

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**“BASE DE ASIENTO MOTORIZADA PARA FACILITAR EL  
INGRESO Y SALIDA DE PERSONAS A VEHÍCULOS  
AUTOMOTORES”**

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

**AUTOR:  
ALEXANDER GUSTAVO POZO VALENZUELA**

**DIRECTOR:  
ING. CHRISTIAN RENAN VASQUEZ FALCONY**

**Ibarra, 2019**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0401681374		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Pozo Valenzuela Alexander Gustavo		
<b>DIRECCIÓN:</b>	La Victoria av. 17 de Julio		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:agpozov@utn.edu.ec">agpozov@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062977680	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0981603575

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	Base de asiento motorizada para facilitar el ingreso y salida de personas a vehículos automotores.
<b>AUTOR:</b>	Pozo Valenzuela Alexander Gustavo
<b>FECHA:</b>	07/04/2017
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Mecatrónica
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Christian Renan Vásquez Falcony

## 2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 16 días del mes de Julio del 2019

### EL AUTOR:



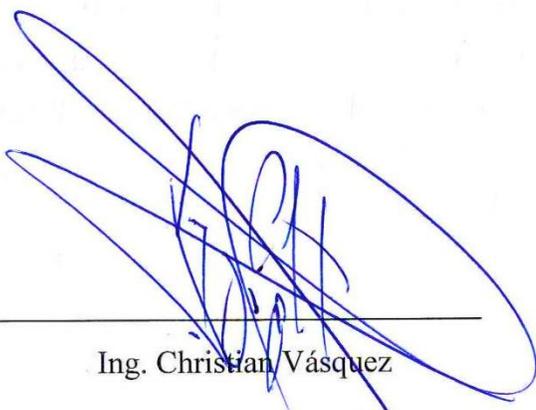
Firma

Nombre: Pozo Valenzuela Alexander Gustavo

Cédula: 0401681374

## CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: **“BASE DE ASIENTO MOTORIZADA PARA FACILITAR EL INGRESO Y SALIDA DE PERSONAS A VEHÍCULOS AUTOMOTORES”** certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Alexander Gustavo Pozo Valenzuela, bajo mi supervisión.



Ing. Christian Vásquez

DIRECTOR DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir y guiarme con su luz para poder cumplir esta meta tan importante para mí.

A mis padres Gustavo Pozo y Teresa Valenzuela, dos personas que amo mucho y que han sido mi ejemplo para salir adelante, por cada consejo, por cada regaño, por enseñarme a ser mejor cada día, por su amor y por ser mi apoyo incondicional.

A mis hermanos Jonathan y Ariel por creer en mí, a mis tías Carmen y Fabiola por apoyarme siempre.

A mi hermana María Paula, por ser mi inspiración y felicidad.

A mi compañera incondicional Sheerlay, gracias por estar en mis peores y mejores momentos siempre apoyándome para seguir adelante.

Al Ing. Christian Vásquez, director del Proyecto por guiarme con sus conocimientos para el desarrollo del trabajo de grado.

Gracias Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, a cada uno de mis profesores en todo el transcurso de mi carrera, por brindarme las herramientas para salir a la vida profesional y gracias a toda la Universidad Técnica del norte, mi segundo hogar.

Alexander Pozo

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, Gustavo y Teresa quienes siempre han sido mi mayor fortaleza, mi apoyo incondicional para ser lo que soy, por sembrar en mí principios, valores y virtudes, por brindarme una infancia llena de felicidad, por la formación que con mucho esfuerzo e ímpetu lograron inculcarme, por regalarme una familia maravillosa y por darme la lección más grande de vida que es la vida misma.

Alexander Pozo

## RESUMEN

El presente trabajo evidencia el diseño de una base de asiento motorizada con tres grados de libertad cuyo principal objetivo es facilitar el ingreso y salida de personas de la tercera edad o con discapacidad a los vehículos automotores.

La plataforma se ha diseñado para ser adaptada a un vehículo marca Chevrolet modelo Grand vitara 3 puertas.

Basándose en el vehículo seleccionado con sus respectivas medidas, se determinó requerimientos: ergonómicos, electrónicos y mecánicos bajo los cuales debe operar la base.

El acoplamiento mecánico se lo realizó seleccionando materiales resistentes, considerando la estabilidad y funcionalidad de la base y garantizando la seguridad al usuario.

El sistema de control permite la inclinación, desplazamiento y rotación del asiento para ingreso y salida de la persona, presionando un botón, precautelando la integridad del usuario en caso de acciones involuntarias.

## ABSTRACT

This project demonstrates the design of a motorized seat base with three degrees of freedom whose main objective is to facilitate the entry and exit of elderly or disabled people to motor vehicles.

The platform has been designed to be adapted to a Chevrolet vehicle model Grand Vitara 3 doors.

Based on the selected vehicle with its respective measurements, requirements were determined: ergonomic, electronic and mechanical under which the base should operate.

The mechanical coupling was done by selecting resistant materials, considering the stability and functionality of the base and guaranteeing user safety.

The control system allows the inclination, displacement and rotation of the seat for entry and exit of the persons, pressing a button, protecting the integrity of the user in case of involuntary actions.

## INDICE GENERAL

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA _____	II
CONSTANCIAS _____	III
CERTIFICACIÓN _____	IV
AGRADECIMIENTO _____	V
DEDICATORIA _____	VI
RESUMEN _____	VII
ABSTRACT _____	VIII
INDICE DE TABLAS _____	XI
INDICE DE FIGURAS _____	XIII
CAPÍTULO I _____	1
INTRODUCCIÓN _____	1
<i>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</i> _____	1
<i>OBJETIVO GENERAL</i> _____	2
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i> _____	2
<i>ANTECEDENTES</i> _____	2
<i>JUSTIFICACIÓN</i> _____	11
<i>ALCANCE.</i> _____	12
CAPÍTULO II _____	13
MARCO TEÓRICO _____	13
2.1 <i>Problema de las personas de ingreso y salida del vehículo.</i> _____	13
2.2 <i>La discapacidad.</i> _____	13
2.3 <i>Sistema de control</i> _____	15
2.4 <i>Motor eléctrico de corriente directa (DC)</i> _____	16
2.5 <i>Relé automotriz</i> _____	17

2.6	<i>Microcontrolador Atmega 328 PU.</i>	17
2.7	<i>Convertidor de voltaje Buck dc-dc Ajustable Step Down Lm2596</i>	18
2.8	<i>Modulo relé de 4 canales.</i>	18
2.9	<i>Sensor magnético.</i>	19
CAPÍTULO III		21
METODOLOGÍA		21
3.1	<i>Análisis del primer prototipo</i>	21
3.2	<i>Análisis de un asiento eléctrico estándar.</i>	21
3.3	<i>Primer prototipo.</i>	21
3.4	<i>Propuesta de solución.</i>	22
3.5	<i>Diseño mecánico</i>	22
3.6	<i>Diseño electrónico</i>	23
3.7	<i>Construcción y ensamblaje del sistema</i>	23
3.8	<i>Pruebas</i>	24
3.9	<i>Selección de materiales electrónicos</i>	24
CAPÍTULO IV		25
ANÁLISIS DE RESULTADOS		25
4.1	<i>Requerimientos</i>	25
4.2	<i>Sistema mecánico</i>	25
4.3	<i>Sistema electrónico y de control.</i>	29
4.4	<i>Análisis de Costos del Proyecto.</i>	45
4.5	<i>Pruebas de funcionamiento y validación</i>	47
CAPÍTULO V		49
5.1 CONCLUSIONES		49
5.2 RECOMENDACIONES		50
BIBLIOGRAFÍA		51
ANEXOS		54

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Aplicación de restricciones a posibles componentes de cambio de giro...</i>	32
<i>Tabla 2. Ponderación de criterios de componente de giro. ....</i>	32
<i>Tabla 3. Posibles componentes de cambio de giro respecto al criterio C1.....</i>	33
<i>Tabla 4. Posibles componentes de cambio de giro respecto al criterio C2.....</i>	33
<i>Tabla 5. Posibles componentes de cambio de giro respecto al criterio C3.....</i>	33
<i>Tabla 6. Posibles componentes de cambio de giro respecto al criterio C4.....</i>	33
<i>Tabla 7. Aplicación de restricciones a posibles componentes de programación. ...</i>	36
<i>Tabla 8. Ponderación de criterios de componentes de programación. ....</i>	36
<i>Tabla 9. Posibles componentes de programación respecto al criterio C1. ....</i>	37
<i>Tabla 10. Posibles componentes de programación respecto al criterio C2.....</i>	37
<i>Tabla 11. Posibles componentes de programación respecto al criterio C3.....</i>	37
<i>Tabla 12. Posibles componentes de programación respecto al criterio C4.....</i>	37
<i>Tabla 13. Ponderación final de componentes de programación. ....</i>	38
<i>Tabla 14. Aplicación de restricciones a Posible sensor. ....</i>	40
<i>Tabla 15. Ponderación de criterios de sensor.....</i>	41
<i>Tabla 16. Posible sensor respecto al criterio C1. ....</i>	41
<i>Tabla 17. Posible sensor respecto al criterio C2.....</i>	41
<i>Tabla 18. Posible sensor respecto al criterio C3.....</i>	41
<i>Tabla 19. Posible sensor respecto al criterio C4.....</i>	42
<i>Tabla 20. Ponderación final de sensores.....</i>	42
<i>Tabla 21. Medición del tiempo que se demoran en efectuarse los 3 movimientos..</i>	44

Tabla 22. Costos del acoplamiento mecánico. ....	45
Tabla 23. Costos de construcción del sistema de control. ....	46
Tabla 24. Costo total del proyecto .....	47
Tabla 25. Datos de pruebas de la base del asiento. ....	47
Tabla 26. Tabla de funcionamiento.....	48

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista en perspectiva de un furgón con la puerta abierta. (Patente n° US3236556 A, 1963). .....	3
Figura 2. Alzado lateral del asiento y las partes que lo montan de forma móvil. (Patente n US3236556 A, 1963). .....	4
Figura 3. Vista lateral de asiento del vehículo para minusválidos y ancianos (Patente n° US4600239 A, 1986). .....	5
Figura 4. Vista de un asiento dentro de un vehículo (USA Patente n° US5746465A, 1998). .....	6
Figura 5. Vista en perspectiva adicional del asiento pivotado 90 ° (USA Patente n° US5746465A, 1998). .....	7
Figura 6. Vista en planta de un ajustador de asiento eléctrico (Patente n° US005467957A). .....	8
Figura 7. Vista en planta de un ajustador de asiento eléctrico (Patente n° US005467957A). .....	8
Figura 8. Vista en perspectiva despiezada que muestra una construcción de asiento eléctrico (Patente n° US20030141737A1) .....	9
Figura 9. Vista en perspectiva que utiliza una unidad de tuerca (US20030141737A1). .....	10
Figura 10. Parte superior de base de asiento. (Sanipatín, 2017) .....	10
Figura 11. Parte inferior de la base de asiento. (Sanipatín, 2017) .....	11
Figura 12. Sistema de control en lazo cerrado (Suarez, 2007). .....	16
Figura 13. Motor de corriente directa. (AliExpress, 2017). .....	16
Figura 14. Relé automotriz (Omega, 2019). .....	17

Figura 15. Microcontrolador Atmega 328 PU (Electronilab, 2017). .....	18
Figura 16. Convertidor de voltaje Buck dc-dc (Electronics, 2019). .....	18
Figura 17. Módulo relé de 4 canales (Mechatronics, 2014). .....	19
Figura 18. Sensor magnético (Samsung, 2018). .....	20
Figura 19. Base de asiento del auto Jeep Cherokee. ....	25
Figura 20. Sistema de giro. ....	26
Figura 21. Modificación de diseño del sistema de giro. ....	26
Figura 22. Sistema de giro modificado acoplado a la base de asiento comercial. ...	27
Figura 23. Base de asiento acoplado. ....	27
Figura 24. Mantenimiento de la plancha de acero .....	28
Figura 25. Base de asiento pintada. ....	28
<i>Figura 26. Base de asiento acoplada al auto. ....</i>	<i>29</i>
Figura 27. Base de asiento instalada en el vehículo. ....	29
<i>Figura 28. Puente H. (Mecafenix, 2017). ....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 29. Cambio de giro de motor con relay. (Ospina, 2010). ....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 30. Atmega 328 PU (Artekit, 2017). ....</i>	<i>35</i>
Figura 31. pic16f628a (Salazar, 2012). ....	35
Figura 32. Sensor magnético (Samsung, 2018) .....	39
Figura 33. Final de carrera (NOVELEC, 2018). ....	39
Figura 34. Diagrama esquemático del circuito diseñado .....	43
Figura 35. Esquema board del circuito diseñado. ....	43
Figura 36. Circuito eléctrico ensamblado. ....	45

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Uno de los medios de transporte más utilizados es el automóvil, pero estos están equipados con asientos manuales y eléctricos con movilidad limitada, afectando de esta manera a la población de la tercera edad y/o con discapacidad, debido al grado de dificultad que ocasiona, ingresar o salir del vehículo.

En Ecuador existe un grupo extenso de personas con discapacidad física, según los resultados obtenidos en el censo realizado por el Ministerio de Salud Pública en noviembre de 2018, indica que a nivel nacional existe 211,061 personas con discapacidad, de estas cifras en Imbabura 5,151 y en el cantón Ibarra 2,636 (CONADIS, 2018).

Suelen presentarse muchos inconvenientes para el personal encargado de realizar la movilización y traslado de la persona, al ingreso o salida del vehículo, dependiendo de diversos factores como el peso, tamaño o condición de la persona trasladada, por el incorrecto manejo el peso o posición no adecuada al momento de realizar dichas acciones a largo o corto plazo puede ocasionar que el auxiliar sufra afecciones en su salud.

Bajo estas razones se plantea realizar una base de asiento motorizada para facilitar el ingreso y salida de personas a vehículos automotores la cual consiste en emplear 3

grados de libertad los cuales permitan al usuario inclinar el asiento, desplazarse linealmente y girar 90 grados quedando en posición hacia fuera del auto, facilitando la movilización del individuo y disminuyendo el esfuerzo físico realizado por el encargado de subir o bajar a la persona del vehículo.

### **OBJETIVO GENERAL**

Construir una base de asiento motorizada para facilitar el ingreso y salida de personas a vehículos automotores.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

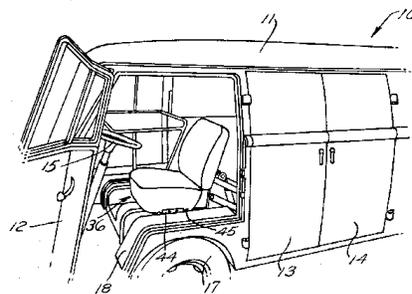
- Determinar las especificaciones del sistema a diseñar.
- Diseñar el sistema mecánico de la base del asiento.
- Diseñar el sistema de control del asiento.
- Implementar el sistema diseñado.
- Validar el sistema construido.

### **ANTECEDENTES**

La fuerza motriz en las personas de la tercera edad es limitada en sus extremidades inferiores, debido a que su movimiento va disminuyendo conforme pasa el tiempo, dificultándoles realizar sus actividades diarias, al igual que las personas con algún tipo de discapacidad.

Habitualmente se puede observar personas de la tercera edad siendo asistidas al sentarse o levantarse de cualquier tipo de auto, obligando a este sector de la población a ser dependientes de otras personas al momento de trasladarse en un vehículo.

En 1963 aparece una de las primeras patentes relacionadas con los sistemas de bases de asientos motorizadas para vehículos automotores de la mano de Paul A. Lathers, quien presentó un asiento movible para vehículo automotor (Figura 1) (USA Patente nº US3236556A, 1963) capaz de proporcionar un asiento que pueda subirse, bajarse o girar a cualquier posición dentro del camión o fuera del camión a través de la puerta del mismo para que una persona con discapacidad pueda entrar o salir del camión o moverse mientras está sentado en cualquier posición en el camión para realizar tareas con las que está equipado el camión (Figura 2) (USA Patente nº US3236556A, 1963)



*Figura 1. Vista en perspectiva de un furgón con la puerta abierta. (Patente nº US3236556 A, 1963).*

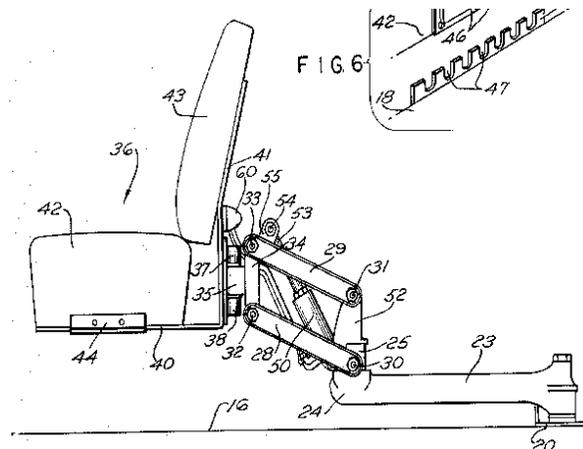
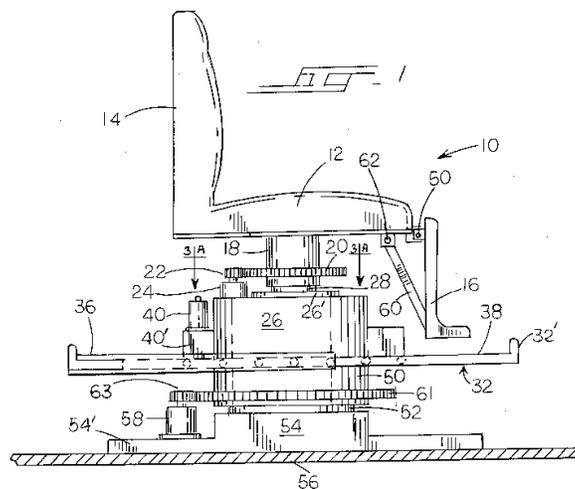


Figura 2. Alzado lateral del asiento y las partes que lo montan de forma móvil.

(Patente n US3236556 A, 1963).

El 15 de julio de 1986, Milton S. Gerstein y Rosemarie R. Kraft presentan el diseño de un asiento vehicular para minusválidos y ancianos que se acomoda fácilmente en cualquier tipo de vehículo convencional, como automóvil, furgoneta, autobús y similares. El asiento del vehículo tiene tres grados de libertad de movimiento (Figura 3) (USA Patente nº US3236556 A, 1986) el primer grado es uno rotatorio en un plano horizontal sobre un eje vertical de rotación desplazable, el segundo es rectilíneo en un plano horizontal, y el tercero es rotatorio en un plano horizontal plano sobre un eje rotativo vertical fijo. Los tres grados de libertad permiten la colocación angular del asiento en relación con la puerta entreabierta, a fin de garantizar una interferencia mínima entre la persona que se está sentando y el marco y la puerta entreabierta del vehículo.



*Figura 3. Vista lateral de asiento del vehículo para minusválidos y ancianos (Patente n° US4600239 A, 1986).*

El 5 de mayo de 1998, David L. Jones y George L. Drenner, presentan el diseño de un método y aparato para mover a una persona físicamente discapacitada hacia y desde un puesto de conducción dentro de un vehículo. Se proporcionan un método y un aparato para transferir a una persona con discapacidad física a través de la abertura de la puerta del lado del conductor del vehículo hacia y desde una posición de conducción detrás del volante del vehículo. El método y el aparato contemplan el uso de un conjunto de asiento (Figura 4) (USA Patente n° US5746465A, 1998), que incluye un asiento que tiene un respaldo, un bastidor de asiento y medios de elevación para levantar y bajar el asiento con relación al bastidor de asiento. Un conjunto de bisagra está montado dentro del vehículo para pivotar el conjunto de asiento alrededor de un eje vertical y soporta el peso del conjunto de asiento. El medio de elevación es deslizable con relación al conjunto de bisagra. Los medios accionados están montados en un piso dentro del vehículo para girar el conjunto de asiento a través del conjunto de bisagra entre una posición orientada hacia afuera (Figura 5) (USA Patente

n° US5746465A, 1998), en donde el asiento elevador es levantado o bajado por los medios de elevación fuera del vehículo, y una posición intermedia orientada hacia adelante dentro del vehículo. Los medios accionados también proporcionan un movimiento lateral del conjunto de asiento entre la posición intermedia orientada hacia delante y una posición de conducción detrás del volante del vehículo.

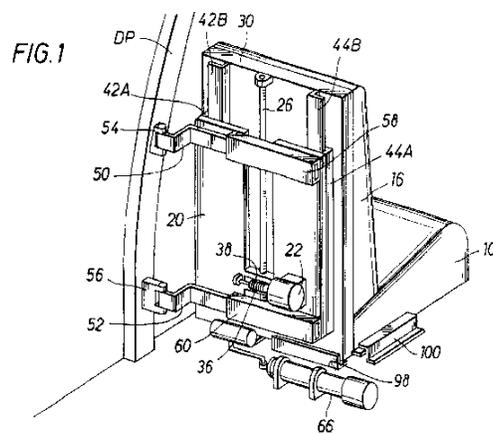
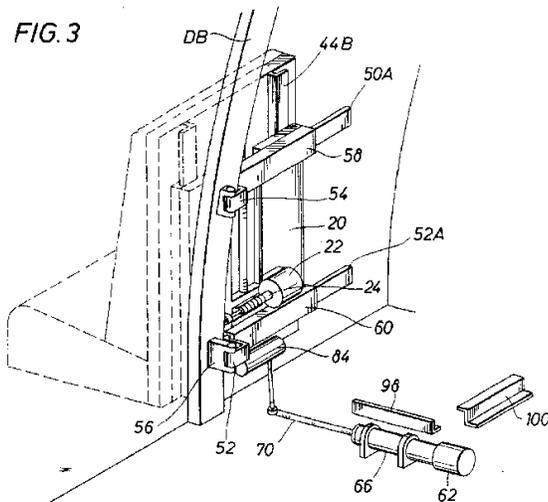


Figura 4. Vista de un asiento dentro de un vehículo (USA Patente n° US5746465A, 1998).

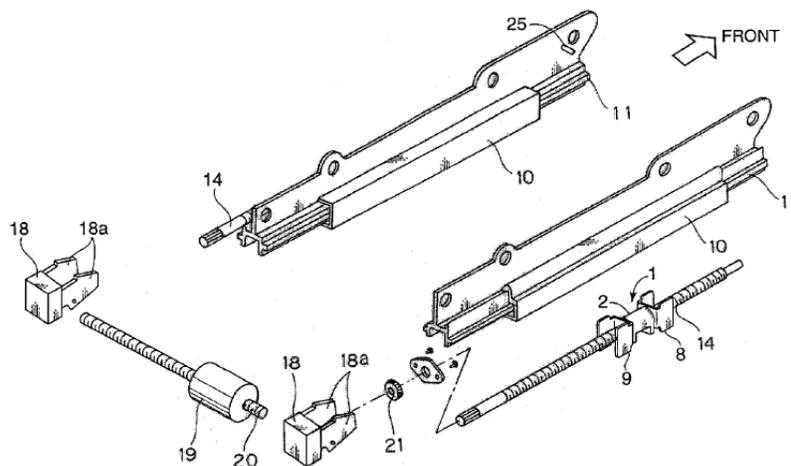


*Figura 5. Vista en perspectiva adicional del asiento pivotado 90 ° (USA Patente n° US5746465A, 1998).*

El 21 de noviembre de 1993, Derek K. Gauger, presenta el diseño de un ajustador de asiento eléctrico que incluye un eje de transmisión giratorio con extremos axiales. Los primeros y segundos extremos axiales (Figura 6) (USA Patente n° US005467957A, 1993) están conectados axialmente a un conjunto de engranaje del motor de accionamiento y un tornillo de avance accionado. Un bloque de accionamiento horizontal que se enrosca en forma roscada en el tornillo de avance está montado de manera giratoria y verticalmente traducida en una abertura en una pista inferior para la auto alineación del bloque de accionamiento con respecto al tornillo de avance. Un alojamiento recibe rotativamente la conexión axial entre un extremo del eje de transmisión y el tornillo de avance. La tuerca de accionamiento está montada de forma giratoria y traducible en un soporte fijado a una guía superior para la auto alineación del eje de accionamiento con el tornillo de avance. Un bloque de accionamiento engancha el tornillo de avance y se monta para rotación y traslación en un enlace (Figura 7) (USA Patente n° US005467957A, 1993). Las pistas superior e inferior tienen una sección de



fija a uno de los canales superior y el canal inferior (Figura 8) (USA Patente n° US 2003O141737A1, 2013) pasando un eje del conductor a través de la unidad de tuerca, un motor montado en el otro del canal superior y el canal inferior, una unidad de transmisión para transmitir un par del motor al eje del motor. La unidad de tuercas incluye un bloque de tuercas que tiene un orificio interno roscado (Figura 9) (USA Patente n° US 2003O141737A1, 2013) a través del cual pasa el eje del conductor, un soporte que tiene una pared vertical delantera, una pared vertical trasera y una porción de acoplamiento que une la pared vertical delantera y la pared vertical trasera para sujetar el bloque de tuercas, cada una de la pared vertical delantera y la pared vertical trasera con paredes contrafuertes que se proyectan hacia afuera.



*Figura 8. Vista en perspectiva despiezada que muestra una construcción de asiento eléctrico (Patente n° US20030141737A1)*

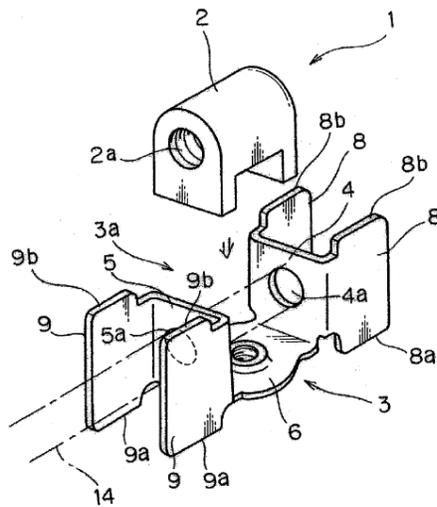


Figura 9. Vista en perspectiva que utiliza una unidad de tuerca (US20030141737A1).

El 26 de julio del 2017, Mary Anaís Sanipatín Collaguazo, presenta el diseño de una base de asiento automatizada para el ingreso y salida a vehículos automotores de personas que sufren de paraplejía como se observa en la Figura 10 y en la Figura 11 (Sanipatín, 2017). Se presenta la construcción de una plataforma con dos grados de libertad que permite automatizar el movimiento del asiento de pasajero de un vehículo estándar. El sistema tiene por objetivo facilitar el ingreso y salida, desde la silla de rueda al vehículo y viceversa, a personas que sufren discapacidades físicas como paraplejía.

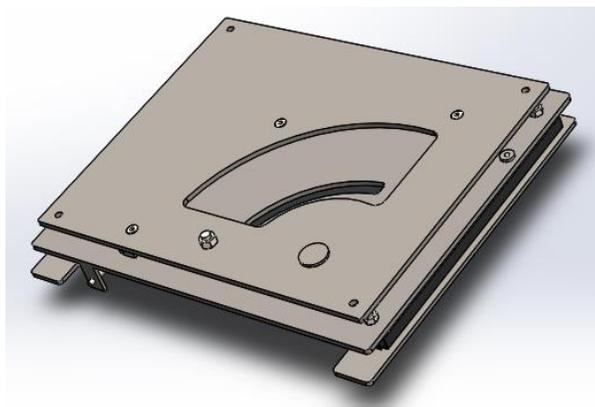
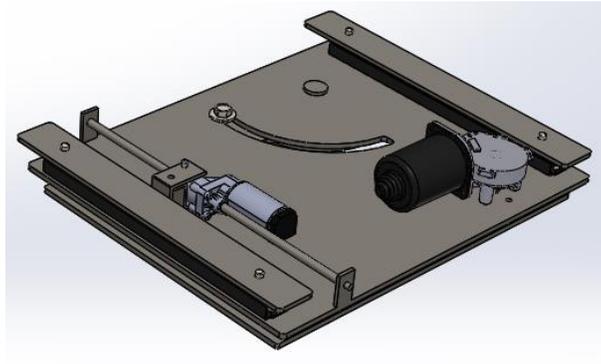


Figura 10. Parte superior de base de asiento. (Sanipatín, 2017)



*Figura 11. Parte inferior de la base de asiento. (Sanipatín, 2017)*

## **JUSTIFICACIÓN**

El primer prototipo de base de asiento requiere de la implementación de un grado más de libertad a los dos ya existentes para así mejorar su funcionalidad e impacto social.

Hoy en día existen diversos mecanismos que ayudan a que a las personas que padecen de algún tipo de limitación física sea discapacidad o adultos mayores se les facilite realizar sus actividades cotidianas y no sentirse completamente dependientes de terceros permitiendo su inclusión en la sociedad.

Los avances tecnológicos han marcado un antes y un después en la vida de este sector de la población, es por tal motivo que con el presente proyecto se pretende mejorar la calidad de vida de muchas personas de la tercera edad o con discapacidad a la hora de ingresar o salir de un vehículo sin poner en riesgo su integridad y de la persona que lo asiste.

**ALCANCE.**

Este trabajo consistirá en aumentar un grado de libertad de rotación a una base motorizada para el asiento del vehículo, que será controlada. Mediante el accionamiento del botón, el asiento se inclinará automáticamente, se desplazará hacia adelante, luego girará 90 grados e incorporará a su posición horizontal hacia la parte de afuera del vehículo lo cual permite que las personas puedan incorporarse al auto o salir del mismo de una forma más cómoda. El sistema puede ser usado indistintamente por usuarios que sufren paraplejia o aquellas que por su avanzada edad o alguna otra discapacidad física se le dificulte el acceso al vehículo.

En un asiento de tipo comercial eléctrico, se implementará el sistema considerando en la que cuenta con las características del sistema mecánico necesarias para la funcionalidad del dispositivo, según las medidas antropométricas de la población latinoamericana, que de acuerdo con las investigaciones realizadas por la Universidad Autónoma de México señala que el peso promedio corporal es de 86 kg aproximadamente (Lafragua, 2012). La validación se realizará en un vehículo particular.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Problema de las personas de ingreso y salida del vehículo.**

Una de las limitaciones principales que deben hacer frente las personas mayores es la reducción de su movilidad. La vejez ocasiona en el ser humano la pérdida de su capacidad motora de manera prolongada, afectando significativamente la realización de sus actividades diarias.

Lo que parece una cuestión lógica, resulta en muchos casos un tema que no se tiene suficientemente en cuenta pues se da por sentado que dicha disminución de las propias capacidades es una evidente consecuencia del envejecimiento (Wayalia, 2017).

Para las personas de la tercera edad el uso del vehículo particular conlleva una serie de dificultades que aumentan con la edad. Uno de los principales problemas que encuentran las personas mayores es la entrada/salida del vehículo debido a la disminución de sus capacidades funcionales (CEAPAT, 2012).

#### **2.2 La discapacidad.**

La discapacidad es la deficiencia en la persona y con una repercusión directa en su capacidad de realizar actividades en los términos considerados normales para cualquier sujeto de sus características tanto como edad, género, etc. (Egea & Sarabia, 2001).

Una discapacidad es toda restricción o ausencia (debida a una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano (Egea, Artículos y notas, 2011).

### ***2.2.1 Problemas de las personas con discapacidad al momento de ingresar y salir de un auto.***

Un sector importante de la población que requiere atención por parte de la sociedad y particularmente de la ingeniería, son las personas con discapacidad motriz.

Estas personas necesitan de un medio de ayuda para ingresar y salir del vehículo de manera cómoda y segura, es necesaria la implementación de algún mecanismo, aparato o sistema que les brinde apoyo para el desempeño de actividades a la hora de transportarse en un auto (Apipilhuasco, 2010).

### ***2.2.2 Estadística Ecuatoriana de discapacidad***

En Ecuador existe un grupo extenso de personas con discapacidad física, según los resultados obtenidos en el censo realizado por el Ministerio de Salud Pública en noviembre de 2018, indica que a nivel nacional existe 211,061 discapacitados; de estas cifras en Imbabura 5,151 y en el cantón Ibarra 2,636 (CONADIS, 2018).

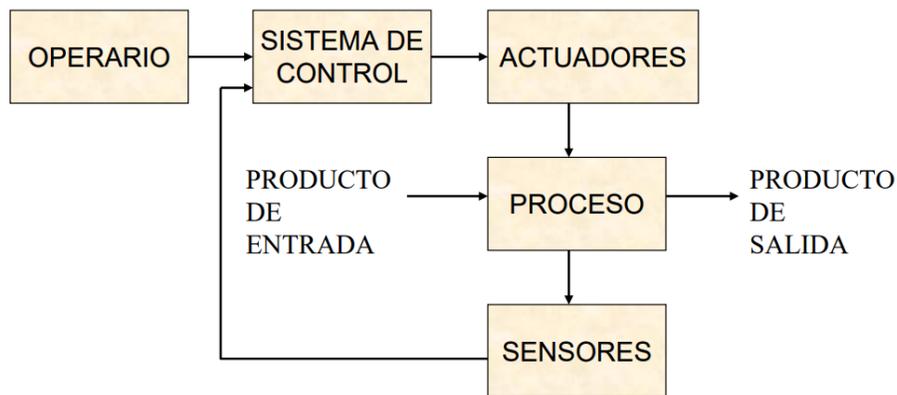
## **2.3 Sistema de control**

Es un sistema que se realiza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema y mediante la manipulación de las variables de control, conseguir un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen los valores prefijados (consigna).

### ***2.3.1 Sistema de control en lazo cerrado***

En este sistema la acción de control depende de la salida; utiliza un sensor que detecta la respuesta real para compararla con una referencia a manera de entrada (Hernández Gaviño, 2010).

En un sistema de control de lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación, con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema. (Figura 12) (Ogata, 2010).



*Figura 12. Sistema de control en lazo cerrado (Suarez, 2007).*

#### **2.4 Motor eléctrico de corriente directa (DC)**

Es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica el cual se aprecia en la figura 13, la acción se desarrolla introduciendo una corriente en la máquina por medio de una fuerza externa, que interacciona con el campo produciendo un movimiento de la máquina; aparece entonces una fuerza contra electromotriz inducida que se opone a la corriente. En consecuencia, el motor necesita una energía eléctrica de entrada para producir la energía mecánica correspondiente (Sánchez, 2010).



*Figura 13. Motor de corriente directa. (AliExpress, 2017).*

## 2.5 Relé automotriz

Es un relevador que se utiliza para no sobrecargar interruptores o cables ya que los relés normales permiten trabajar hasta 10 A de corriente y se necesitará trabajar a mayor corriente. Se utilizará estos relés para operar componentes de alto consumo de corriente logrando así minimizar riesgos de corto circuitos y reduciendo el tamaño de cableado a utilizar como se aprecia en la figura 14 (Omega, 2019).



Figura 14. Relé automotriz (Omega, 2019).

## 2.6 Microcontrolador Atmega 328 PU.

Es un integrado precargado con el gestor de arranque para el Arduino Uno. Permite utilizar el código de Arduino en el proyecto, tiene un *bootloader* que es un gestor de arranque que facilitará cargar infinidad de programas diseñados para la placa de “Arduino Uno” a éste integrado (Figura 15) (Electronilab, 2017).

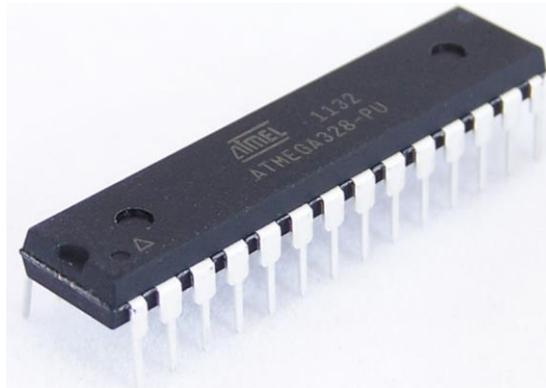


Figura 15. Microcontrolador Atmega 328 PU (Electronilab, 2017).

### 2.7 Convertidor de voltaje *Buck dc-dc Ajustable Step Down Lm2596*

Este módulo permite regular un voltaje a partir de una fuente, por ejemplo, si se tiene una fuente de 12 v se la regulará a 5 v, 3.3 v, 2 v, etc. Consta de un regulador *Step Down LM2596* que es un circuito integrado monolítico adecuado para el diseño fácil y conveniente de una fuente de conmutación tipo *Buck* como se aprecia en la figura 16 (Electronics, 2019).

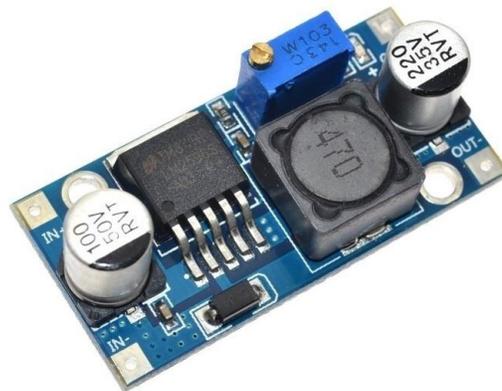


Figura 16. Convertidor de voltaje Buck dc-dc (Electronics, 2019).

### 2.8 Modulo relé de 4 canales.

Es una tarjeta de relés opto acoplada (figura 17), incluye 4 canales para ser controlados en forma remota. Este dispositivo permite controlar cargas de alto

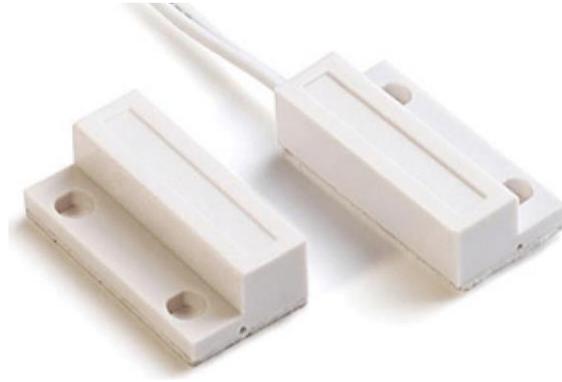
voltaje y corriente con una señal pequeña. Su diseño facilita el trabajo con Arduino, activa la salida normalmente abierta al recibir un “0” lógico (0 voltios) y desactiva la salida con un “1” lógico (5 voltios) (Mechatronics, 2014).



*Figura 17. Módulo relé de 4 canales (Mechatronics, 2014).*

## **2.9 Sensor magnético.**

Este tipo de sensores se utilizan para detectar los campos magnéticos que provocan los imanes o las corrientes eléctricas. El chip sensor detecta los cambios en el vector magnético para la detección del comportamiento de un cuerpo magnético basado en una variación de un valor de resistencia del magneto con elemento resistivo cuando se pueda ejercer el vector magnético que es causado por el imán en cooperación con el magnetismo del cuerpo que está en movimiento en la proximidad del chip sensor como se aprecia en la figura 18 (Samsung, 2018).



*Figura 18. Sensor magnético (Samsung, 2018).*

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

En este capítulo se detallará el procedimiento a seguir para el desarrollo del prototipo.

#### **3.1 Análisis del primer prototipo**

Lo primero a realizar es un análisis y estudio del primer prototipo construido para tomar como guía el sistema de giro implementado, tomando en cuenta los parámetros del dispositivo, costos, características de construcción y alcance.

#### **3.2 Análisis de un asiento eléctrico estándar.**

Se analizará el sistema ya implementado en el asiento comercial que consta de 2 grados de libertad los cuales son de desplazamiento e inclinación.

El sistema consta de 3 motores eléctricos, de los cuales 2 están destinados para inclinar la parte frontal y el otro motor permite el desplazamiento lineal del asiento, controlados por un interruptor eléctrico.

#### **3.3 Primer prototipo.**

Se tomará en cuenta los parámetros importantes del trabajo de grado titulado “Base de asiento automatizada para el ingreso y salida a vehículos automotores de personas que sufren de paraplejía” (Sanipatín, 2017).

### **3.4 Propuesta de solución.**

Se adaptará el diseño ya elaborado del sistema de giro del primer prototipo de Sanipatín (Sanipatín, 2017), al cual se le modificará su diseño de construcción para encajar en el asiento eléctrico comercial de un auto Jeep marca *Cherokee*, teniendo en cuenta los parámetros de diseño y construcción de los dispositivos anteriores.

Se plantea agrupar los 3 grados de libertad en el asiento para realizar el sistema de control y que la base se incline, desplace linealmente y rote 90 grados dejando al usuario en posición hacia fuera del vehículo tan solo con aplastar un botón ubicado al alcance del usuario; se implementó un mando manual que permitirá que el asiento se incline y desplace al estar la puerta del vehículo totalmente cerrada, por motivo de integridad del usuario el sistema automático no funcionará mientras la puerta no esté completamente abierta.

Al realizar los 3 movimientos de la base se cumplirá con los requerimientos necesarios para facilitar la movilidad, la comodidad y seguridad de la persona que lo utilice, logrando evitar el choque de las piernas con el panel frontal del auto; desde el punto de vista social y tecnológico el proyecto planteado brindará una forma más eficiente de traslado del usuario al subir o bajar del vehículo.

### **3.5 Diseño mecánico**

Basándose en los datos antropométricos y teniendo en cuenta los cálculos realizados del prototipo inicial, se realizará el acople del sistema de giro en el sistema de inclinación y desplazamiento del asiento comercial del auto Jeep, siendo los dos

mecanismos fabricados y contruidos con todos los parámetros de seguridad necesarios considerando puntos críticos, tensión máxima y factor de seguridad, cumplirá con los requerimientos de funcionalidad del presente proyecto.

### **3.6 Diseño electrónico**

El sistema electrónico consistirá en la selección del microcontrolador para realizar la programación y así lograr que, al presionar un solo botón, los 3 grados de libertad funcionen secuencialmente.

Se utilizará un sensor magnético, el cual bloqueará el funcionamiento del sistema al estar la puerta del auto completamente cerrada, por seguridad del usuario.

La alimentación de todo el prototipo se abastecerá del mismo auto, se fabricará una placa independiente en la que se colocarán todos los componentes electrónicos brindando una mejor interacción entre el mecanismo y la persona que lo utilice.

### **3.7 Construcción y ensamblaje del sistema**

Terminado el diseño, se llevará a cabo la elaboración de los planos electrónicos que permitirán proceder a la elaboración de la placa de control.

Posterior a esto se comprará las piezas para la parte electrónica, acoplando todo esto en el prototipo y verificando que el funcionamiento de los 3 sistemas a controlar sea el adecuado.

### **3.8 Pruebas**

Para validar el correcto funcionamiento del prototipo se procederá a sentar a una persona sobre el asiento del vehículo, el sistema se activará al abrir la puerta del auto, al presionar un botón el asiento se inclina, desplaza, gira y regresa a la posición horizontal quedando en posición hacia afuera del vehículo para permitir el ingreso del usuario, estando instalada la persona, se presionará el mismo botón y el asiento se inclinará, regresará los 90 grados de giro y se desplazará linealmente en retroceso hacia su posición inicial logrando con esto hacer más agradable su ingreso-salida del automotor.

Para verificar su correcta funcionalidad se procederá a realizar pruebas en el cual se verificará que los 3 mecanismos existentes interaccionen perfectamente con el sistema de control y así cumplan todos los objetivos planteados.

### **3.9 Selección de materiales electrónicos**

Tomando en cuenta los requerimientos necesarios en cuanto a materiales y elementos a utilizar, se planteó diferentes propuestas de solución aplicando la metodología de selección de materiales con base en criterios y restricciones de Nelson Vílchez (Vílchez, 2003).

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Requerimientos

Se acoplaron los 3 sistemas de movilidad en la base del asiento para un auto Grand Vitara 3p marca Chevrolet, la inclinación y desplazamiento del asiento eléctrico del Cherokee y el sistema de giro del primer prototipo, permitiendo la inclinación, desplazamiento y giro del mecanismo tan solo al presionar un botón, ubicado en un lugar estratégico a la vista y fácil manipulación del usuario.

#### 4.2 Sistema mecánico

La base fue acoplada de acuerdo al espacio geométrico del auto Grand Vitara 3p marca Chevrolet debido a la disponibilidad del vehículo.

Primero, se extrajo el mecanismo del asiento eléctrico comercial de un auto Jeep marca Cherokee (figura 19).



*Figura 19. Base de asiento del auto Jeep Cherokee.*

Para acoplar el sistema de giro a la base del asiento comercial, se modificó la geometría inicial del primer prototipo (Figura 20), realizando cortes de la plancha como se observa en la figura 21.



*Figura 20. Sistema de giro.*



*Figura 21. Modificación de diseño del sistema de giro.*

La finalidad de la modificación del diseño es para que las medidas geométricas permitan acoplar las de la base del asiento comercial, y el sistema de giro del prototipo inicial, obteniendo el sistema completo como se aprecia en la figura 22.



*Figura 22. Sistema de giro modificado acoplado a la base de asiento comercial.*

Se acoplaron los 2 mecanismos en uno solo obteniendo así un sistema compacto con 3 grados de libertad sin provocar fallas de movilidad ni puntos inestables (figura 23).



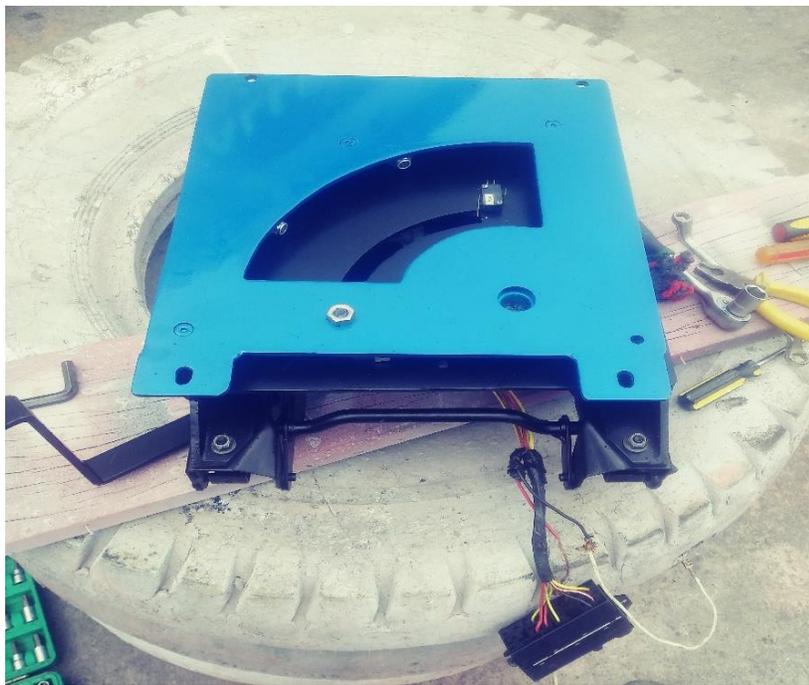
**Acoplamiento de los  
2 sistemas mediante 2  
ángulos en cada  
extremo de la base.**

*Figura 23. Base de asiento acoplado.*

Se realizó el mantenimiento de pintura por motivo de corrosión y apariencia del mecanismo como se aprecia en la figura 24 y en la figura 25.



*Figura 24. Mantenimiento de la plancha de acero*



*Figura 25. Base de asiento pintada.*

Se acopló la base de asiento al vehículo Grand Vitara 3p marca Chevrolet considerando su diseño geométrico previo al acople del asiento como se aprecia en la figura 26 y en la figura 27.



*Figura 26. Base de asiento acoplada al auto.*



**Asiento ubicado  
en el auto.**

**Base del asiento  
fijada al asiento  
y al auto.**

*Figura 27. Base de asiento instalada en el vehículo.*

#### **4.3 Sistema electrónico y de control.**

El diseño del sistema de control está conformado por diferentes materiales de los cuales se realizará el análisis comparativo para encontrar los elementos óptimos que pasaran a formar parte del circuito.

### **4.3.1 Selección de componentes para el circuito**

#### **Componentes para el cambio de giro de los motores.**

##### **Criterios**

- C1: Vida útil
- C2: Disponibilidad en el mercado
- C3: Mayor facilidad de uso
- C4: Menor riesgo de falla

##### **Restricciones**

- R1: Costo económico
- R2: Alimentación máxima de 12 V
- R3: Tamaño compacto

#### **POSIBLES SOLUCIONES**

A continuación, se proponen dos materiales distintos que cumplan en lo posible las restricciones impuestas.

#### **NOMENCLATURA**

**(PCG)**->Posible componente de giro

**(PH)** ->Puente H

**(R)** ->Relay Automotriz

**(PH)**: Un puente H se construye con 4 interruptores, cuando los interruptores están cerrados se aplica una tensión haciendo girar el motor en un sentido. Abriendo los interruptores el voltaje se invierte, permitiendo el giro en sentido inverso del motor como se muestra en la figura 28 (Mecafenix, 2017).

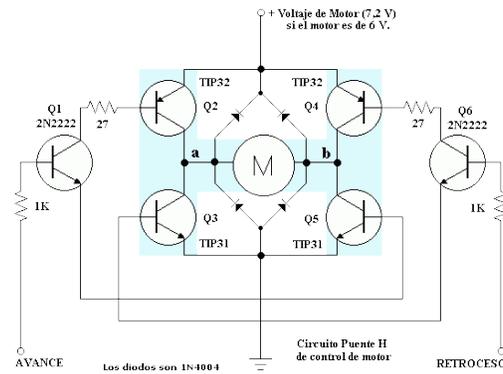


Figura 28. Puente H. (Mecafenix, 2017)

**(R):** La segunda opción consta de un relay automotriz, es un interruptor electromecánico, tiene un imán en las placas de contacto y una bobina, con el paso de corriente por la bobina funciona como un electroimán atrayendo las placas de contacto, activando el Switch (Figura 29) (Ospina, 2010).

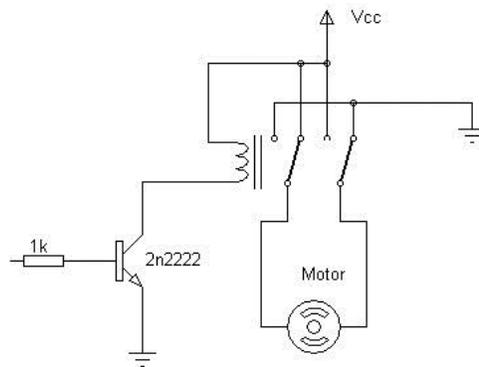


Figura 29. Cambio de giro de motor con relay. (Ospina, 2010).

## APLICACIÓN DE RESTRICCIONES A POSIBLES SOLUCIONES

Se determinará si cada uno de los componentes propuestos cumple con las restricciones impuestas.

*Tabla 1. Aplicación de restricciones a posibles componentes de cambio de giro.*

	<b>(PH)</b>	<b>(R)</b>
<b>R1</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>R2</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>R3</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>

Todas las soluciones cumplen con las restricciones impuestas.

(PH)1 Se convierte en la solución Sg1

(R)2 Se convierte en la solución Sg2

### **PONDERACIÓN DE CRITERIOS**

Se realiza una comparación entre cada uno de los criterios, se anota el más importante; el número de veces que se repita es el grado de importancia de cada criterio.

*Tabla 2. Ponderación de criterios de componente de giro.*

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>Nro. de veces</b>	<b>PCX</b>
<b>C1</b>					<b>0</b>	<b>1</b>
<b>C2</b>	<b>C2</b>				<b>3</b>	<b>4</b>
<b>C3</b>	<b>C3</b>	<b>C2</b>	<b>C1</b>	<b>C1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>C4</b>	<b>C4</b>	<b>C2</b>	<b>C4</b>	<b>C1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Orden de importancia</b>	<b>4°</b>	<b>1°</b>	<b>3°</b>	<b>2°</b>		

*Tabla 3. Posibles componentes de cambio de giro respecto al criterio C1.*

<b>C1</b>	<b>Sg1</b>	<b>Sg2</b>	<b>Nro. De Veces</b>	<b>PX</b>
<b>Sg1</b>			<b>1</b>	<b>P11=2</b>
<b>Sg2</b>	<b>Sg1</b>		<b>0</b>	<b>P12=1</b>
	<b>1°</b>	<b>2°</b>		

*Tabla 4. Posibles componentes de cambio de giro respecto al criterio C2.*

<b>C2</b>	<b>Sg1</b>	<b>Sg2</b>	<b>Nro. De veces</b>	<b>PX</b>
<b>Sg1</b>			<b>0</b>	<b>P21=1</b>
<b>Sg2</b>	<b>Sg2</b>		<b>1</b>	<b>P22=2</b>
	<b>2°</b>	<b>1°</b>		

*Tabla 5. Posibles componentes de cambio de giro respecto al criterio C3.*

<b>C3</b>	<b>Sg1</b>	<b>Sg2</b>	<b>Nro. De Veces</b>	<b>PX</b>
<b>Sg1</b>			<b>0</b>	<b>P31=1</b>
<b>Sg2</b>	<b>Sg2</b>		<b>1</b>	<b>P32=2</b>
	<b>2°</b>	<b>1°</b>		

*Tabla 6. Posibles componentes de cambio de giro respecto al criterio C4.*

<b>C4</b>	<b>Sg1</b>	<b>Sg2</b>	<b>Nro. De Veces</b>	<b>PX</b>
<b>Sg1</b>			<b>0</b>	<b>P41=1</b>
<b>Sg2</b>	<b>Sg2</b>		<b>1</b>	<b>P42=2</b>
	<b>2°</b>	<b>1°</b>		

*Tabla 7. Ponderación final de componentes de giro.*

<b>PC<sub>x</sub></b>	<b>P1<sub>x</sub></b>	<b>PC<sub>x</sub>·P1<sub>x</sub></b>	<b>P2<sub>x</sub></b>	<b>Pc<sub>x</sub>·P2<sub>x</sub></b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
	<b>X1=</b>	<b>11</b>	<b>X2=</b>	<b>19</b>

**La mejor solución es la número 2: Relay Automotriz**

### **Selección de componentes para programar el dispositivo.**

#### **Criterios**

- C1: Facilidad de programación
- C2: Disponibilidad en el mercado
- C3: Vida útil
- C4: Memoria

#### **Restricciones**

- R1: Costo económico
- R2: Tamaño compacto
- R3: Software libre

### **POSIBLES SOLUCIONES**

A continuación, se proponen dos materiales distintos que cumplan en lo posible las restricciones impuestas.

## NOMENCLATURA

**(PCP)**->Posible componente de programación

**(ATM)** ->Atmega 328 PU

**(PIC)** -> Microcontrolador PIC16F628A

**(ATM)**: Es un circuito integrado, compatible con el IDE de arduino, de fácil modificación de código de programación y con extensa memoria grabable (Figura 30).



*Figura 30. Atmega 328 PU (Artekit, 2017).*

**(PIC)**: La segunda opción consta de un PIC16F628A, es un microcontrolador de 8 bit, posee una arquitectura RISC avanzada, así como un juego reducido de 35 instrucciones (Figura 31) (Salazar, 2012).



*Figura 31. pic16f628a (Salazar, 2012).*

## APLICACIÓN DE RESTRICCIONES A POSIBLES SOLUCIONES

Determinamos si cada uno de los componentes propuestos cumple con las restricciones impuestas.

*Tabla 7. Aplicación de restricciones a posibles componentes de programación.*

	(ATM)	(PIC)
<b>R1</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>R2</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>R3</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>

Todas las soluciones cumplen con las restricciones impuestas.

(ATM) Se convierte en la solución Sp1

(PIC) Se convierte en la solución Sp2

## PONDERACIÓN DE CRITERIOS

Se realiza una comparación entre cada uno de los criterios, se anota el más importante; el número de veces que se repita es el grado de importancia de cada criterio.

*Tabla 8. Ponderación de criterios de componentes de programación.*

	C1	C2	C3	C4	Nro. De Veces	PCX
<b>C1</b>					<b>0</b>	<b>1</b>
<b>C2</b>	<b>C2</b>				<b>3</b>	<b>4</b>
<b>C3</b>	<b>C3</b>	<b>C2</b>			<b>1</b>	<b>2</b>
<b>C4</b>	<b>C4</b>	<b>C2</b>	<b>C4</b>		<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Orden de importancia</b>	<b>4°</b>	<b>1°</b>	<b>3°</b>	<b>2°</b>		

*Tabla 9. Posibles componentes de programación respecto al criterio C1.*

<b>C1</b>	<b>Sp1</b>	<b>Sp2</b>	<b>Nro. de veces</b>	<b>PX</b>
<b>Sp1</b>			<b>0</b>	<b>P11=1</b>
<b>Sp2</b>	<b>Sp2</b>		<b>1</b>	<b>P12=2</b>
	<b>2°</b>	<b>1°</b>		

*Tabla 10. Posibles componentes de programación respecto al criterio C2.*

<b>C2</b>	<b>Sp1</b>	<b>Sp2</b>	<b>Nro. De Veces</b>	<b>PX</b>
<b>Sp1</b>			<b>1</b>	<b>P21=2</b>
<b>Sp2</b>	<b>Sp1</b>		<b>0</b>	<b>P22=1</b>
	<b>1°</b>	<b>2°</b>		

*Tabla 11. Posibles componentes de programación respecto al criterio C3.*

<b>C3</b>	<b>Sp1</b>	<b>Sp2</b>	<b>Nro. De Veces</b>	<b>PX</b>
<b>Sp1</b>			<b>1</b>	<b>P31=2</b>
<b>Sp2</b>	<b>Sp1</b>		<b>0</b>	<b>P32=1</b>
	<b>1°</b>	<b>2°</b>		

*Tabla 12. Posibles componentes de programación respecto al criterio C4.*

<b>C4</b>	<b>Sp1</b>	<b>Sp2</b>	<b>Nro. De veces</b>	<b>PX</b>
<b>Sp1</b>			<b>1</b>	<b>P41=2</b>
<b>Sp2</b>	<b>Sp1</b>		<b>0</b>	<b>P42=1</b>
	<b>2°</b>	<b>1°</b>		

Tabla 13. Ponderación final de componentes de programación.

PCx	P1x	PCx·P1x	P2x	Pcx·P2x
1	1	1	2	2
4	2	8	1	4
2	2	4	1	2
3	2	6	1	3
	<b>X1=</b>	<b>19</b>	<b>X2=</b>	<b>11</b>

**La mejor solución es la número 1: Atmega 328 PU**

### Selección del sensor

#### Criterios

- C1: Facilidad de detección
- C2: Disponibilidad en el mercado
- C3: Vida útil
- C4: Imperceptible

#### Restricciones

- R1: Costo económico
- R2: Tamaño compacto
- R3: Robustez

### POSIBLES SOLUCIONES

A continuación, se proponen dos materiales distintos que cumplan en lo posible las restricciones impuestas.

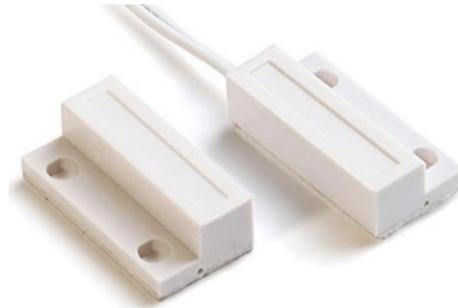
## NOMENCLATURA

**(PS)**->Posible sensor

**(SM)** ->Sensor magnético

**(FC)** -> Final de carrera

**(SM):** Este tipo de sensores se utilizan para detectar los campos magnéticos que provocan los imanes o las corrientes eléctricas (Figura 32) (Samsung, 2018).



*Figura 32. Sensor magnético (Samsung, 2018)*

La segunda opción consta de,

**(FC): Final** de carrera o interruptor de posición, es un sensor que detecta la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico (Figura 33) (NOVELEC, 2018).



*Figura 33. Final de carrera (NOVELEC, 2018).*

## APLICACIÓN DE RESTRICCIONES A POSIBLES SOLUCIONES

Determinamos si cada uno de los componentes propuestos cumple con las restricciones impuestas.

*Tabla 14. Aplicación de restricciones a Posible sensor.*

	(SM)	(FC)
<b>R1</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>R2</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>R3</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>

Todas las soluciones cumplen con las restricciones impuestas.

(SM) Se convierte en la solución Ss1

(FC) Se convierte en la solución Ss2

## PONDERACIÓN DE CRITERIOS

Se realiza una comparación entre cada uno de los criterios, se anota el más importante; el número de veces que se repita es el grado de importancia de cada criterio.

Tabla 15. Ponderación de criterios de sensor.

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>Nro. De Veces</b>	<b>PCX</b>
<b>C1</b>					<b>2</b>	<b>3</b>
<b>C2</b>	<b>C1</b>				<b>1</b>	<b>2</b>
<b>C3</b>	<b>C3</b>	<b>C3</b>			<b>3</b>	<b>4</b>
<b>C4</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>		<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Orden de importancia</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	<b>1°</b>	<b>4°</b>		

Tabla 16. Posible sensor respecto al criterio C1.

<b>C1</b>	<b>Ss1</b>	<b>Ss2</b>	<b>Nro. De veces</b>	<b>PX</b>
<b>Ss1</b>			<b>1</b>	<b>P21=2</b>
<b>Ss2</b>	<b>Ss1</b>		<b>0</b>	<b>P22=1</b>
	<b>1°</b>	<b>2°</b>		

Tabla 17. Posible sensor respecto al criterio C2.

<b>C2</b>	<b>Ss1</b>	<b>Ss2</b>	<b>Nro. De veces</b>	<b>PX</b>
<b>Ss1</b>			<b>0</b>	<b>P21=1</b>
<b>Ss2</b>	<b>Ss2</b>		<b>1</b>	<b>P22=2</b>
	<b>2°</b>	<b>1°</b>		

Tabla 18. Posible sensor respecto al criterio C3.

<b>C3</b>	<b>Ss1</b>	<b>Ss2</b>	<b>Nro. De Veces</b>	<b>PX</b>
<b>Ss1</b>			<b>1</b>	<b>P31=2</b>
<b>Ss2</b>	<b>Ss1</b>		<b>0</b>	<b>P32=1</b>
	<b>1°</b>	<b>2°</b>		

Tabla 19. Posible sensor respecto al criterio C4.

C4	Ss1	Ss2	Nro. De Veces	PX
Ss1			1	P41=2
Ss2	Ss1		0	P42=1
	2°	1°		

Tabla 20. Ponderación final de sensores.

PCx	P1x	PCx·P1x	P2x	Pcx·P2x
3	2	6	1	3
2	1	2	2	4
4	2	8	1	4
1	2	2	1	1
	X1=	18	X2=	12

### La mejor solución es la número 1: Sensor magnético

Ya seleccionado los elementos principales del circuito electrónico se elaboró el diseño en el *software Eagle* el cual es un programa de diseño de diagramas.

En la figura 34 y en la figura 35 se aprecia el diseño final del circuito electrónico tanto en el diagrama esquemático como en el *board*.

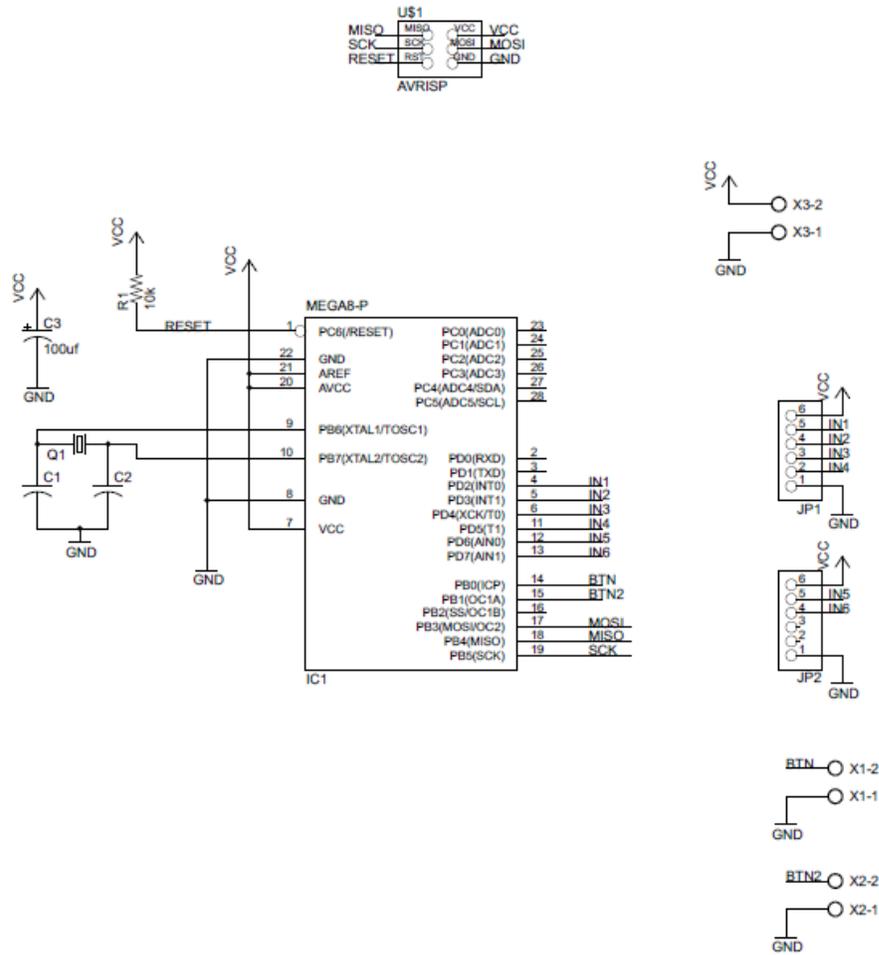


Figura 34. Diagrama esquemático del circuito diseñado

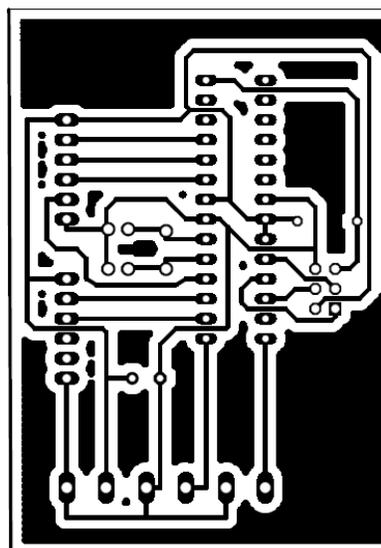


Figura 35. Esquema board del circuito diseñado.

### 4.3.2 Sistema de Control

Para el sistema de control, se realizaron las mediciones del tiempo que se demoran en recorrer cada uno de los movimientos de la base del asiento como se aprecia en la tabla 21.

*Tabla 21. Medición del tiempo que se demoran en efectuarse los 3 movimientos.*

<b>Motor</b>	<b>Tipo de movimiento</b>	<b>Tiempo (segundos)</b>
<b>1</b>	Inclinación	4
<b>2</b>	Desplazamiento	4
<b>3</b>	Giro	5

Luego de realizar las mediciones se realizó la programación en el *software* Arduino, en base a las mediciones de tiempo de la tabla 21 se controlará los 3 movimientos, al presionar el botón se accionan en orden secuencial para la salida del asiento del vehículo, y al presionar nuevamente el asiento retorna a su posición inicial.

Finalmente se realiza el ensamblaje del circuito con los componentes seleccionados y la programación grabada en el microcontrolador (figura 36).

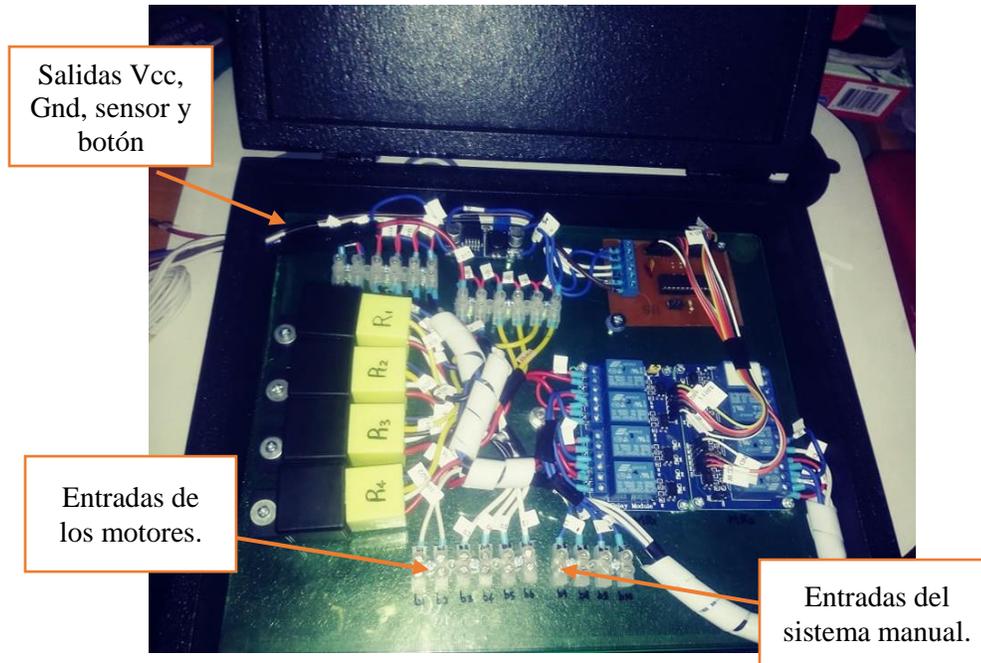


Figura 36. Circuito eléctrico ensamblado.

#### 4.4 Análisis de Costos del Proyecto.

A continuación, se especifican los costos realizados en la obtención y acoplamiento de los sistemas de movimiento, en la investigación y elaboración del sistema de control del mecanismo. En la tabla 22 se detalla los cotos del acoplamiento mecánico.

Tabla 22. Costos del acoplamiento mecánico.

Cantidad	Descripción	Valor (USD)
1	Asientos eléctricos de auto Jeep.	400,00
1	Sistema de Giro	250,00
1	Materiales para acoplar los 2 sistemas	140,00
2	Lubricante AWD 40	10,00
1	Mantenimiento de las bases y pintura automotriz	100,00
	<b>TOTAL</b>	<b>900,00</b>

Para la investigación y construcción del sistema de control se detallan los siguientes costos en la tabla 23.

*Tabla 23. Costos de construcción del sistema de control.*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor (USD)</b>
6	Relés automotrices con soques	40,00
2	Módulos de relés para arduino	20,50
2	Barras de borneras para el cableado	3,00
1	Sensor magnético	4,00
1	Botón tipo pulsador	4,00
12	Cables tipo macho-hembra	1,50
2	Metros de espiral organizador para cableado	3,50
1	Fuente dc-dc convertidor de voltaje	4,50
100	Terminales tipo pin para el cableado	20,00
1	Caja de madera para colocar el circuito.	10,00
30	Metros de cable AWG número 22	15,00
40	Pernos para fijar componentes del circuito	7,00
1	Arduino 1	12,00
1	Microcontrolador Atmega 328 PU	15,00
1	Materiales indirectos de construcción	160,00
1	Mano de obra	600,00
	<b>TOTAL</b>	<b>920,00</b>

En la tabla 24 se refleja el costo total del proyecto evidenciando su factibilidad en relación costo-beneficio del usuario del sistema.

*Tabla 24. Costo total del proyecto*

<b>Detalle</b>	<b>Valor (USD)</b>
Costos del acoplamiento mecánico	900
Costos de construcción del sistema de control	920
Valor Total del proyecto	1820

#### **4.5 Pruebas de funcionamiento y validación**

Para realizar las pruebas de funcionamiento se seleccionaron personas con antropometría, peso, sexo y edad diferente para evidenciar los resultados obtenidos con distintos tipos de carga y ver el comportamiento del mecanismo en cada caso.

*Tabla 25. Datos de pruebas de la base del asiento.*

<b>Género</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Estatura (m)</b>	<b>Tiempo de salida (s)</b>	<b>Tiempo de ingreso (s)</b>
Masculino	14	55	1,55	15	15
Femenino	26	68	1,65	15	15
Masculino	27	75	1,70	16	16
Masculino	82	64	1,60	15	15
Masculino	43	85	1,74	16	16

Con estos datos se verificó que la base funciona correctamente con el único inconveniente que, en personas de 1,65 m de estatura en adelante se les dificultará movilizarse con comodidad, debido a que el asiento es diseñado y acoplado en base a la estatura promedio de los Ecuatorianos, en hombres de 1,64 m y en mujeres de 1,52 m (Telégrafo, 2017).

El sistema de control elaborado cumple con las características propuestas en las cuales solamente con presionar un botón se logrará que el asiento se incline, se desplace y realizando un giro de 90 grados hacia la derecha con el fin de brindar un mejor ingreso-salida de la persona hacia el vehículo automotor como se puede demostrar en la tabla 26 de las pruebas de funcionamiento.

*Tabla 26. Tabla de funcionamiento.*

Prueba de funcionamiento de:	Requerimientos	Cumple	
		Si	No
Botón	Activar el accionamiento automático de salida e ingreso del vehículo	X	
Sensor	Bloquear el funcionamiento del accionamiento automático mientras la puerta del automóvil esté cerrada permitiendo únicamente el control manual y alimentar el sistema automático al abrir la puerta.	X	
Motor de inclinación	Inclinar y erguir la base, tanto en control automático, como en control manual.	X	
Motor de desplazamiento	Desplazar y retroceder la base, tanto en control automático, como en control manual.	X	
Motor de giro	Realizar un giro de 90° en el accionamiento automático de salida e ingreso.	X	
Control manual	Inclinar, erguir, desplazar y retroceder la base.	X	

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- La base de asiento motorizada cumple con las especificaciones de diseño y permite a las personas de la tercera edad o discapacitadas ingresar y salir del vehículo con mayor facilidad.
- El sistema de inclinación previo al desplazamiento permite evitar que las piernas del usuario choquen con el tablero del automóvil.
- El sistema de control fue desarrollado en base a que el sensor permita el funcionamiento del sistema automático únicamente cuando la puerta del vehículo se encuentra abierta, caso contrario no funcionará por seguridad del usuario.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento con diferentes personas y los resultados fueron satisfactorios, el mecanismo cumple con los requerimientos deseados y de esta manera se facilitará el ingreso-salida de personas al vehículo.
- Se implementó correctamente el sistema en el auto y de esta manera se determinó que la base de asiento está diseñada para la estatura promedio de los ecuatorianos la cual es de 1,64 m en hombres y 1,52 m en mujeres y un

peso corporal promedio de 86 kg para el funcionamiento en condiciones óptimas.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda en trabajos futuros continuar con la investigación y plantear nuevas propuestas de reducción de espacio de la base de asiento para personas con mayor estatura o vehículos más pequeños.
- Se sugiere implementar un grado más de libertad el cual permita al asiento desplazarse linealmente hacia fuera del vehículo permitiendo así un ingreso-salida de las personas aún más cómodo del ya existente.
- Se propone estandarizar la geometría de la base de asiento existente a todo tipo de vehículos particulares con el fin de generar un mayor impacto en el mercado.

## Bibliografía

AliExpress. (2017). *AliExpress*. Obtenido de

[https://www.google.com/search?q=aliexpress+motor+electrico&client=opera&hs=0qr&source=lnms&tbnm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj39\\_LMtr3iAhWuTt8KHfO8BIIQ\\_AUIDigB&biw=1326&bih=626#imgrc=9x2hLeLiNPeB5M](https://www.google.com/search?q=aliexpress+motor+electrico&client=opera&hs=0qr&source=lnms&tbnm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj39_LMtr3iAhWuTt8KHfO8BIIQ_AUIDigB&biw=1326&bih=626#imgrc=9x2hLeLiNPeB5M):

Apipilhuasco, C. (28 de Septiembre de 2010). Diseño conceptual de un dispositivo

adaptable al asiento de un automóvil que asista a personas ancianas y

discapacitadas. (*Tesis de Ingeniería*). México D.F, México. Obtenido de (Tesis de Ingeniería).

Artekit. (1 de Mayo de 2017). *Artekit LAB*. Obtenido de Artekit LAB:

<https://www.artekit.eu/products/components/ic/atmega328-pu/>

CEAPAT, C. d. (Octubre de 2012). *Ministerio de sanidad, servicios sociales e igualdad*.

Obtenido de Area de desarrollo tecnológico del CEAPAT:

<https://ceapat.imserso.es/InterPresent1/groups/imserso/documents/binario/guiaconduccion.pdf>

CONADIS. (2 de Noviembre de 2018). *Consejo Nacional para la Igualdad de*

*Discapacidades*. Obtenido de Ministerio de Salud Pública:

<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/index.html>

Egea, C. (Noviembre de 2011). *Artículos y notas*. Obtenido de Clasificación de la OMS

sobre discapacidad: <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-temprana/clasificacionsomsdiscapacidad.pdf>

Egea, C., & Sarabia, A. (2001). Clasificaciones de la OMS sobre discapacidad.

*Universidad de Murcia*.

- Electronics, A. (14 de Febrero de 2019). *AV Electronics*. Obtenido de Convertidor de voltaje Buck dc-dc Ajustable Step Down Lm2596:  
<https://avelectronics.cc/producto/convertidor-voltaje-buck-dc-dc-adjustable-step-down-lm2596/>
- Electronilab. (16 de Junio de 2017). *Electronilab*. Obtenido de  
<https://electronilab.co/tienda/atmega328-pu-con-bootloader-arduino-uno/>
- Gauger, D. K. (1993). *USA Patente n° US005467957A*.
- Gerstein, M. S. (1986). *USA Patente n° US3236556 A*.
- Hernández Gaviño, R. (2010). *Introducción a los sistemas de control*. Mexico: Pearson Education.
- Jones, D. L., & Drenner, G. L. (1998). *USA Patente n° US5746465A*.
- Lathers, P. A. (1963). *USA Patente n° US3236556A*.
- Mecafenix. (3 de Mayo de 2017). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de Ingeniería Mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/puente-h-control-motores/>
- Mechatronics, N. (7 de Febrero de 2014). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de  
<https://naylampmechatronics.com/drivers/152-modulo-relay-4-canales-5vdc.html>
- Nishimoto, S. (2013). *USA Patente n° US 20030141737A1*.
- NOVELEC. (21 de Septiembre de 2018). *NOVELEC*. Obtenido de  
<https://blog.gruponovelec.com/electricidad/finales-de-carrera-que-son-y-caracteristicas-principales/>
- Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering*. Boston: Pearson Education.
- Omega. (10 de Mayo de 2019). *Omega*. Obtenido de Tipos de relés:  
<https://es.omega.com/technical-learning/diferentes-tipos-de-reles-mecanicos-ssr-interno-o-externo.html>

Ospina, P. (2010). Cambio de giro con relay. *Robotica en la Sergio*, 1-2.

Salazar, V. (14 de Abril de 2012). *Computo Integrado*. Obtenido de

<http://cintegrado.blogspot.com/2012/04/microcontrolador-pic16f628a.html>

Samsung. (20 de Abril de 2018). *Samsung*. Obtenido de

<https://www.samsung.com/latin/support/mobile-devices/what-is-a-magnetic-sensor/>

Sánchez, R. (2010). Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos.

(*Tesis de Ingeniería*). Bucaramanga, Colombia.

Sanipatín, M. (26 de Julio de 2017). “BASE DE ASIENTO AUTOMATIZADA PARA EL INGRESO Y SALIDA A VEHÍCULOS AUTOMOTORES DE PERSONAS QUE SUFREN DE PARAPLEJÍA.”. *Tesis*. Ibarra, Imbabura, Ecuador.

Sanipatín, M. (2017).

Suarez, V. (2007). *Universidad de Oviedo*. Obtenido de ISA:

[http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/MaterialApoyoPracticas/01\\_Introduccion\\_a\\_l\\_laboratorio.pdf](http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/MaterialApoyoPracticas/01_Introduccion_a_l_laboratorio.pdf)

telégrafo, E. (25 de Octubre de 2017). La estatura de los ecuatorianos se incrementó en

cuatro décadas. *La estatura de los ecuatorianos se incrementó en cuatro décadas*.

Vílchez, N. (2003). *Metodología de selección de la mejor solución de diseño con base en criterios y restricciones*. Carabobo.

Wayalia. (2017). *La movilidad en las personas mayores*. Obtenido de

<https://wayalia.es/movilidad-personas-mayores/>

## ANEXOS

### Anexo A

#### MANUAL DE USUARIO

##### **Introducción.**

La base de asiento motorizada, diseñada para facilitar el ingreso y salida de las personas a vehículos automotores. Está diseñado para funcionar en un auto Grand Vitara 3p marca Chevrolet, fue acoplada en este vehículo basándose en las medidas antropométricas de la altura promedio en Ecuador que es de 1,64 m en hombres y 1,52 m en mujeres con un peso de 86 kg. Se recomienda seguir todas las medidas de uso y seguridad para un correcto funcionamiento del mecanismo.

##### **1. Precauciones**

- Antes de encender el asiento verificar que no haya ningún objeto que obstaculice el funcionamiento de este.
- No tocar el circuito electrónico del sistema.
- El peso máximo del usuario debe ser de 86kg
- La altura máxima del usuario debe ser de 1,64 m para que el funcionamiento sea el correcto.
- Realizar el mantenimiento del mecanismo 1 vez al mes.
- Hacer funcionar el sistema con el vehículo encendido para un mejor desempeño de los motores.

## 2. Especificaciones técnicas

- **Batería:** El sistema será abastecido directamente con la batería del vehículo, la cual es de 12 V.



- **Switch de encendido:** Permite el paso de corriente para encender o apagar el funcionamiento del asiento.



- **Mando manual:** Para controlar la posición del asiento cuando la puerta del vehículo esté cerrada se puede utilizar el mando manual con el que se inclinará el asiento o desplazará hacia adelante o hacia atrás de acuerdo a las necesidades del usuario.



**Mando para inclinar  
o desplazar el asiento**

- **Botón automático:** Al presionar el botón el asiento automáticamente empezará a quedar en posición hacia afuera del auto para que la persona pueda ingresar o salir con mayor facilidad. Cabe recalcar que esta secuencia de movimientos solo funciona con la puerta del vehículo abierta.



Botón de  
funcionamiento  
automático.

## Anexo B

Asiento en posición inicial y posición final.



Pruebas de funcionamiento.





**Circuito electrónico**



**Anexo C****CÓDIGO DEL PROGRAMA**

```
int x=0;
void setup ()
{
  for (int i=2; i<=7;i++)
  {
    pinMode (i, OUTPUT);
    digitalWrite (i, HIGH);
  }
  pinMode (8, INPUT_PULLUP);
  pinMode (9, INPUT_PULLUP);
}
void motor_1D ()
{
  digitalWrite (2, LOW);
  digitalWrite (3, HIGH);
}
void motor_1I ()
{
  digitalWrite (2, HIGH);
  digitalWrite (3, LOW);
}
void motor_1S ()
{
  digitalWrite (2, HIGH);
  digitalWrite (3, HIGH);
}
void motor_2D ()
{
  digitalWrite (4, LOW);
  digitalWrite (5, HIGH);
}
void motor_2I ()
{
  digitalWrite (4, HIGH);
  digitalWrite (5, LOW);
}
void motor_2S ()
{
  digitalWrite (4, HIGH);
  digitalWrite (5, HIGH);
}
void motor_3D ()
{
```

```

digitalWrite (6, LOW);
digitalWrite (7, HIGH);
}
void motor_3I ()
{
digitalWrite (6, HIGH);
digitalWrite (7, LOW);
}
void motor_3S ()
{
digitalWrite (6, HIGH);
digitalWrite (7, HIGH);
}
void loop ()
{
if (digitalRead (9) ==HIGH)
{
if ((digitalRead (8) ==LOW) &&(x==0))
{
delay (100);
while (digitalRead (8) ==LOW);
motor_1D (); //motor inclinación sube
delay (4000);
motor_1S (); //motor inclinación quieta
motor_2D (); //motor desplazamiento adelante
delay (4000);
motor_2S (); //motor desplazamiento quieto
motor_3D (); //motor giro derecha
delay (5000);
motor_3S (); //motor giro quieto
motor_1I (); //motor inclinación baja
delay (4000);
x=1;
motor_1S ();
motor_2S ();
motor_3S ();
delay (100);
}
if ((digitalRead (8) ==LOW) &&(x==1))
{
delay (100);
while (digitalRead (8) ==LOW);
motor_1D (); //motor inclinación sube
motor_3S (); //motor giro quieto
delay (4000);
motor_1S (); //motor inclinación quieto
motor_3I (); //motor giro izquierda
}
}
}

```

```
delay (5000);
motor_3S (); //motor giro quieto
motor_1S (); //motor inclinación quieta
motor_2I (); //motor desplazamiento atrás
delay (5000);
motor_2S (); //motor desplazamiento quieto
motor_1I (); //motor inclinación baja
delay (5000);
motor_1S ();
x=0;
motor_1S ();
motor_2S ();
motor_3S ();
delay (100);
}
}
}
```