$ at pin 6, with $0.000 V_{DC}$ at pin 4. At lower full-scale voltages, buffer and comparator offset voltage may add significant error.

Note 4: Pin 5 input current must be limited to $\pm 3\text{mA}$. The addition of a 39k resistor in series with pin 5 allows $\pm 100V$ signals without damage.

Note 5: Bar mode results when pin 9 is within 20mV of V^+ . Dot mode results when pin 9 is pulled at least 200mV below V^+ or left open circuit. LED No. 10 (pin 10 output current) is disabled if pin 9 is pulled 0.9V or more below V_{LED} .

Note 6: The maximum junction temperature of the LM3914 is 100°C . Devices must be derated for operation at elevated temperatures. Junction to ambient thermal resistance is 55°C/W for the molded DIP (N package).

Definition of Terms

Accuracy: The difference between the observed threshold voltage and the ideal threshold voltage for each comparator. Specified and tested with 10V across the internal voltage divider so that resistor ratio matching error predominates over comparator offset voltage.

Adjust Pin Current: Current flowing out of the reference adjust pin when the reference amplifier is in the linear region.

Comparator Gain: The ratio of the change in output current (I_{LED}) to the change in input voltage (V_{IN}) required to produce it for a comparator in the linear region.

Dropout Voltage: The voltage measured at the current source outputs required to make the output current fall by 10%.

Input Bias Current: Current flowing out of the signal input when the input buffer is in the linear region.

LED Current Regulation: The change in output current over the specified range of LED supply voltage (V_{LED}) as measured at the current source outputs. As the forward voltage of an LED does not change significantly with a small change in forward current, this is equivalent to changing the voltage at the LED anodes by the same amount.

Line Regulation: The average change in reference output voltage over the specified range of supply voltage (V^+).

Load Regulation: The change in reference output voltage (V_{REF}) over the specified range of load current ($I_{L(REF)}$).

Offset Voltage: The differential input voltage which must be applied to each comparator to bias the output in the linear region. Most significant error when the voltage across the internal voltage divider is small. Specified and tested with pin 6 voltage (V_{RHI}) equal to pin 4 voltage (V_{RLO}).

Anexo 39. Pantalla GLCD

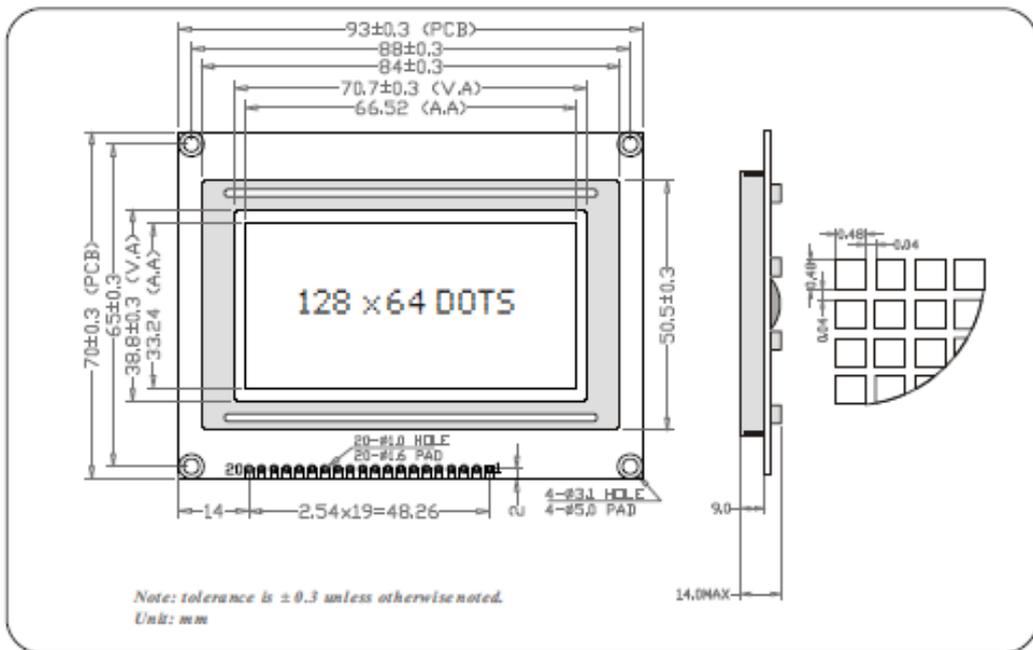
JHD622-12864E SERIES

晶汉达 · JHD® 深圳市晶汉达电子有限公司
SHENZHEN JING HAN DA ELECTRONICS CO., LTD.

■ CHARACTERISTICS:

- DISPLAY CONTENT: 128 x 64 DOTS
- LCD TYPE: STN Y/G, STN BLUE, STN GREY
- LED BACKLIGHT: Y/G, WHITE
- CONTROLLER: KS0108 OR EQUAL
- OPERATING TEMPERATURE: NORMAL(0-50°C); WIDE(-20-70°C)
- POWER SUPPLY: 5.0V
- VIEWING ANGLE: 6H; 12H

■ DIMENSIONS/DISPLAY CONTENT



■ PIN CONFIGURATION

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Vss | Vdd | V0 | D1 | R/W | E | DB0 | DB1 | DB2 | DB3 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| DB4 | DB5 | DB6 | DB7 | CS1 | CS2 | RST | VEE | LEDA | LEDK |

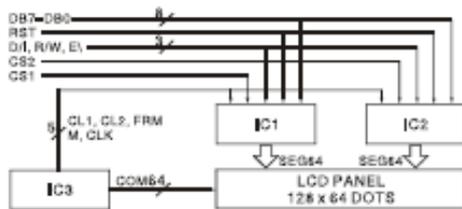
■ LIMIT PARAMETER (Ta=25°C)

| Parameter | Symbol | Standard Values | | Unit |
|----------------|----------------|-----------------|------|------|
| | | Min. | Max. | |
| Supply Voltage | VDD-VSS | 0 | 7.0 | V |
| LCD Voltage | VDD-V0 | 0 | 17 | |
| Input Voltage | V _I | 0 | VDD | |

■ ELECTRONIC PARAMETER

| Parameter | Symbol | Symbol | Standard Values | | | Unit |
|-------------------------|--------|-----------------|-----------------|------|--------|------|
| | | | Min. | Typ. | Max. | |
| Voltage | Logic | VDD-VSS | 4.75 | 5.0 | 5.25 | V |
| | LCD | VDD-V0 | 4.5 | 13 | 17 | V |
| Current | Logic | IDD | - | 2.5 | - | mA |
| | LCD | IEE | - | 2.0 | - | mA |
| LCD Drive Voltage(25°C) | | | - | 13 | - | V |
| Input Voltage | H | V _{IH} | 0.7VDD | - | VDD | V |
| | L | V _{IL} | 0 | - | 0.3VDD | V |

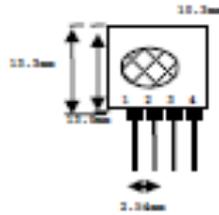
■ APPLICATION CIRCUIT



Anexo 40. Módulos de Transmisión y Recepción RF

TLP434A Ultra Small Transmitter

**Easy-Link
Wireless**



pin 1 : GND
pin 2 : Data In
pin 3 : Vcc
pin 4 : Antenna (RF output)

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

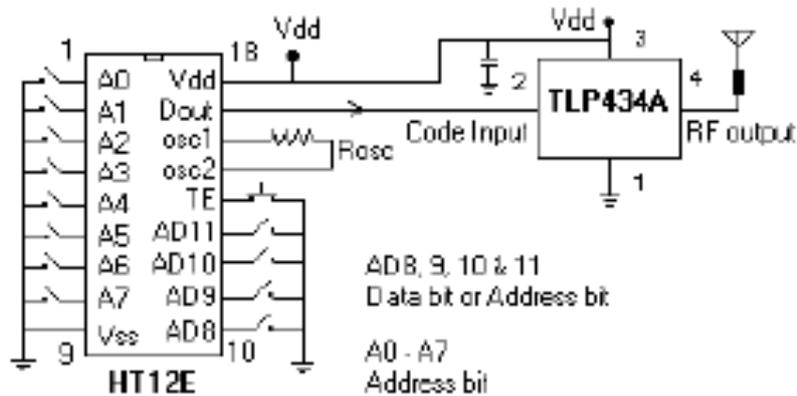
Modulation : ASK
Operation Voltage : 2 - 12 VDC

| Symbol | Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | Unit |
|--------|--------------------------|---------------------|---------|------|---------|------|
| Vcc | Operating supply voltage | | 2.0 | - | 12.0 | V |
| Icc 1 | Peak Current (2V) | | - | - | 1.64 | mA |
| Icc 2 | Peak Current (12V) | | - | - | 19.4 | mA |
| Vh | Input High Voltage | Idata= 100uA (High) | Vcc-0.5 | Vcc | Vcc+0.5 | V |
| VI | Input Low Voltage | Idata= 0 uA (Low) | - | - | 0.3 | V |
| FO | Absolute Frequency | 315Mhz module | 314.8 | 315 | 315.2 | MHz |
| PO | RF Output Power- 50ohm | Vcc = 9V-12V | - | 16 | - | dBm |
| | | Vcc = 5V-6V | - | 14 | - | dBm |
| DR | Data Rate | External Encoding | 512 | 4.8K | 200K | bps |

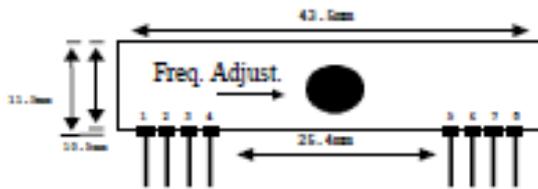
Notes : (Case Temperature = 25°C +- 2°C , Test Load Impedance = 50 ohm)

Application Circuit :

Typical Key-chain Transmitter using HT12E-18DIP, a Binary 12 bit Encoder from Holtek Semiconductor Inc.



RLP-434 Receiver



- pin 1 : Gnd
- pin 2 : Digital Data Output
- pin 3 : Linear Output
- pin 4 : Vcc
- pin 5 : Vcc
- pin 6 : Gnd
- pin 7 : Gnd
- pin 8 : Antenna (About 30 - 35 cm)

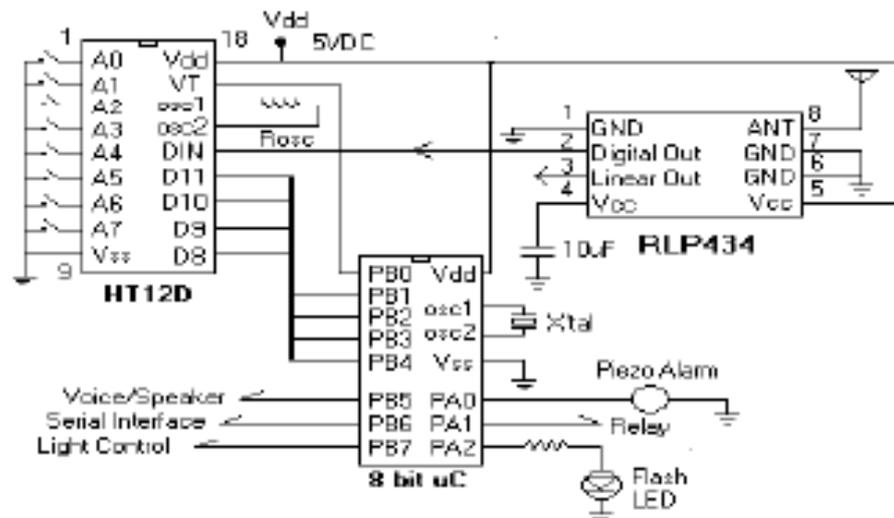
Frequency 315, 418 and 433.92MHz

Modulation : ASK
 Supply Voltage : 4.5 - 5.5 VDC
 Output : Digital & Linear
 Sensitivity : 3uVrms

| Symbol | Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------|------|------|----|
| Vcc | Operating supply voltage | | 4.5 | 5 | 5.5 | V |
| I _{tot} | Operating Current | | - | 3.5 | 4.5 | mA |
| V _{data} | Data Out | I _{data} = +200 uA (High) | Vcc-0.5 | - | Vcc | V |
| | | I _{data} = -10 uA (Low) | - | - | 0.3 | V |
| Electrical Characteristics | | | | | | |
| Characteristics | SYM | Min | Typ | Max | Unit | |
| Operation Radio Frequency | FC | 315, 418 and 434 | | | MHz | |
| Sensitivity | Pref | -100 | -103 | -106 | dBm | |
| Channel Width | | | +1.5 | | Khz | |
| Receiver Turn On Time | | | 5 | | ms | |
| Noise equivalent BW | NEB | | 4 | | Khz | |
| Baseboard Data Rate | | | 3 | 5 | Khz | |

Application Circuit II:

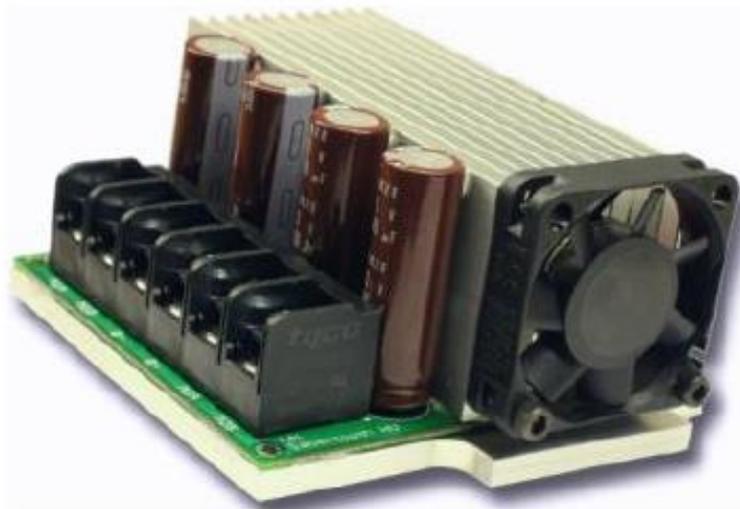
Typical RF Receiver using HT12D-18DIP, a Binary 12 bit Decoder with 8 bit uC HT48RXX from Holtek Semiconductor Inc.



Anexo 41. Tarjeta Sabertooth 2x50HV



Sabertooth 2x50 User's Guide
December 2009



Input voltage: 12-48V nominal, 62V absolute max.

El Datasheet es muy grande por lo que se deja solo el URL:

<http://www.dimensionengineering.com/datasheets/Sabertooth2x50HV.pdf>

(22/12/2013)

Anexo 42. Presupuesto JB MECÁNICA DE PRECISION (sistema de elevación)



JB MECANICA DE PRECISION.

DIRECCION: AV. LOJA Y 10 DE AGOSTO CALLE DE RETORNO.

TELEFONOS: 0995454642-0997328597

MAIL: jbmecanicadeprecision@hotmail.com

CONSTRUCCION Y RECONSTRUCCION DE ELEMENTOS MECANICOS.

| PROYECTO PARA: | | ENVÍO A: | | | |
|---|---|-----------------------------|----------|-----------------|--------------|
| Javier A. López Celi | | Javier A. López Celi | | | |
| Caupolican 209 y Yanahurco | | Caupolican 209 y Yanahurco | | | |
| Cuenca | | Cuenca | | | |
| Ecuador | | Ecuador | | | |
| +5932803173 / +593984484240 | | +5932803173 / +593984484240 | | | |
| Detalles de producción: Sistema para elevar verticalmente al usuario | | | | | |
| P.O. Box # | NN | Modo de envío: | NN | | |
| Fecha P.O. Box: | NN | Términos de envío: | NN | | |
| Forma de pago: | Efectivo | Número de paquetes: | NN | | |
| Tipo de moneda: | Dólares americanos | Dimensiones paquetes: | NN | | |
| Términos de pago: | NN | Peso paquetes: | NN | | |
| Fecha / estado envío: | NN | Forma de envío: | NN | | |
| ITEM. | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
| 1 | Soporte base sistema de elevación | mm | 1 | 120,00 | 120,00 |
| 2 | Soporte principal gato mecánico | mm | 1 | 150,00 | 50,00 |
| 3 | Brazo sistema de elevación | mm | 4 | 35,00 | 35,00 |
| 4 | Soporte base de sistema de elevación | mm | 1 | 120,00 | 120,00 |
| 5 | Pasador sistema de elevación 03 | mm | 2 | 140,00 | 140,00 |
| 6 | Pasador sistema de elevación 04 | mm | 4 | 280,00 | 280,00 |
| 7 | Pasador sistema de elevación 05 | mm | 1 | 70,00 | 70,00 |
| 8 | Base de tornillo de sistema de elevación 02 | mm | 1 | 60,00 | 60,00 |
| 9 | Soporte tornillo de sistema de elevación 02 | mm | 1 | 100,00 | 100,00 |
| 10 | Eje de sistema de levantamiento 02 | mm | 1 | 80,00 | 80,00 |
| 11 | Tuerca de eje de elevación | mm | 1 | 40,00 | 40,00 |
| 12 | Base soporte gato mecánico 01 | mm | 1 | 120,00 | 120,00 |
| 13 | Silla soporte gato mecánico 01 | mm | 1 | 90,00 | 90,00 |
| 14 | Buje de tornillo gato mecánico | mm | 1 | 25,00 | 25,00 |
| 15 | Bujes de sistema de elevación 1 | mm | 8 | 15,00 | 120,00 |
| 16 | Bujes de sistema de elevación 2 | mm | 4 | 15,00 | 60,00 |
| 17 | Bujes de sistema de elevación 3 | mm | 4 | 15,00 | 60,00 |
| 18 | Bujes de sistema de elevación 4 | mm | 2 | 15,00 | 30,00 |
| 19 | Base de Motorreductor | mm | 1 | 60,00 | 60,00 |
| 20 | Buje de tornillo gato mecánico | mm | 1 | 50,00 | 50,00 |

Firma del responsable

Notas, Condiciones de venta

Retiro del producto desde la empresa

SUBTOTAL
SUBTOTAL IMPUESTO
IVA.
COSTO ENVÍO
COSTO SEGURO
OTROS
TOTAL

| |
|---------|
| --- |
| --- |
| --- |
| --- |
| --- |
| --- |
| 1660,00 |

Anexo 43. Presupuesto JB MECÁNICA DE PRECISION (sistema sube veredas)

|  | | JB MECANICA DE PRECISION. DIRECCION: AV. LOJA Y 10 DE AGOSTO CALLE DE RETORNO. TELEFONOS: 0995454642-0997328597 MAIL: jbmecanicadeprecision@hotmail.com CONSTRUCCION Y RECONSTRUCCION DE ELEMENTOS MECANICOS. | | | |
|---|--|--|----------|-----------------|--------------|
| PROYECTO PARA: | | ENVÍO A: | | | |
| Javier A. López Celi | | Javier A. López Celi | | | |
| Caupolican 209 y Yanahurco | | Caupolican 209 y Yanahurco | | | |
| Cuenca | | Cuenca | | | |
| Ecuador | | Ecuador | | | |
| +5932803173 / +593984484240 | | +5932803173 / +593984484240 | | | |
| Detalles de producción: Sistema para subir veredas | | | | | |
| P.O. Box # | NN | Modo de envío: | NN | | |
| Fecha P.O. Box: | NN | Términos de envío: | NN | | |
| Forma de pago: | Efectivo | Número de paquetes: | NN | | |
| Tipo de moneda: | Dólares americanos | Dimensiones paquetes: | NN | | |
| Términos de pago: | NN | Peso paquetes: | NN | | |
| Fecha / estado envío: | NN | Forma de envío: | NN | | |
| ITEM. | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
| 1 | Base de motores | mm | 1 | 100,00 | 150,00 |
| 2 | Central base de componentes mejora 01 | mm | 1 | 150,00 | 150,00 |
| 3 | Soporte rueda guía derecha | mm | 1 | 150,00 | 150,00 |
| 4 | Soporte rueda guía izquierda | mm | 1 | 150,00 | 150,00 |
| 5 | Conjunto soldado (soldar 4 anteriores) | mm | 1 | 70,00 | 70,00 |
| 6 | Manzana de rueda motriz | mm | 4 | 120,00 | 480,00 |
| 7 | Base batería central | mm | 4 | 30,00 | 120,00 |

Firma del responsable

SUBTOTAL
 SUBTOTAL IMPUESTO
 IVA.
 COSTO ENVÍO
 COSTO SEGURO
 OTROS
 TOTAL

| |
|---------|
| --- |
| --- |
| --- |
| --- |
| --- |
| --- |
| 1270,00 |

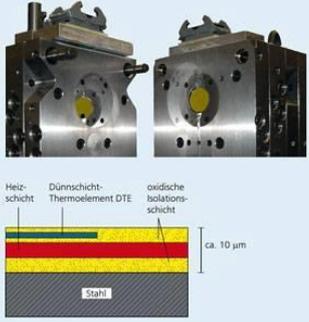
Notas, Condiciones de venta

Retiro del producto desde la empresa

Anexo 44. Presupuesto CONSTRUCTORA LOJA (sistema de elevación)

|  | |  CONSTRUCTORA LOJA | | <small>ONSTRUCTORA LOJA</small> | |
|---|---|--|-----------------------------|---------------------------------|--------------|
| CONSTRUCTORA LOJA | | | | | |
| Dirección: Panamericana Sur Km 5 1/2 Cuenca – Ecuador Teléfono: 072-888-731 086696056 - 094760204 Propietario: Palermo Castillo Reyes | | | | | |
| PROYECTO PARA: | | | ENVÍO A: | | |
| Javier A. López Celi | | | Javier A. López Celi | | |
| Caupolican 209 y Yanahurco | | | Caupolican 209 y Yanahurco | | |
| Cuenca | | | Cuenca | | |
| Ecuador | | | Ecuador | | |
| +5932803173 / +593984484240 | | | +5932803173 / +593984484240 | | |
| Detalles de producción: Sistema para elevar verticalmente al usuario | | | | | |
| P.O. Box # | NN | Modo de envío: | de | envío: | NN |
| Fecha P.O. Box: | NN | Términos de envío: | de | envío: | NN |
| Forma de pago: | Efectivo | Número de paquetes: | de | envío: | NN |
| Tipo de moneda: | Dólares americanos | Dimensiones de paquetes: | de | envío: | NN |
| Términos de pago: | NN | Peso paquetes: | de | envío: | NN |
| Fecha / estado envío: | NN | Forma de envío: | de | envío: | NN |
| ITEM. | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
| 1 | Soporte base sistema de elevación | mm | 1 | 10,00 | 10,00 |
| 2 | Soporte principal gato mecánico | mm | 1 | 12,00 | 12,00 |
| 3 | Brazo sistema de elevación | mm | 4 | 22,00 | 88,00 |
| 4 | Soporte base de sistema de elevación | mm | 1 | 10,00 | 10,00 |
| 5 | Pasador sistema de elevación 03 | mm | 2 | 8,00 | 16,00 |
| 6 | Pasador sistema de elevación 04 | mm | 4 | 8,00 | 32,00 |
| 7 | Pasador sistema de elevación 05 | mm | 1 | 8,00 | 8,00 |
| 8 | Base de tornillo de sistema de elevación 02 | mm | 1 | 22,00 | 22,00 |
| 9 | Soporte tornillo de sistema de elevación 02 | mm | 1 | 22,00 | 22,00 |
| 10 | Eje de sistema de levantamiento 02 | mm | 1 | 22,00 | 22,00 |
| 11 | Tuerca de eje de elevación | mm | 1 | 4,00 | 4,00 |
| 12 | Base soporte gato mecánico 01 | mm | 1 | 10,00 | 10,00 |
| 13 | Silla soporte gato mecánico 01 | mm | 1 | 10,00 | 10,00 |
| 14 | Buje de tornillo gato mecánico | mm | 1 | 7,00 | 7,00 |
| 15 | Bujes de sistema de elevación 1 | mm | 8 | 7,00 | 56,00 |
| 16 | Bujes de sistema de elevación 2 | mm | 4 | 7,00 | 28,00 |
| 17 | Bujes de sistema de elevación 3 | mm | 4 | 7,00 | 28,00 |
| 18 | Bujes de sistema de elevación 4 | mm | 2 | 7,00 | 14,00 |
| 19 | Base de Motorreductor | mm | 1 | 35,00 | 35,00 |
| 20 | Buje de tornillo gato mecánico | mm | 1 | 7,00 | 7,00 |
| Firma del responsable | | SUBTOTAL | | | |
| | | SUBTOTAL | | | |
| | | IMPUESTO | | | |
| | | IVA. | | | |
| Notas, Condiciones de venta | | COSTO ENVÍO | | | |
| Retiro del producto desde la empresa | | COSTO SEGURO | | | |
| | | OTROS | | | |
| | | TOTAL | | | 441,00 |

Anexo 46. Presupuesto TALLER DE MATRICERÍA NUEVA GENERACIÓN (sistema de elevación)

| | |
|---|--|
|  | <h3 style="margin: 0;">TALLER DE MATRICERÍA NUEVA GENERACION</h3> <p style="margin: 0;">Propietario: Tecn. Marco Quito Velecela Dirección: Río Palora 514 Teléfono: 075864504</p> |
|---|--|

| | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| PROYECTO PARA: | ENVÍO A: |
| Javier A. López Celi | Javier A. López Celi |
| Caupolican 209 y Yanahurco | Caupolican 209 y Yanahurco |
| Cuenca | Cuenca |
| Ecuador | Ecuador |
| +5932803173 / +593984484240 | +5932803173 / +593984484240 |

| | | | |
|---|--------------------|-----------------------|----|
| Detalles de producción: Sistema para elevar verticalmente al usuario | | | |
| P.O. Box # | NN | Modo de envío: | NN |
| Fecha P.O. Box: | NN | Términos de envío: | NN |
| Forma de pago: | Efectivo | Número de paquetes: | NN |
| Tipo de moneda: | Dólares americanos | Dimensiones paquetes: | NN |
| Términos de pago: | NN | Peso paquetes: | NN |
| Fecha / estado envío: | NN | Forma de envío: | NN |

| ITEM. | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|-------|---|--------|----------|-----------------|--------------|
| 1 | Soporte base sistema de elevación | mm | 1 | 10,00 | 12,00 |
| 2 | Soporte principal gato mecánico | mm | 1 | 12,00 | 8,00 |
| 3 | Brazo sistema de elevación | mm | 4 | 20,00 | 80,00 |
| 4 | Soporte base de sistema de elevación | mm | 1 | 10,00 | 10,00 |
| 5 | Pasador sistema de elevación 03 | mm | 2 | 5,00 | 10,00 |
| 6 | Pasador sistema de elevación 04 | mm | 4 | 6,00 | 24,00 |
| 7 | Pasador sistema de elevación 05 | mm | 1 | 5,00 | 5,00 |
| 8 | Base de tornillo de sistema de elevación 02 | mm | 1 | 22,00 | 22,00 |
| 9 | Soporte tornillo de sistema de elevación 02 | mm | 1 | 25,00 | 25,00 |
| 10 | Eje de sistema de levantamiento 02 | mm | 1 | 22,00 | 20,00 |
| 11 | Tuerca de eje de elevación | mm | 1 | 10,00 | 10,00 |
| 12 | Base soporte gato mecánico 01 | mm | 1 | 30,00 | 30,00 |
| 13 | Silla soporte gato mecánico 01 | mm | 1 | 20,00 | 20,00 |
| 14 | Buje de tornillo gato mecánico | mm | 1 | 20,00 | 20,00 |
| 15 | Bujes de sistema de elevación 1 | mm | 8 | 4,00 | 32,00 |
| 16 | Bujes de sistema de elevación 2 | mm | 4 | 4,00 | 16,00 |
| 17 | Bujes de sistema de elevación 3 | mm | 4 | 4,00 | 16,00 |
| 18 | Bujes de sistema de elevación 4 | mm | 2 | 4,00 | 8,00 |
| 19 | Base de Motorreductor | mm | 1 | 30,00 | 30,00 |
| 20 | Buje de tornillo gato mecánico | mm | 1 | 10,00 | 10,00 |

Firma del responsable

Notas. Condiciones de venta

Retiro del producto desde la empresa

SUBTOTAL
SUBTOTAL IMPUESTO
IVA.
COSTO ENVÍO
COSTO SEGURO
OTROS
TOTAL

| |
|--------|
| --- |
| --- |
| --- |
| --- |
| --- |
| --- |
| 410,00 |

Anexo 47. Presupuesto TALLER DE MATRICERÍA NUEVA GENERACIÓN (sistema sube veredas)

| | |
|--|---|
| | <p>TALLER DE MATRICERÍA NUEVA GENERACION Propietario: Tecn. Marco Quito Velecela Dirección: Río Palora 514 Teléfono: 075864504</p> |
|--|---|

| | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| PROYECTO PARA: | ENVÍO A: |
| Javier A. López Celi | Javier A. López Celi |
| Caupolican 209 y Yanahurco | Caupolican 209 y Yanahurco |
| Cuenca | Cuenca |
| Ecuador | Ecuador |
| +5932803173 / +593984484240 | +5932803173 / +593984484240 |

| | | | |
|---|--------------------|-----------------------|----|
| Detalles de producción: Sistema para subir veredas | | | |
| P.O. Box # | NN | Modo de envío: | NN |
| Fecha P.O. Box: | NN | Términos de envío: | NN |
| Forma de pago: | Efectivo | Número de paquetes: | NN |
| Tipo de moneda: | Dólares americanos | Dimensiones paquetes: | NN |
| Términos de pago: | NN | Peso paquetes: | NN |
| Fecha / estado envío: | NN | Forma de envío: | NN |

| ITEM. | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|-------|--|--------|----------|-----------------|--------------|
| 1 | Base de motores | mm | 1 | 60,00 | 60,00 |
| 2 | Central base de componentes mejora 01 | mm | 1 | 80,00 | 80,00 |
| 3 | Soporte rueda guía derecha | mm | 1 | 50,00 | 50,00 |
| 4 | Soporte rueda guía izquierda | mm | 1 | 50,00 | 50,00 |
| 5 | Conjunto soldado (soldar 4 anteriores) | mm | 1 | 30,00 | 30,00 |
| 6 | Manzana de rueda motriz | mm | 4 | 75,00 | 300,00 |
| 7 | Base batería central | mm | 4 | 10,00 | 40,00 |

| | | |
|--|------------------------|--------|
| Firma del responsable | SUBTOTAL | |
| | SUBTOTAL IMPUESTO IVA. | |
| Notas, Condiciones de venta Retiro del producto desde la empresa | COSTO ENVÍO | |
| | COSTO SEGURO | |
| | OTROS | |
| | TOTAL | 610,00 |

Anexo 48. Presupuesto Electro CRQ Cía. Ltda. (sistema sube veredas)

| | | | |
|--|---|--|------------------------------|
| Ubicación del producto: | Elctro CRQ Cía Ltda./ CUENCA/ Mariscal Sucre y Tomas Ordoñez Telefono: 2837042 Fax: 2837035 | Mapa: Sector centro histórico  | |
| Precio total: | \$44,99 U.S.D. | | |
| COSTO TARJETA DEL MÓDULO DEL CONTROL PRINCIPAL | | | |
| CANTIDAD | DETALLE | VALOR UNITARIO (\$ USD): | VALOR TOTAL (\$ USD): |
| 1 | Microcontrolador PIC 16F877A | 7,5 | 7,5 |
| 1 | Joystick 27800 | 12 | 12 |
| 1 | C.I. LM3914N | 3,75 | 3,75 |
| 1 | Cristal de 12 MHz | 0,65 | 0,65 |
| 2 | Potenciómetros de precisión 5Kohm y 2Kohm | 0,5 | 1 |
| 2 | Capacitores electrolíticos de 47uf/25V | 0,10 | 0,20 |
| 1 | Buzzer Activo 5V | 0,60 | 0,60 |
| 2 | Led's miniatura | 0,10 | 0,20 |
| 10 | Led's rectangulares | 0,06 | 0,60 |
| 1 | Transistor 2N3904 | 0,10 | 0,10 |
| 1 | Regulador de 12V | 0,45 | 0,45 |
| 1 | Fuente Conmutada de Voltaje DE-SW050 | 20,20 | 20,20 |
| 6 | Capacitores cerámicos 0.1uf | 0,09 | 0,54 |
| 2 | Capacitores cerámicos 22pf | 0,07 | 0,14 |
| 24 | Resistencias de 1/4W 10Kohm 1.2 K ohm 330 ohm | 0,02 | 0,48 |
| 1 | Receptor RF | 8,35 | 8,35 |
| COSTO CIRCUITO IMPRESO (PCB) | | | |
| 1 | Manufactura placa SMELEKTRONIK | 55,22 | 55,22 |
| 1 | Zócalo de 40 pines | 0,25 | 0,25 |
| 1 | Zócalo de 18 pines | 0,15 | 0,15 |
| 6 | Conectores POL 6P H-M POL 3P H-M POL 5P H-M POL 4P H-M | 0,80 | 4,80 |
| | Mano de obra | 35 | 35 |
| COSTO PARCIAL (\$ USD): | | | 152,18 |
| COSTO DE LA TARJETA DEL MÓDULO DE VISUALIZACIÓN | | | |
| 1 | Microcontrolador PIC 18F4620 | 8,85 | 8,85 |
| 1 | GLCD 128x64 | 23,50 | 23,50 |
| 1 | Cristal de 12 MHz | 0,60 | 0,60 |
| 1 | Potenciómetros de precisión 10Kohm | 0,45 | 0,45 |
| 1 | Buzzer Activo 5V | 0,60 | 0,60 |
| 1 | Transistor 2N3904 | 0,10 | 0,10 |
| 3 | Capacitores cerámicos 0.1uf | 0,09 | 0,27 |

ANEXOS

| | | | |
|--|--|--------|----------------|
| 2 | Capacitores cerámicos 22pf | 0,07 | 0,14 |
| 7 | Resistencias de 1/4W 10Kohm | 0,02 | 0,14 |
| 3 | Pulsador N.A | 0,25 | 0,75 |
| COSTO CIRCUITO IMPRESO (PCB) | | | |
| 1 | Baquelita 9x6.5 fibra blanca 2 lados | 3,45 | 3,45 |
| 1 | Cloruro férrico | 0,55 | 0,55 |
| 1 | Lamina transferible | 0,80 | 0,80 |
| 1 | Zócalo de 40 pines | 0,25 | 0,25 |
| 1 | Cable de 20 hilos 1m | 1,34 | 1,34 |
| 4 | Regleta espadines maquinado H-M | 0,70 | 2,80 |
| | Mano de obra | 30 | 30 |
| COSTO PARCIAL (\$ USD): | | | 74,59 |
| COSTO DE TARJETA DEL MÓDULO DE FUERZA | | | |
| 1 | Tarjeta ESC Sabertooth 2x50HV | 319,85 | 319,85 |
| 4 | Relés 12V y 24V | 0,85 | 3,40 |
| 1 | Relé de doble acción 24V | 6,20 | 6,20 |
| 1 | Porta relé | 1,50 | 1,50 |
| 5 | Diodos 1N4007 | 0,10 | 0,50 |
| 1 | Diodo de potencia 1N5406 | 0,20 | 0,20 |
| 1 | Transistor 2N3904 | 0,10 | 0,10 |
| 2 | Reguladores de voltaje 7812 | 0,40 | 0,80 |
| 4 | Capacitores cerámicos 0.1uf | 0,08 | 0,32 |
| 5 | Resistencias de 1/2W 330 ohm | 0,02 | 0,10 |
| 4 | Octoacoplador 4N25 | 1,25 | 5 |
| 2 | Finales de carrera | 0,80 | 1,60 |
| 1 | Interruptor 3ª | 1 | 1 |
| COSTO CIRCUITO IMPRESO (PCB) | | | |
| 1 | Baquelita 3x6.5 fibra blanca 1 lados | 1,50 | 1,50 |
| 1 | Cloruro férrico | 0,50 | 0,50 |
| 1 | Lamina transferible | 0,80 | 0,80 |
| | Mano de obra | 35 | 25 |
| COSTO PARCIAL (\$ USD): | | | 368,37 |
| COSTO CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS | | | |
| 1 | Materiales diversos: tornillos, cables ,aislantes etc. | | 30 |
| 1 | Armazón (módulo de visualización) Diseño, Acrílico, Fresado, Pintura, etc. | | 50 |
| 1 | Soporte izquierdo para acoplar al apoyabrazos | | 18 |
| 1 | Armazón (módulo de potencia) | | 20 |
| 1 | Selector de dos posiciones | | 17 |
| COSTO PARCIAL (\$ USD): | | | 135 |
| COSTO TOTAL DE CIRCUITOS Y ARMAZONES | | | |
| | | | |
| 2 | Tarjeta del módulo de control principal | 152,18 | 304,36 |
| 2 | Tarjeta del módulo de visualización | 74,59 | 149,18 |
| 2 | Tarjeta del módulo de potencia | 368,37 | 736,74 |
| 2 | Construcción de módulos | 135 | 270 |
| | Otros imprevistos | 30 | 30 |
| COSTO TOTAL (\$ USD): | | | 1490,28 |
| Fecha de revisión: 08/12/2013 | | | |