



**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**AUTOMOTRIZ**

**Adecuación de los mandos de conducción para personas  
paraplégicas en un vehículo volkswagen escarabajo modelo 1965.**

**Trabajo de titulación previo a la  
obtención del Título de:**

**INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**Autores:**

**MANUEL ALEJANDRO BAUTISTA DOMÍNGUEZ.**  
**JOSÉ CARLOS MERCHÁN MERCHÁN.**

**Director:**

**GIL TARQUINO ÁLVAREZ PACHECO.**

**CUENCA – ECUADOR**

**2015**

## **DEDICATORIA**

En primer lugar dedico este gran logro de mi vida a Dios ya que me ha bendecido y ha estado conmigo en cada paso que doy, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida me han formado y siempre velaron por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. A mi amada esposa Gabriela Narváez por ser mi amiga y confidente incondicional de cada día, a mi querido hijo Joaquín por ser mi alegría en cada amanecer. A mis hermanos por su carisma hacia conmigo, a mi abuelita María Criollo porque ha sido parte de mi vida, por depositar su entera confianza sin dudar ni un solo momento de mi capacidad. Para todos ellos con el sentimiento más sincero dedico este logro de mi vida.

Alejandro Bautista.

Este trabajo de grado está dedicado en primer lugar a Dios, por todas las bendiciones y gracias derramadas en mí y en mi familia. A mis padres José y Mercedes pilares fundamentales de mi vida y a mis hermanos, quienes me han brindado todo su cariño y confianza.

José Merchán

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de haber logrado vencer todas las adversidades que se han presentado en este arduo camino que hoy veo culminado, a mis padres quienes se han esmerado y sin pensar en ellos más que en mí, me han entregado su dedicación, paciencia y amor, siendo el pilar fundamental en mi vida. A mi esposa e hijo, que se esforzaron conmigo en todo este proceso de mi trabajo de tesis, a mis hermanos por contagiarme la alegría, a mis abuelos, y a toda mi familia que han hecho de mi alegría la suya.

Alejandro Bautista.

Ante todo agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de cumplir una meta más en mi vida, a mis padres por enseñarme a ser perseverante ante las adversidades de la vida, a mis hermanos por toda su ayuda, a mis docentes por compartir sus conocimientos y experiencias, a mis amigos por su amistad y confianza, muchas gracias de todo corazón.

José Merchán.

**ADECUACIÓN DE LOS MANDOS DE CONDUCCIÓN PARA PERSONAS  
PARAPLÉJICAS EN UN VEHÍCULO VOLKSWAGEN ESCARABAJO  
MODELO 1965.**

**RESUMEN**

La tesis consiste en la adecuación de los mandos de conducción para permitir a las personas parapléjicas el manejo de un automotor, tomando como referencia el vehículo Volkswagen escarabajo modelo 1965, se demuestra que es factible la adecuación técnica de los mandos de conducción, la misma que es aplicable a cualquier vehículo.

Mediante el análisis de diferentes formas y diseños de mandos de freno, embrague y aceleración del vehículo se realizan las respectivas adecuaciones, cuyos accionamientos están más próximos a la columna de dirección incrementando así la seguridad, comodidad y accesibilidad del conductor discapacitado, superando en gran medida los trabajos artesanales que se han podido realizar con estos fines.

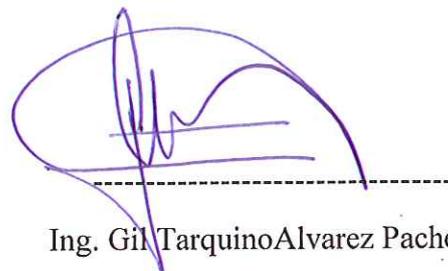
Finalmente los resultados obtenidos en las pruebas de conducción permiten identificar mandos factibles, funcionales y confiables.

**Palabras claves:** adecuación, mandos, conducción, parapléjicas, discapacidad.



Ing. Edgar Mauricio Barros Barzallo.

Director de Escuela.



Ing. Gil Tarquino Alvarez Pacheco.

Director de tesis.



Manuel Alejandro Bautista Dominguez.

Autor.



José Carlos Merchán Merchán.

Autor.

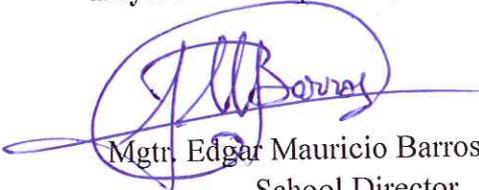
# ADAPTATION OF DRIVE CONTROLS FOR PARAPLEGICS IN A 1965 MODEL VOLKSWAGEN BEETLE VEHICLE

## ABSTRACT

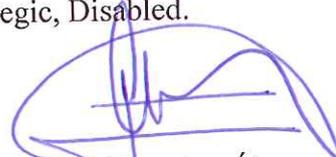
The thesis consists of steering controls adaptation to allow paraplegics drive a vehicle. This research took as a reference the 1965 Volkswagen Beetle vehicle; demonstrating that the technical adaptation of the steering controls is feasible, and can be applicable to any vehicle.

We made the respective adjustments based on the analysis of different shapes and designs of brake control, clutch and vehicle acceleration, whose drives are closer to the steering column; consequently, increasing the safety, comfort and accessibility of the handicapped driver. This adaptation work is significantly greater than the craftwork made up to now. Finally, the results obtained during the driving tests allow us to identify feasible, functional and reliable controls.

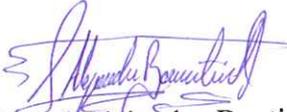
**Keywords:** Adaptation, Drives, Driving, Paraplegic, Disabled.



Mgtr. Edgar Mauricio Barros Barzallo.  
School Director



Ing. Gil Tarquino Álvarez Pacheco.  
Thesis Director



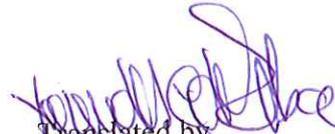
Manuel Alejandro Bautista Dominguez.  
Author



José Carlos Merchán Merchán.  
Author



UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
DPTO. IDIOMAS



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

**ÍNDICE DE CONTENIDOS:**

<b>DEDICATORIA</b> .....	li
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	lii
<b>RESUMEN</b> .....	Iv
<b>ABSTRAC</b> .....	V
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	Vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	Xii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	Xiii
<b>INDICE DE ANEXOS</b> .....	Xvi
<b>INTRODUCCION</b> .....	1

**CAPÍTULO I: DISEÑO DE LAS ADECUACIONES DE LOS MANDOS DE  
CONDUCCIÓN**

1.1. Diseño del mando para el sistema de freno principal.....	2
1.1.1. Determinación de las fuerzas requeridas.....	2
1.1.1.1. Manómetro Hidráulico.....	3
1.1.1.2. Instalación del manómetro.....	3
1.1.1.3. Medición de presión.....	4
1.1.1.4. Fuerza ejercida en la bomba de freno.....	4
1.1.1.5. Fuerza ejercida sobre el pedal del freno.....	5
1.1.2. Requisitos del diseño para el nuevo mando de freno principal.....	7
1.1.3. Discusión para el diseño del mando de freno principal.....	7
1.1.3.1. Mando accionado por palancas.....	7
1.1.3.2. Mando accionado por un circuito hidráulico.....	7
1.1.3.3. Mando accionado por un circuito mixto.....	8
1.1.4. Diseño del nuevo mando para el accionamiento del freno.....	9
1.1.5. Cálculo para el nuevo mando de freno.....	11

1.1.5.1. Cálculo del sistema hidráulico.....	11
1.1.5.1.1. Fuerza.....	12
1.1.5.1.2. Desplazamiento.....	13
1.1.5.2. Cálculo de la cañería.....	14
1.1.5.3. Cálculo del sistema de desplazamiento del volante.....	16
1.1.5.3.1. Placa.....	16
1.1.5.3.2. Selección del rodamiento axial.....	22
1.1.5.3.3. El cubo estriado.....	24
1.1.5.3.4. Muelle de recuperación.....	25
1.1.5.3.5. Análisis de fuerzas en el Volante.....	28
1.2. Diseño del mando para el sistema de embrague.....	29
1.2.1. Determinación de las fuerzas requeridas.....	29
1.2.1.1. Dinamómetro.....	30
1.2.1.2. Instalación.....	30
1.2.1.3. Medición de fuerza.....	30
1.2.2. Requisitos del diseño para el nuevo mando de embrague.....	31
1.2.3. Discusión para el diseño del mando de embrague.....	31
1.2.3.1. Mando accionado por palancas.....	32
1.2.3.2. Mando accionado por un circuito hidráulico.....	32
1.2.3.3. Mando accionado por un sistema mixto.....	32
1.2.4. Diseño del nuevo mando accionado para el accionamiento del embrague.....	32
1.2.5. Cálculo para el nuevo mando de embrague.....	33
1.2.5.1. Cálculo del sistema hidráulico.....	33
1.2.5.1.1. Fuerza.....	34
1.2.5.1.2. Desplazamiento.....	35
1.2.5.2. Cálculo del sistema mecánico del nuevo mando del embrague...	36
1.2.5.2.1. Placa.....	37
1.2.5.2.2. Palanca.....	40

1.2.5.2.3. Diseño de la horquilla.....	41
1.2.5.2.4. Palanca selectora.....	43
1.2.5.2.5. Cálculo del Muelle de recuperación.....	45
1.3. Diseño del mando para el sistema de aceleración del vehículo.....	48
1.3.1. Determinación del torque requerido.....	48
1.3.1.1. Dinamómetro.....	48
1.3.1.2. Instalación.....	49
1.3.1.3. Medición.....	49
1.3.2. Requisitos del diseño para el mando de aceleración.....	50
1.3.3. Discusión para el mando del circuito de aceleración.....	51
1.3.3.1. Mando accionado por palancas.....	51
1.3.3.2. Mando accionado por un sistema inalámbrico infra rojo.....	51
1.3.3.3. Mando accionado por un sistema de transmisión inalámbrico de radio control.....	51
1.3.4. Diseño del mando accionado por un circuito inalámbrico de radio controlFS-GT2 .....	52
1.3.4.1. Control de accionamiento.....	53
1.3.4.2. Transmisor modelo FS-GT2.....	53
1.3.4.3. Receptor modelo FS-GR3A.....	54
1.3.4.4. Servomotor.....	55
1.3.4.5. Mecanismo de conexión eléctrica del airbag del conductor.....	56
1.3.5. Selección del servomotor a emplearse.....	56

## **CAPÍTULO II: CONSTRUCCIÓN DE LAS ADECUACIONES DE LOS MANDOS DE CONDUCCIÓN.**

2.1. Construcción del mando de freno.....	58
2.1.1. Sistema mecánico.....	58
2.1.1.1. Volante de dirección.....	58
2.1.1.2. Cubo estriado.....	59
2.1.1.3. Eje estriado.....	60
2.1.1.4. Placa del nuevo mando de freno.....	62
2.1.2. Sistema hidráulico.....	63
2.1.2.1. Construcción de los cilindros principales CP1 y CP2.....	63
2.1.2.2. Construcción del cilindro auxiliar CA.....	64
2.1.2.3. Sellos de los émbolos hidráulicos.....	65
2.1.2.4. Mangueras hidráulicas.....	66
2.1.2.5. Bases de sujeción del sistema hidráulico.....	67
2.1.2.5.1. Bases de los cilindros principales.....	67
2.1.2.5.2. Bases de los cilindros auxiliares.....	68
2.2 .Construcción del mando de embrague.....	68
2.2.1. Sistema mecánico.....	69
2.2.1.1. Mando deslizante.....	69
2.2.1.2. Muelle de recuperación del pedal del embrague.....	69
2.2.1.3. Palanca del nuevo mando del embrague.....	70
2.2.1.4. Placa del nuevo mando del embrague.....	71
2.2.1.5. Base del mecanismo del nuevo mando de embrague.....	71
2.2.1.6. Base de los cilindros principales .....	72
2.2.2. Sistema hidráulico.....	72
2.2.2.1. Cilindro principal CP1-2.....	73
2.2.2.2. Cilindro auxiliar CA.....	73
2.2.2.3. Sellos de los émbolos hidráulicos.....	74
2.2.2.4. Cañería y Mangueras hidráulicas.....	74
2.3. Construcción del mando de aceleración.....	74
2.3.1. Transmisor de radio control FS- GT2.....	76

2.3.2. Anillo de aceleración.....	76
2.3.3. Base del mecanismo de aceleración.....	77
2.3.4. Receptor de radio control FS-GR3A.....	78
2.3.5. Base del servomotor.....	78

### **CAPÍTULO III: MONTAJE DE LAS ADECUACIONES DE LOS MANDOS DE CONDUCCIÓN AL VEHÍCULO VOLKSWAGEN ESCARABAJO .**

3.1. Montaje del mando de freno.....	80
3.1.1. Sistema de desplazamiento mecánico.....	80
3.1.2. Sistema hidráulico.....	83
3.1.2.1. Armado del circuito hidráulico.....	83
3.1.2.2. Llenado y purgado del circuito hidráulico.....	83
3.1.2.3. Montaje del circuito hidráulico.....	84
3.2. Montaje del mando de embrague.....	86
3.2.1. Sistema mecánico del nuevo mando de embrague.....	87
3.2.2. Sistema hidráulico del nuevo mando de embrague.....	88
3.2.2.1 Armado del circuito hidráulico del nuevo mando de embrague...	88
3.2.2.2. Llenado del circuito hidráulico del nuevo mando de freno.....	88
3.2.3. Montaje del circuito hidráulico del nuevo mando de freno.....	89
3.3. Montaje del mando de aceleración.....	91
3.3.1. Montaje y conexión del emisor de señal FS-GT2.....	92
3.3.1.1. Conexión del transmisor FS- GT2.....	92
3.3.2. Montaje del mecanismo de aceleración en el volante.....	93
3.3.3. Montaje y conexión del receptor de señal FS-GR3a .....	94
3.3.3.1. Conexión del receptor FS-GR3a .....	94
3.3.4. Montaje del servomotor.....	95
3.3.4.1. Aislamiento de ruidos eléctricos.....	96

## **CAPÍTULO IV. PRUEBAS DE EFICACIA Y EFICIENCIA DE LAS ADECUACIONES REALIZADAS.**

4.1. Calibración de los mandos del vehículo.....	97
4.1.1. Calibración del mando del embrague.....	97
4.1.2. Calibración del mando del freno.....	97
4.1.3. Calibración del mando de aceleración.....	97
4.2. Pruebas estáticas de los nuevos mandos.....	99
4.2.1. Pruebas estáticas del funcionamiento del mando de embrague.....	99
4.2.2. Prueba estática del mando del freno principal.....	99
4.2.3. Pruebas estáticas del mando de aceleración.....	100
4.3. Pruebas dinámicas de los nuevos mandos.....	100
4.3.1. Medición de distancia de frenado.....	101
4.3.2 Pruebas de aceleración.....	102
	104
<b>CONCLUSIONES.....</b>	
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	105
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	106

**INDICE DE LAS TABLAS**

Tabla 1-1. Combinación de cilindros para el mando del embrague.....	12
Tabla 1-2. Propiedades mecánicas de los aceros.....	18
Tabla 1-3. Catálogo de platinas comerciales.....	20
Tabla 1-4. Propiedades mecánicas de los Aceros.....	21
Tabla 1-5. Rodamientos rígidos de bola.....	23
Tabla 1-6. Constantes A y $M$ .....	27
Tabla 1-7. Combinación de cilindros para el mando de embrague.....	35
Tabla 1-8. Tubo mecánico redondo.....	44
Tabla 1-9. Tabla de datos técnicos de servomotor.....	57
Tabla 2-1. Catálogo de o-ring Parker serie 2-xxx.....	66
Tabla 4-1. Tiempo y distancia de frenado con mandos originales.....	102
Tabla 4-2. Tiempo y distancia de frenado con el nuevo mando de freno.....	102
Tabla 4-3 Carburador accionado por cable.....	103
Tabla 4-4 carburador accionado por el sistema de Radio Control.....	103

**ÍNDICE DE FIGURAS.**

Figura 1-1. Manómetro de presión.....	3
Figura 1-2. Bomba de freno principal.....	3
Figura 1-3. Instalación del manómetro.....	4
Figura 1-4. Pedal de freno.....	6
Figura 1-5. Gato hidráulico.....	8
Figura 1-6. Nuevo mando de freno.....	9
Figura 1-7. Sistema de desplazamiento.....	10
Figura 1-8. Sistema Hidráulico.....	10
Figura 1-9. Circuito Hidráulico.....	11
Figura 1-10. Diagrama de Cuerpo Libre de la placa.....	17
Figura 1-11. Cubo Estriado.....	24
Figura 1-12. Dimensiones del muelle de compresión.....	25
Figura 1-13. EL volante.....	28
Figura 1-14. Dinamómetro.....	30
Figura 1-15. Valores de la fuerza del pedal.....	31
Figura 1-16. Mando de Embrague.....	33
Figura 1-17. Circuito Hidráulico.....	34
Figura 1-18. Sistema mecánico del mando de embrague.....	36
Figura 1-19. Placa.....	37
Figura 1-20. Diagrama de cuerpo libre de la placa.....	38
Figura 1-21 Sección transversal de la placa.....	39
Figura 1-22. Palanca.....	40
Figura 1-23. Diagrama de Cuerpo libre de la palanca.....	41
Figura 1-24. Palanca selectora.....	43
Figura 1-25. Dinamómetro.....	48
Figura 1-26. Instalaciones del dinamómetro.....	49
Figura 1-27. Valores de fuerza del accionamiento del acelerador.....	50
Figura 1-28. Diagrama de bloques.....	52
Figura 1-29. Transmisor de RF FS-GT2.....	53
Figura 1-30. Receptor de RF FS-GR3A.....	54
Figura 1-31. Servomotor.....	55



Figura 3-5. Conexión hidráulica.....	84
Figura 3-6. Sujeción de los cilindros principales al tablero del vehículo.....	85
Figura 3-7. Comprobación del paralelismo entre los vástagos principales.....	85
Figura 3-8. Conexión del pedal de freno con el cilindro auxiliar del nuevo mando.....	86
Figura 3-9. Mecanismo del nuevo mando de embrague.....	87
Figura 3-10. Circuito hidráulico del nuevo mando de embrague.....	89
Figura 3-11. Instalación de los vástagos del nuevo mando de embrague.....	90
Figura 3-12. Montaje del cilindro auxiliar del nuevo mando de embrague.....	91
Figura 3-13. Mando de aceleración.....	91
Figura 3-14. Montajes del transmisor FS-GT2.....	92
Figura 3-15. Esquema de conexión del transmisor FS-GT2.....	93
Figura 3-16. Mecanismo de aceleración en el volante.....	93
Figura 3-17. Montaje del receptor FS-GR3A.....	94
Figura 3-18. Diagrama de conexión conjunto receptor FS-GR3A.....	95
Figura 3-19. Montaje del servomotor.....	96
Figura 3-20. Blindaje de los cables del servomotor.....	96
Figura 4-1. Calibración del ralentí.....	97
Figura 4-2. Ruta de conducción.....	100
Figura 4-3. Distancia de frenado.....	101

## ÍNDICE DE ANEXOS

Volante.....	Anexo 1
Cubo estriado .....	Anexo 2
Eje estriado.....	Anexo 3
Placa.....	Anexo 4
Cilindro principal del freno.....	Anexo 5
Cilindro auxiliar.....	Anexo 6
Base de cilindro principal de freno.....	Anexo 7
Mando de la palanca de cambios.....	Anexo 8
Palanca del embrague.....	Anexo 9
Placa del embrague .....	Anexo 10
Cilindro principal para el embrague.....	Anexo 11
Cilindro Auxiliar para el embrague.....	Anexo 12
Base del servo motor.....	Anexo 13

José Carlos Merchán Merchán.

Manuel Alejandro Bautista Dominguez.

Trabajo de titulación.

Ing. Gil Alvarez.

Junio 2014.

## **ADECUACIÓN DE LOS MANDOS DE CONDUCCIÓN PARA PERSONAS PARAPLÉJICAS EN UN VEHÍCULO VOLKSWAGEN ESCARABAJO MODELO 1965.**

### **INTRODUCCIÓN**

Con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas parapléjicas, el presente trabajo de titulación se basa en adecuar los 3 sistemas principales de conducción del vehículo, acelerador, freno y embrague, siendo estos activados manualmente, manteniendo el confort, estética y sobretodo la seguridad al conducir; aspectos que se desarrollan en los capítulos descritos a continuación.

En el capítulo I se determina la fuerza necesaria que requiere cada mando de conducción y se analiza el tipo de mando más apropiado, llegando a la conclusión de emplear, un sistema de radio control para gobernar la aceleración del vehículo, un circuito hidráulico accionado desde el volante de conducción, para accionar el pedal de freno y un sistema hidráulico-mecánico que es accionado desde la palanca de cambios para producir el embragado o desembragado del sistema de embrague, también se detallan los cálculos a realizar en cada elemento de los nuevos mandos de conducción.

El capítulo II permite conocer el proceso constructivo de cada elemento, utilizando los materiales y las dimensiones obtenidas en el capítulo I. El proceso de montaje de los nuevos mandos de conducción del vehículo se detallan en el capítulo III, también se indica el proceso de purgado de los sistemas hidráulicos y la calibración de los nuevos mandos. Para finalizar, el capítulo IV permite conocer la eficacia y eficiencia de los mismos, mediante pruebas tanto estáticas como dinámicas, se analizan aspectos como el tiempo de accionamiento y la fatiga que estos pueden producir sobre el conductor, en un trayecto específico dentro y fuera de la ciudad.

## CAPÍTULO I

### DISEÑO DE LAS ADECUACIONES DE LOS MANDOS DE CONDUCCIÓN

#### Introducción

En vista de que las personas parapléjicas poseen una imposibilidad de movilidad de los miembros inferiores, se hace necesario que los mandos de conducción se vean modificados para que estos se ejecuten mediante las extremidades superiores, facilitando las funciones y disminuyendo los esfuerzos, los mandos a ser modificados en este trabajo son: mandos de freno, embrague y aceleración, luego de determinar la fuerza que deba ejercerse sobre cada uno, se analiza la aplicación de los sistemas más ventajosos.

#### 1.1. Diseño del mando para el sistema de freno principal

El diseño del nuevo mando de freno se lo realiza a partir de la fuerza ejercida sobre el pedal, al momento de una frenada brusca o violenta, es necesario que el nuevo mando posea una alta eficacia y eficiencia, a más de que sea progresivo y tenga una ergonomía para el conductor.

##### 1.1.1. Determinación de las fuerzas requeridas

Para realizar el diseño es imprescindible conocer la fuerza que se ejerce en el pedal al momento de un frenado brusco y el desplazamiento del mismo, para lo cual se realiza la medición de presión en el circuito de freno, empleando un manómetro con una capacidad de hasta 5000 Psi (34,4MPa), al multiplicar esta presión por el área del cilindro de la bomba principal, se obtiene el valor de la fuerza ejercida sobre el émbolo de la bomba de freno, y se calcula la desmultiplicación del pedal, para conocer la fuerza que ejerce el pie del conductor.

### 1.1.1.1. Manómetro Hidráulico

“El manómetro es un dispositivo utilizado para la medición de presión, de tipo metálico, que basa su principio de funcionamiento en la capilaridad para medir la diferencia de presión entre el exterior y el interior de un tubo elíptico, conectado a una aguja por medio de un resorte, encargándose la aguja de señalar en una carátula la presión registrada para cada situación particular”<sup>1</sup>Figura 1-1.

Figura 1-1. Manómetro de presión.



Fuente: Autores

### 1.1.1.2. Instalación del manómetro

Figura 1-2. Bomba de freno principal.



Fuente: MANUAL PARA EL TALLER-CECSA VOLKSWAGEN.

Se instala el manómetro retirando el interruptor de freno, Figura 1-2 y se procede a purgar el circuito hidráulico del freno del auto, para lo cual se acciona el pedal de freno 10 veces seguidas, manteniéndose pisado el pedal de freno, se actúa sobre la válvula de purga del manómetro, dicha válvula permite el escape del aire que ingresó al momento de instalar el manómetro, este proceso debe ser repetido hasta

<sup>1</sup>Mecánica de los fluidos e hidráulica, Jaime Ernesto Díaz, programa editorial Universidad del Valle, 2006.

que por la válvula de purga solo escape líquido de freno en forma continua. Ver figura 1-3.

Figura 1-3. Instalación del manómetro.



Fuente: Autores

### 1.1.1.3. Medición de presión

Simulando un frenado intempestivo se acciona el pedal de freno, aplicando la máxima fuerza posible con el pie, esto genera una presión en el circuito de freno la misma que es de 6,84MPa, medida por el manómetro que se encuentra conectado a dicho circuito.

### 1.1.1.4. Fuerza ejercida en la bomba de freno

Por definición, presión es igual a la fuerza aplicada por unidad de superficie:

$$P = \frac{Fb}{A}$$

(1-1. Manual de mecánica industrial. Marcial Carrobles. Pág. 108).

Dónde:

Fb. es igual a la fuerza que actúa sobre el émbolo de la bomba de freno (N).

A. es el área del émbolo de la bomba de freno (mm<sup>2</sup>).

Despejando  $F_b$  de la ecuación 1-1, se tiene:

$$F_b = PA$$

Sabiendo que:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

(1-2. Manual de mecánica industrial. Marcial Carrobes. Pág. 108).

Reemplazando la ecuación 1-2 en la ecuación 1-1 se tiene:

$$F_b = P \left( \frac{\pi d^2}{4} \right)$$

La bomba principal de freno lleva inscrita en su exterior el diámetro interno de su cilindro,  $d=5/8$  de pulgada, lo cual equivale a 15,87mm y con la presión obtenida de 6,84MPa se reemplazan estos valores en la ecuación anterior, para encontrar el valor de  $F_b$ .

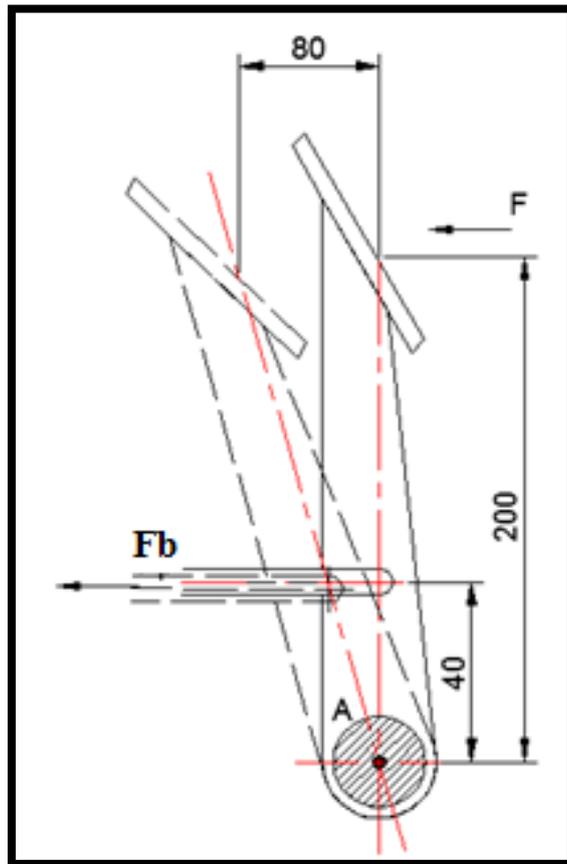
$$F_b = 6,84MPa \left( \frac{\pi(0,0158m)^2}{4} \right)$$

$$F_b = 1,34kN$$

#### 1.1.1.5. Fuerza ejercida sobre el pedal de freno

El pedal de freno es una palanca que permite al conductor multiplicar la fuerza que ejerce con el pie. El desplazamiento del pedal de freno depende mucho del desgaste de los elementos frenantes, en el caso de este vehículo de las zapatas, cuando estos elementos no presentan desgaste, el recorrido del pedal es de apenas 40mm, conforme se desgastan el recorrido del pedal aumenta, razón por la cual se debe proveer al cilindro auxiliar de una carrera lo bastante larga como para garantizar el frenado del vehículo, aún cuando exista poco o nada de elemento frenante.

Figura 1-4. Pedal de freno.



Fuente: Autores

En la figura 1-4 se muestra el recorrido del pedal, cuando no existe elemento frenante y las dimensiones del mismo. Con el fin de encontrar la fuerza  $F$ , que deba ejercerse con el pie, teniendo en cuenta que la fuerza multiplicada por el pedal,  $F_b$ , es de 1340N, se plantea la siguiente ecuación de equilibrio con respecto al punto A de la figura 1-4:

$$\sum M_A = 0$$

$$F (200\text{mm}) - F_b(40\text{mm}) = 0$$

$$F (200\text{mm}) = F_b(40\text{mm})$$

$$F = \frac{1340\text{N}(40\text{mm})}{200\text{mm}}$$

$$F = 268\text{N}$$

### **1.1.2. Requisitos del diseño para el nuevo mando de freno principal**

Se necesita que el nuevo mando cumpla con los siguientes requisitos:

- Desplazar el pedal de freno, el cual tiene un recorrido de 80mm.
- Ejercer sobre el pedal una fuerza de 268N, con la cual se simula un frenado brusco o violento del vehículo.
- El desplazamiento del volante no puede exceder de 75mm (se calcula mas adelante).
- La fuerza ejercida por cada brazo no debe exceder los 150N en un frenado brusco, ya que produce cansancio en el conductor.

### **1.1.3. Discusión para el diseño del mando de freno principal**

El mecanismo que se utilice debe garantizar, que el desplazamiento axial del volante permita una multiplicación de la fuerza y del desplazamiento en el pedal.

Dentro de las posibles formas de accionar el sistema de freno se disponen de mecanismos hidráulicos, palancas y mixtos, se analiza las prestaciones que cada uno ofrece seleccionando la más idónea.

#### **1.1.3.1. Mando accionado por palancas**

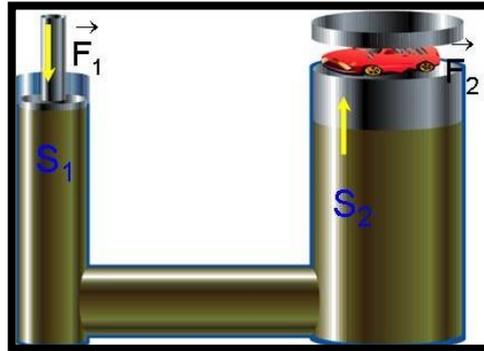
La fuerza que se ejerce sobre el volante para el frenado debe ser multiplicada por este sistema, sabiendo que por el principio de palancas se logra aumentar la fuerza de salida con un menor desplazamiento, considerandose como defecto la geometría del movimiento, ocupando demasiado espacio e interrumpiendo la movilidad, comodidad y estética dentro del vehículo.

#### **1.1.3.2. Mando accionado por un circuito hidráulico**

El circuito hidráulico permite multiplicar la fuerza que se ejerce desde un cilindro con diámetro menor hasta otro cuyo diámetro es más grande, ver figura 1-5 , pero el recorrido del cilindro de diámetro menor no es suficiente para que el cilindro

auxiliar tenga un recorrido o carrera que permita accionar el pedal de freno completamente, razón por la cual se dota al sistema hidráulico original con un segundo cilindro hidráulico, cuyo diámetro es igual al cilindro principal. Se opta por elegir este sistema, que tiene una vida útil prolongada, de fácil mantenimiento y no ocupa demasiado espacio en el habitáculo del vehículo.

Figura 1-5. Gato hidráulico.



Fuente: <http://hidrostatica.galeon.com/pascal.htm>.21/02/2014.

### 1.1.3.3. Mando accionado por un circuito mixto

Este sistema es la unión de un mecanismo de palancas con un circuito hidráulico, si el mecanismo de palanca se ubica en la parte posterior del volante, al momento de ser accionado por el desplazamiento del mismo, produce una multiplicación de fuerza que llega al cilindro principal, aumentando la fuerza ejercida desde el volante, pero el recorrido efectivo del cilindro auxiliar no desplaza al pedal de freno en su totalidad, esto debido al principio de las palancas la cual expresa que el brazo de la potencia debe ser mayor al de la resistencia, teniendo como consecuencia que el desplazamiento de la potencia es mayor al de la resistencia.

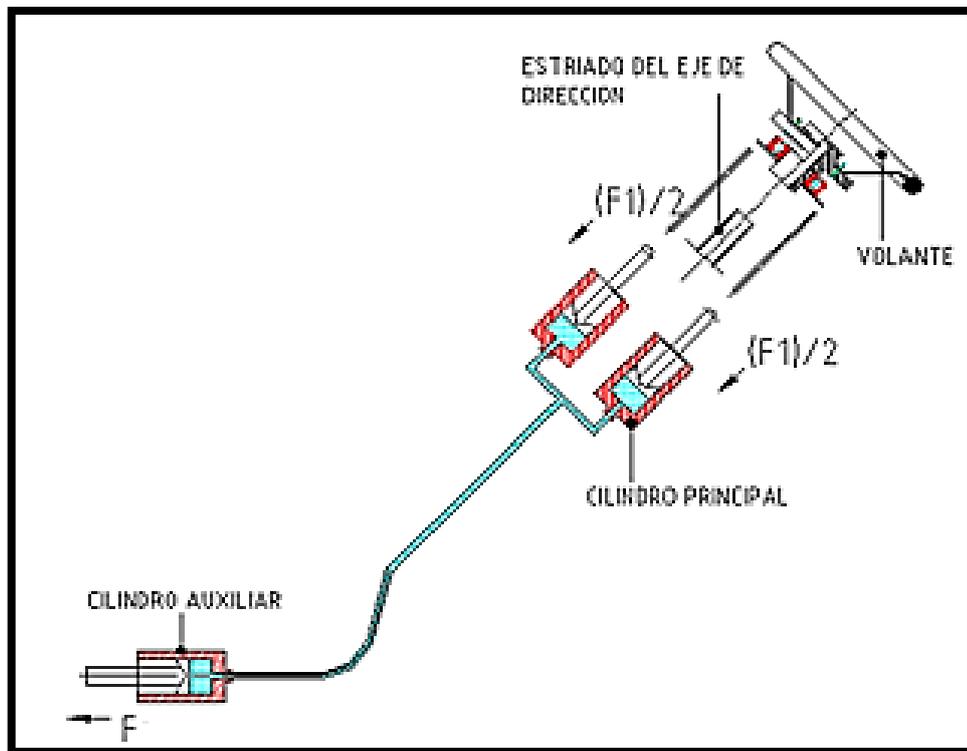
Si el sistema hidráulico se ubica en la parte posterior del volante al momento de ser accionado por el desplazamiento del mismo nos produce una multiplicación de fuerza cuyo recorrido es menor al del volante por la relación de superficie de los cilindros, al ser el desplazamiento del pedal del freno mucho mayor al obtenido se necesita que el mecanismo de palancas compense esta diferencia para lo cual se pierde la multiplicación de fuerzas obtenidas por el circuito hidráulico, siendo

insuficiente para el accionamiento del pedal. Ya que en este caso la longitud del brazo de la potencia es menor a la longitud del brazo de resistencia.

#### 1.1.4. Diseño del nuevo mando para el accionamiento del freno

El nuevo mando está conformado por un circuito hidráulico cuyo accionamiento se lo realiza al desplazar de volante. Figura 1-6. El sistema que permite el desplazamiento del volante está compuesto por un eje estriado y un cubo estriado, el eje estriado es solidario a la columna de la dirección, el cubo estriado permite transmitir el giro y el desplazamiento axial del volante.

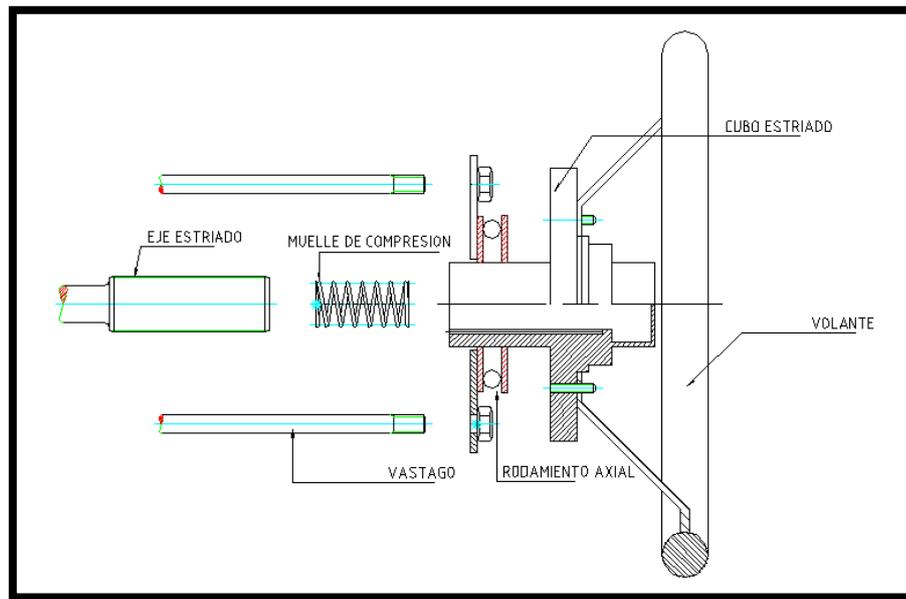
Figura 1-6. Nuevo mando de freno.



Fuente: Autores

Un muelle ubicado en el interior del cubo estriado, garantiza que el mecanismo no se accione por su propio peso y retorne a su posición libre, después de su accionamiento. También está provisto de un rodamiento axial, en el exterior del cubo, con el cual se elimina el giro radial de los vástagos y permite su desplazamiento axial. Figura 1-7.

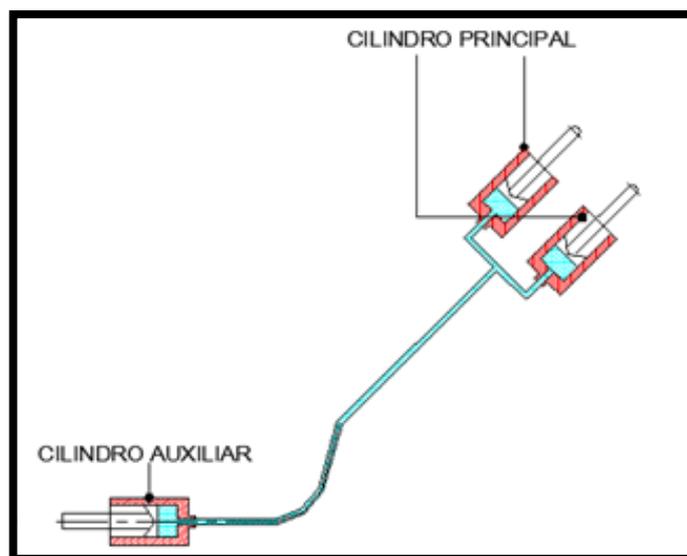
Figura 1-7. Sistema de desplazamiento.



Fuente: Autores

La parte hidráulica se conforma por cilindros de diámetros diferentes para aumentar aún más la fuerza que se ejerce sobre el pedal de freno desde el volante. Los Cilindros principales, de diámetros menores, están sujetos al compacto del auto y recibe el movimiento del mecanismo anterior, estos cilindros desplazan al émbolo del cilindro auxiliar, con diámetro mayor, el cual actúa directamente sobre el pedal de freno del vehículo. Ver figura1-8.

Figura 1-8. Sistema Hidráulico.



Fuente: Autores

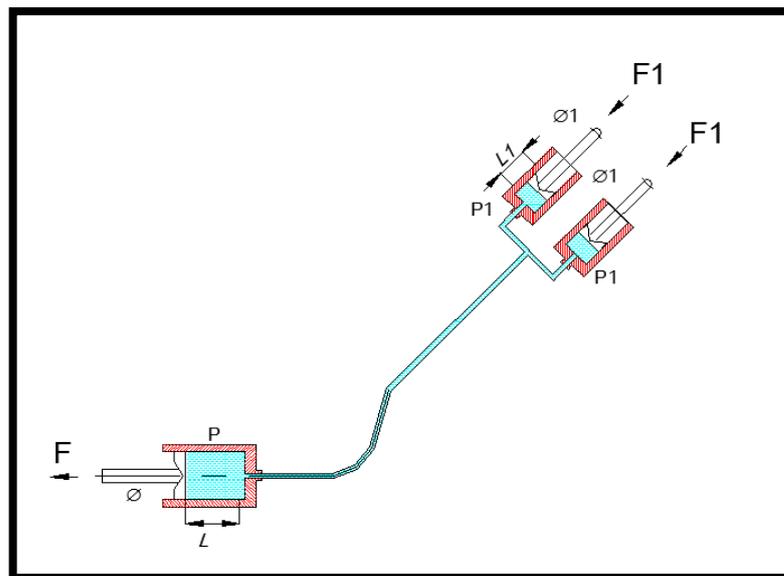
### 1.1.5. Cálculo para el nuevo mando de freno

Debido a que las extremidades superiores son las encargadas de accionar el nuevo mando de freno a través del desplazamiento del volante de dirección, es necesario calcular la desmultiplicación de fuerza más conveniente, que genere el circuito hidráulico, para dimensionar y diseñar cada elemento del nuevo mando de freno.

#### 1.1.5.1. Cálculo del sistema hidráulico

El cilindro auxiliar ejerce una fuerza de salida de 268N, según el cálculo realizado en la sección 1.1.1.5. la cual se denomina  $F$  y una carrera de 86mm (sobre dimensión de la carrera por seguridad) se calcula la fuerza de entrada en los cilindros principales y sus desplazamientos, ver figura 1-9.

Figura 1-9. Circuito Hidráulico.



Fuente: Autores

**1.1.5.1.1. Fuerza**

Por el principio de Pascal se conoce que:

$$P = P_1$$

Reemplazando la ecuación 1-1 se tiene:

$$\frac{F}{A} = \frac{F_1}{A_1}$$

Dejándola en función de  $F_1$  se tiene:

$$F_1 = \frac{F}{A} \times A_1$$

Dónde:

$F_1$  es igual a  $268N$ , por el cálculo en la sección 1.1.1.5.

$A$  es el área del Cilindro Auxiliar ( $mm^2$ ).

$A_1$  es el área del Cilindro Principal 1 y 2 ( $mm^2$ ).

Los posibles diámetros a emplear se presentan en la tabla 1-1 conjuntamente con la desmultiplicación de fuerza obtenida, como condición para que exista una ventaja mecánica el área  $A_1$  del cilindro auxiliar debe ser menor al área  $A_2$  de los cilindros principales:

Tabla 1-1. Combinación de cilindros para el mando de embrague.

Nº de Combinación	Diámetro $d$ (mm)	Área del Cilindro auxiliar $A$ ( $mm^2$ )	Diámetro $d_1$ (mm)	Área del Cilindro Principal 1-2 $A_1$ ( $mm^2$ )	$F_1$ (N)
1	22,22	387,07	19,05	285,02	183,7
2	19,05	285,02	15,87	197,8	173,6
3	19,05	285,02	17,46	239,43	209
4	22,22	387,07	15,87	197,8	127,5

Por lo tanto se determina que la combinación 4 es la más idónea, pues permite una mayor desmultiplicación de fuerza. En base a esto se tiene que el diámetro del cilindro auxiliar CA es 22,22mm y que los diámetros de los cilindros principales CP1 y CP2 son de 15,87mm.

La fuerza de una persona depende de la masa corporal de la misma, de su estado físico, y estatura, siendo esta fuerza en promedio de 12kg.<sup>2</sup>

#### 1.1.5.1.2. Desplazamiento

Con el fin de conocer el desplazamiento requerido por los émbolos de los cilindros principales se realiza el siguiente cálculo, teniendo presente que, en un circuito cerrado el volumen de líquido que desplace el cilindro auxiliar es igual a la suma del volumen de los dos cilindros principales 1 y 2. figura1-9.

$$V_{CA} = V_{CP1} + V_{CP2} \quad (1-3)$$

Donde:

$V_{CA}$  es el volumen del cilindro auxiliar.

$V_{CP1}$  es el volumen del cilindro principal 1.

$V_{CP2}$  es el volumen del cilindro principal 2.

Como el volumen es igual al área por altura, se tiene:

$$A_{CA} \times L = A_{CP1} \times L1 + A_{CP2} \times L1$$

Donde:

$A_{CA}$  representa el área del cilindro auxiliar.

$L$  el desplazamiento del émbolo del cilindro auxiliar.

$A_{CP1}$  representa el área del cilindro principal 1.

$A_{CP2}$  representa el área del cilindro principal 2.

$L1$  representa el desplazamiento del émbolo de los cilindros 1 y 2.

---

<sup>2</sup><http://es.scribd.com/doc/7016212/Fuerza-Muscular-en-Una-Persona#scribd>

Por construcción el desplazamiento y el área de los cilindros principales es la misma, la igualdad anterior se reduce a:

$$A_{CA} \times L = 2(A_{CP1-2} \times L1)$$

Despejando L1:

$$L1 = \frac{A_{CA} \times L}{2A_{CP1-2}}$$

Por la ecuación 1-2 se tiene que:

$$L1 = \frac{\frac{\pi(d)^2}{4} \times L}{2 \left[ \frac{\pi(d1)^2}{4} \right]}$$

Reemplazando los diámetros de la combinación 4 y considerando que el valor de L es 86mm, con lo cual se garantiza un desplazamiento mayor al requerido en el pedal, se obtiene el valor de L1:

$$L1 = \frac{\frac{\pi(22,22mm)^2}{4} \times L}{\frac{\pi(15,87mm)^2}{4}}$$

$$L1 = 75mm$$

### 1.1.5.2. Cálculo de la cañería

Para dimensionar el diámetro de la cañería se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = A \times \frac{x}{t}$$

(1-4. Manual de mecánica industrial. Marcial Carrobles. Pág109).

La cual expresa, que el caudal Q es la cantidad de líquido que se deslaza en un tiempo determinado.

Ya que el caudal  $Q$  que circula por la cañería es igual a la cantidad de líquido  $Q_{CA}$  que requiere el cilindro auxiliar para desplazar su embolo los 86mm, Se plantea la siguiente igualdad:

$$Q = Q_{CA}$$

Empleando la ecuación 1-4:

$$Q_{CA} = A_2 \times \frac{x}{t}$$

De la tabla 1-1, se conoce que  $A_2 = 387,07\text{mm}^2$ , como requisito de construcción  $x$  equivale a 86mm y el tiempo medio de reacción de un conductor es de aproximadamente 0,75 segundos, entre 0,5 y 1 segundo por lo que se asume un tiempo  $t = 1$ .

Reemplazando estos valores se tiene que:

$$Q_{CA} = 33288,02 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$

Para calcular el diámetro de la cañería se utiliza la ecuación 1-4, conociendo que  $Q_{CA}$  es igual a  $Q$ :

$$Q = A \times \frac{x}{t} = A \times v$$

El libro Manual de mecánica industrial recomienda para tuberías de trabajo una velocidad de 3 a 6m/s (6000mm/s), dejando en función de  $A$  la ecuación se tiene:

$$A = \frac{33288,02 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}}{6000 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}$$

$$A = 5,54\text{mm}^2$$

Reemplazando en la ecuación 1-2 y despejando  $d$ :

$$5,54mm^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{(5,54mm^2) \times 4}{\pi}}$$

$$d = 2,65mm$$

Como  $d = 2,65$  mm el diámetro de la cañería a utilizarse es de 2,5mm, por ser el diámetro más pequeño en el ámbito comercial, la longitud de la misma está dada por las dimensiones del habitáculo teniendo por lo tanto una longitud de 1,25m.

### 1.1.5.3. Cálculo del sistema de desplazamiento del volante

El sistema mecánico está compuesto por el volante, el cubo estriado, un rodamiento axial, un muelle y una placa, a continuación se realiza un análisis de fuerzas y el diseño de cada elemento.

#### 1.1.5.3.1. Placa

Para determinar las dimensiones de la placa es necesario encontrar primero el valor de  $F_2$  mediante una sumatoria de fuerzas, para lo cual se supone que la placa es un elemento rígido, ver figura 1-10.

$$\sum F_y = 0$$

$$F_1 + F_1 - F_2 - F_2 = 0$$

Despejando  $F_2$ :

$$2(F_1) = 2F_2$$

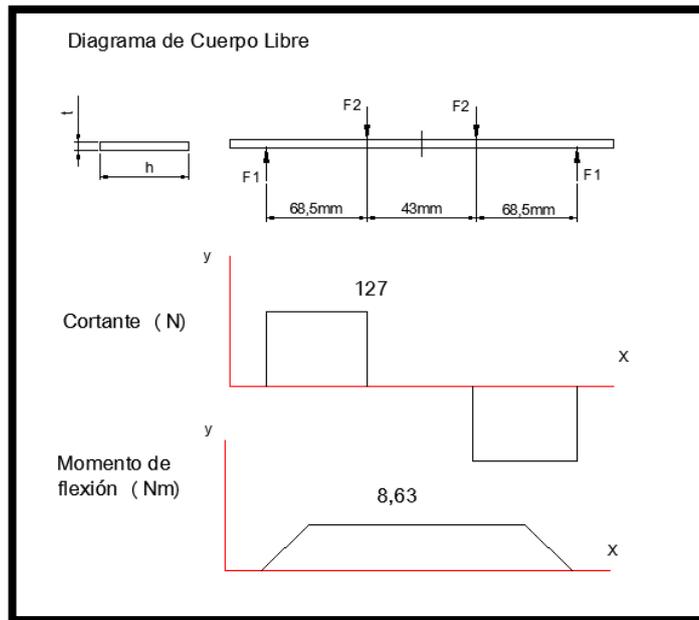
$$\frac{2F_1}{2} = F_2$$

$$F_1 = F_2$$

Por lo tanto  $F_2$  es igual a 127N

Conocido el valor de  $F_2$ , se realiza un diagrama de cuerpo libre y se determina la fuerza cortante y el momento máximo de flexión, se observa también que la placa es una viga a flexión, ver figura 1-10.

Figura1- 10. Diagrama de cuerpo libre de la placa



Fuente: Autores

El esfuerzo es igual al momento máximo  $M$ , sobre el módulo de sección  $S$ :

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

(1-5. Diseño de elementos de Máquinas. Robert L. Mott. Pág.106).

Donde:

$\sigma$  representa el esfuerzo de flexión.

$S$  es el módulo de sección del material y  $M$  es el momento máximo de flexión.

$S$  equivale a:

$$S = \frac{th^2}{6}$$

(1-6. Diseño de elementos de Máquinas. Robert L. Mott. Apéndice 1).

Donde:

$t$  es igual al espesor de la placa y  $h$  es el ancho de la misma.

Sea  $h=10t$ , para que el módulo de sección quede en función del espesor de la placa  $t$ , entonces:

$$S = \frac{t(10t)^2}{6}$$

$$S = \frac{100t^3}{6}$$

Despejando  $t$ :

$$t = \sqrt[3]{\frac{6S}{100}}$$

(1-7)

Tabla 1-2. Propiedades mecánicas de los aceros.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley tabla A-20.

El esfuerzo de diseño depende del valor de la resistencia a la fluencia ( $S_y$ ) de cada material. Se prueba con un acero AISI1006, cuyas propiedades se especifican en la tabla 1-2, con un factor de seguridad ( $n$ ) de 4 se tiene que:

$$\sigma = \sigma_d = \frac{S_y}{n}$$

(1-8 Diseño de elementos de Máquinas. Robert L. Mott. Pág.106).

$$\sigma_d = 42,5MPa$$

Al reemplazar este valor en la ecuación 1-5 se tiene:

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

De la figura 1-11 se conoce que  $M = 8,63Nm$ .

$$42,5 \frac{MN}{m^2} = \frac{8,63Nm}{S}$$

Despejando el módulo de sección  $S$ :

$$S = \frac{8,63Nm}{42,5 \frac{MN}{m^2}}$$

$$S = 2,03 \cdot 10^{-7} m^3$$

Reemplazando en la ecuación 1-7 se encuentra el valor del espesor de la placa:

$$t = \sqrt[3]{\frac{6(2,03 \cdot 10^{-7} m^3)}{100}}$$

$$t = 0,0023m = 2,3mm$$

La dimensión  $h$  esta dada por:

$$h = 10t$$

$$h = 10(3,1mm)$$

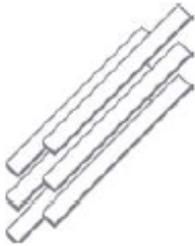
$$h = 23mm$$

Por lo tanto las dimensiones son:

23x2,3mm

En la tabla 1-3 se detallan las dimensiones de las platinas comerciales, se decide utilizar una platina de 50x4mm, ya que por la mitad de la platina se debe realizar un agujero circular de 35mm, ya que por este se introduce el cubo estriado.

Tabla 1-3 Catálogo de platinas comerciales.



**ESPECIFICACIONES GENERALES**  
 Calidad del acero: ASTM A36  
 DIN 17100 ST 37.2  
 Medidas: 1/2" - 4"  
 Espesores: 1/8" - 1/2"

**NORMA INTERNA**  
 Longitud: 0  
 +100  
 Dimensiones acorde a la norma: DIN 1017-1

**APLICACIONES**

- Somier camas
- Cerrajería en general (puertas, ventanas, rejas)
- Estructuras en general
- Muebles metálicos

DESIGNACIÓN		PESO
mm	Pig	kg/6 m
Pit. 12x3	(1/2x1/8)	1.70
Pit. 12x4	(1/2x3/16)	2.26
Pit. 12x6	(1/2x1/4)	3.39
Pit. 19x3	(3/4x1/8)	2.68
Pit. 19x6	(3/4x1/4)	5.37
Pit. 25x3	(1x1/8)	3.53
Pit. 25x4	(1x3/16)	4.71
Pit. 25x6	(1x1/4)	7.07
Pit. 25x9.5	(1x3/8)	10.59
Pit. 25x12	(1x1/2)	14.13
Pit. 30x3	(1 1/4x1/8)	4.24
Pit. 30x4	(1 1/4x3/16)	5.60
Pit. 30x6	(1 1/4x1/4)	8.47
Pit. 30x9.5	(1 1/4x3/8)	12.71
Pit. 30x12	(1 1/4x1/2)	17.10
Pit. 38x3	(1 1/2x1/8)	5.37
Pit. 38x4	(1 1/2x3/16)	7.16
Pit. 38x6	(1 1/2x1/4)	10.74
Pit. 38x9.5	(1 1/2x3/8)	16.11
Pit. 38x12	(1 1/2x1/2)	21.48
Pit. 50x3	(2x1/8)	7.07
Pit. 50x4	(2x3/16)	9.50
Pit. 50x6	(2x1/4)	14.13
Pit. 50x9.5	(2x3/8)	21.20
Pit. 50x12	(2x1/2)	28.26
Pit. 65x6	(2 1/2x1/4)	18.37

Fuente: IPAC.

Comprobación de la platina:

Las platinas comerciales tienen un grado de calidad ASTM (American Society for Testing and Materials) A36 lo cual indica que es una aleación de acero al carbono de propósito general, se determina el factor de seguridad que este tipo de material tiene con respecto al esfuerzo aplicado.

$$\sigma = \sigma d = \frac{S_y}{n}$$

Despejando el factor de seguridad  $n$  de la ecuación 1-8 se tiene:

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

(1-9)

Donde el valor de la resistencia a la fluencia,  $S_y$ , está dado por la tabla 1-4 y el valor del esfuerzo,  $\sigma$ , se determina de la ecuación 1-5, hay que tener presente que el módulo de sección,  $S$ , se conoce a partir de las dimensiones de la platina comercial de 50x3mm, el valor de  $M$  se encuentra en la figura 1-10.

Tabla 1-4 Propiedades de los aceros estructurales.

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

*Nota:* ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J4106, especificadas por la SAE.

Fuente: Diseño de elementos de máquinas. Robert L- Mott. A-13.

Reemplazando estos valores en la ecuación 1-5 y esta a su vez en la ecuación 1-6 se tiene:

$$\sigma = \frac{M}{\frac{th^2}{6}}$$

$$\sigma = 16,95MPa$$

Sustituyendo este valor en la ecuación 1-9:

$$n = \frac{259MPa}{16,95MPa}$$

$$n = 15,28$$

Por el factor de seguridad  $n=15$ , se concluye que la platina esta sobre dimensionada, cabe indicar que en el ámbito comercial no existen materiales con menor índice de resistencia a la fluencia,  $S_y$ , por lo tanto no presenta inconvenientes al estar sometido a la carga de 127N.

#### 1.1.5.3.2. Selección del rodamiento axial

En cuanto a dimensión se refiere el rodamiento axial esta condicionado por el cubo estriado a tener un diámetro interno de 35mm y un diámetro exterior de 55mm, ya que sobre el cubo esta montado la caja plastica dela cinta que transmite las señales para el sistema de aceleración. De la tabla 1-5 se selecciona un rodamiento axial de bolas cuyo diámetro interno es 35mm y con diámetro exterior de 52mm. La fuerza o carga axial que se emplea por parte del conductor al desplazar el volante es igual a 127N. Con el fin de conocer si el rodamiento seleccionado anteriormente puede soportar esta carga se utiliza la siguiente relación:

$$C_{axial} < (0,5 \times C_o)$$

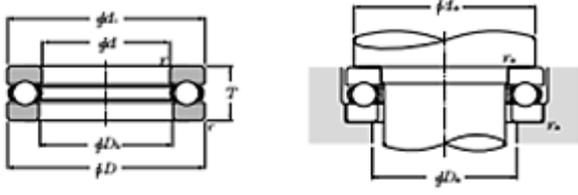
(1-10. Catálogo general NTN. Pág.B-227)

De la tabla 1-5 se obtiene que  $C_o = 44000N$  y que sobre el rodamiento actúa dos fuerzas  $F_1$  por lo que  $C_{axial} = 2F_1 = 255N$ , por lo tanto:

$$255N < (0,5 \times 44000N)$$

$$255N < 22000N$$

Tabla 1-5 Rodamientos axiales de bola.



Carga axial equivalente del rodamiento  
dinámica  $F_{da} = F_a$   
estática  $F_{da} = F_a$

**d 10~50mm**

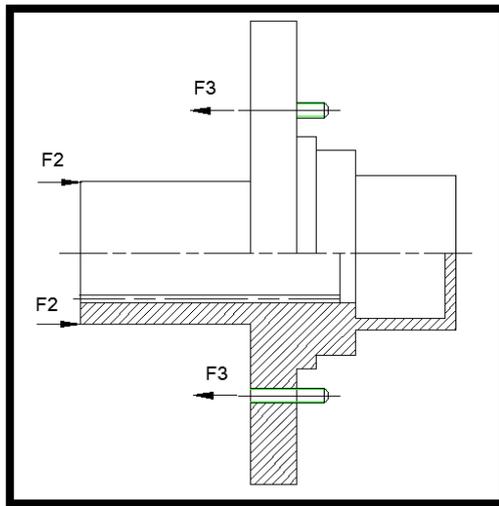
	Dimensiones principales mm			Capacidad básica de carga dinámica estática dinámica kN kgf				Velocidades límites r.p.m.		Números de rodamientos	Dimensiones mm		Dimensiones de hombros y filetes mm			Masa kg (aprox.)
	d	D	T	$C_o$	$C_e$	$C_{10}$	$C_{100}$	grasa	aceite		$d_{1min}^{(2)}$	$D_{1min}^{(2)}$	$d_s$ mín	$D_s$ max	$r_{fs}$ max	
10	24	9	0.3	10.0	14.0	1 020	1 420	5 700	9 500	51100	24	11	18	16	0.3	0.021
	26	11	0.6	12.7	17.1	1 290	1 740	5 800	8 300	51200	26	12	20	16	0.6	0.03
12	26	9	0.3	10.3	15.4	1 050	1 570	5 400	9 200	51101	26	13	20	18	0.3	0.023
	28	11	0.6	13.2	19.0	1 340	1 940	5 600	8 000	51201	28	14	22	18	0.6	0.034
15	28	9	0.3	10.5	16.8	1 070	1 710	5 200	8 800	51102	28	16	23	20	0.3	0.024
	32	12	0.6	16.6	24.8	1 690	2 530	5 000	7 100	51202	32	17	25	22	0.6	0.046
17	30	9	0.3	10.8	18.2	1 100	1 850	5 000	8 500	51103	30	18	25	22	0.3	0.026
	35	12	0.6	17.2	27.3	1 750	2 780	4 800	6 800	51203	35	19	28	24	0.6	0.054
20	35	10	0.3	14.2	24.7	1 450	2 520	5 200	7 500	51104	35	21	29	26	0.3	0.04
	40	14	0.6	22.3	37.5	2 270	3 850	4 100	5 900	51204	40	22	32	28	0.6	0.081
25	42	11	0.6	19.6	37.0	1 990	3 800	4 600	6 500	51105	42	26	35	32	0.6	0.06
	47	15	0.6	27.8	50.5	2 830	5 150	3 700	5 300	51205	47	27	38	34	0.6	0.111
	52	18	1	35.5	61.5	3 650	6 250	3 200	4 600	51305	52	27	41	36	1	0.176
	50	24	1	55.5	89.5	5 650	9 100	2 600	3 700	51405	50	27	46	39	1	0.33
30	47	11	0.6	20.4	42.0	2 080	4 300	4 300	6 200	51106	47	32	40	37	0.6	0.069
	52	16	0.6	29.3	58.0	2 990	5 950	3 400	4 900	51206	52	32	43	39	0.6	0.139
	60	21	1	43.0	78.5	4 350	8 000	2 800	3 900	51306	60	32	48	42	1	0.269
	70	28	1	72.5	126	7 400	12 800	2 200	3 200	51406	70	32	54	46	1	0.516
35	52	12	0.6	20.4	44.5	2 080	4 550	3 900	5 600	51107	52	37	45	42	0.6	0.085
	62	18	1	39.0	78.0	4 000	7 950	2 900	4 200	51207	62	37	51	46	1	0.215
	68	24	1	55.5	105	5 650	10 700	2 400	3 500	51307	68	37	55	48	1	0.383
	80	32	1.1	87.0	155	8 850	15 800	1 900	2 800	51407	80	37	62	53	1	0.759
40	60	13	0.6	26.9	63.0	2 740	6 400	3 500	5 000	51108	60	42	52	48	0.6	0.125
	68	19	1	47.0	98.5	4 800	10 000	2 700	3 900	51208	68	42	57	51	1	0.276
	78	26	1	69.0	135	7 050	13 700	2 200	3 100	51308	78	42	63	55	1	0.548
	90	36	1.1	112	205	11 500	20 900	1 700	2 500	51408	90	42	70	60	1	1.08
45	65	14	0.6	27.9	69.0	2 840	7 050	3 200	4 600	51109	65	47	57	53	0.6	0.148
	73	20	1	48.0	105	4 850	10 700	2 600	3 700	51209	73	47	62	56	1	0.317
	85	28	1	80.0	163	8 150	16 700	2 000	2 900	51309	85	47	69	61	1	0.684
	100	39	1.1	130	242	13 200	24 700	1 600	2 200	51409	100	47	78	67	1	1.43

Fuente: Catálogo general NTN. Pág B-274.

### 1.1.5.3.3. El cubo estriado

Por el costo y la dificultad del mecanizado, para realizar el estriado interno del cubo, se opta por adecuar el acople punta de eje y contra eje de un vehículo Mitsubishi, lancer, dicho acople esta diseñado para transmitir el movimiento producido por el motor y multiplicado en fuerza o velocidad por la caja de cambios, según la marcha seleccionada por el conductor, a los neumáticos del auto para producir su impulso. En la figura 1-11. se presenta un esquema de las fuerzas que actúan sobre el cubo estriado y por medio de una sumatoria de fuerzas se obtiene el valor de la F3:

Figura 1-11. Cubo Estriado.



Fuente: Autores

$$\sum Fy = 0$$

$$F2 + F2 - F3 - F3 = 0$$

Despejando F3:

$$2F2 = 2F3$$

$$\frac{2F2}{2} = F3$$

Reemplazando el valor de F2 (127N) se tiene que:

$$F3 = 127N$$

#### 1.1.5.3.4. Muelle de recuperación

Para garantizar que todo el mecanismo deslizante, cuyo peso es de 17.79N, se encuentre siempre en la posición inicial, se diseña un muelle de compresión para el cual se toman las siguientes decisiones a prioridad:

Material: alambre estirado duro.

Diámetro del alambre:  $d=1.5\text{mm}$ .

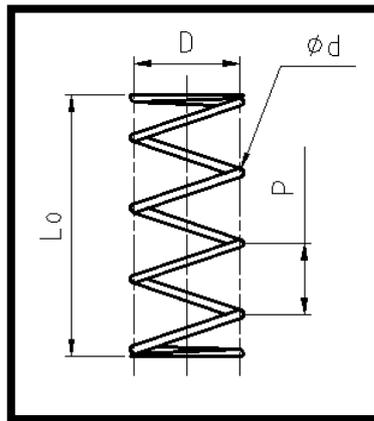
Diámetro medio:  $D=17\text{mm}$ .

Longitud de deformación 70mm.

Factor de seguridad al cierre  $n_s \geq 1.2$

En la figura 1-12 se muestran las dimensiones de un muelle de compresión.

Figura 1-12. Dimensiones del muelle de compresión.



Fuente: Autores

El Índice del resorte denominado con  $C$  debe estar comprendido entre  $4 \leq C \leq 12$  ya que valores menores a 4 son difíciles de formar y valores mayores a 12 tienden a enredarse.

$$C = \frac{D}{d}$$

(1-11. Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley. Pág 501)

$$C = \frac{17}{1,5}$$

$$C = 11.33$$

Factor de corrección  $k_B$

$$k_B = \frac{4C + 2}{4C - 3}$$

(1-12. Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley. Pág 501)

$$k_B = 1,11$$

Esfuerzo cortante  $\tau$

$$\tau = \frac{k_B 8(1 + \varepsilon) F_{max} D}{\pi d^3}$$

(1-13. Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley. Pág 501)

Donde  $\varepsilon$  es el rebase al cierre y se recomienda que sea  $\geq 0,15$

$$\tau = 847 MPa$$

Esfuerzo cortante máximo permisible  $S_{sy}$ :

$$S_{sy} = 0.56 \frac{A}{d^m}$$

(1-14. Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley. Pág 507)

Donde  $A$  y  $m$  se determinan de en la tabla 1-6 y dependen del material empleado para el muelle.

Tabla 1-6: Constantes A y m.

Constantes A y m de  $S_{ut} = A/d^m$  para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes  
Fuente: De *Design Handbook*, 1987, p. 19. Cortesía de Associated Spring.

Material	ASTM núm.	Exponente m	Diámetro, pulg	A, kpsi · pulg <sup>m</sup>	Diámetro, mm	A, MPa · mm <sup>m</sup>	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite <sup>1</sup>	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro <sup>2</sup>	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio <sup>3</sup>	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio <sup>4</sup>	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302 <sup>5</sup>	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado**	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley. Pág 507.

Por lo tanto:

$$Ssy = 1008,23MPa$$

Para comprobar que el factor de seguridad del material empleado es el correcto se realiza el siguiente cálculo.

$$n_s = \frac{Ssy}{\tau} \quad (1-15)$$

$$n_s = 1,2$$

Como el valor de  $n_s$  obtenido es igual al impuesto en las decisiones a priori se determina que el tipo de material escogido es el correcto.

A continuación se calcula las dimensiones del muelle, para lo cual se decide que tenga sus extremos a escuadra y esmerilados, esto permite un mejor apoyo sobre la superficie del cubo y el eje estriado.

Cálculo de espiras activas ( $N_a$ )

$$N_a = \frac{\gamma d^4 G}{8FD^3}$$

(1-16. Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley. Pág. 502)

$$Na = 5.3$$

Cálculo de espiras totales ( $Nt$ )

$$Nt = Na + 2$$

(1-17. Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley. Pág. 503)

$$Nt = 7$$

Cálculo del paso del resorte ( $p$ )

$$p = \frac{Lo - 2d}{Na}$$

(1-18. Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley. Pág. 503)

$$p = 12,6mm$$

Longitud sólida ( $ls$ )

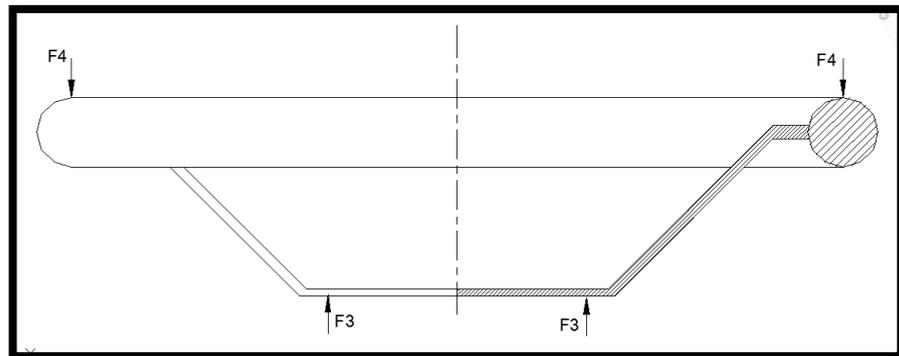
$$ls = dNt$$

(1-19. Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley. Pág. 503)

$$ls = 10,5mm$$

### 1.1.5.3.5. Análisis de fuerzas en el Volante

Figura 1-13. EL volante.



Fuente: Autores

El volante se encarga de transmitir las fuerzas que ejercen los brazos al cubo estriado, en la figura 1-13, se presentan las dimensiones y los puntos en los cuales las fuerzas actúan. Para conocer el valor de la fuerza de salida  $F4$  se realiza una

sumatoria de fuerzas sobre el volante, suponiendo que este es una barra rígida indeformable:

$$\sum Fy = 0$$

$$-F4 - F4 + F3 + F3 = 0$$

Despejando F1:

$$2F4 = 2F3$$

$$F4 = \frac{2F3}{2}$$

Reemplazando el valor de F3 (127,5N)

$$F4 = 127,5N$$

Por lo tanto, cada brazo del conductor debe ejercer una fuerza de 127,5N sobre el volante, para que el cilindro auxiliar actúe sobre el pedal de freno con una fuerza de 268N la cual es igual a la fuerza que emplea un conductor sin ningún tipo de discapacidad al momento de un frenado intempestivo o brusco, la cual está determinada en la sección 1.1.1.5.

## **1.2. DISEÑO DEL MANDO PARA EL SISTEMA DE EMBRAGUE**

El diseño del mando para el accionamiento del desembragado y embragado debe ser progresivo y estar solidario a la palanca de cambios, permitiendo accionar el mecanismo de embrague y la selección de marcha con la misma mano, además debe multiplicar la fuerza ejercida por la mano para producir el embragado o desembragado.

### **1.2.1. Determinación de las fuerzas requeridas**

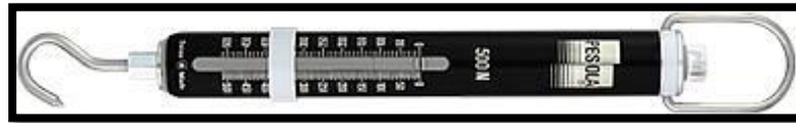
El vehículo Volkswagen escarabajo posee un sistema de embrague de diafragma, accionado por cable desde el pedal de mando, el comportamiento de este tipo de embrague es de forma parabólica y la determinación de la fuerza necesaria para

producir el desembragado del vehículo, se lo realiza por medio de una balanza de resorte.

#### **1.2.1.1. Dinamómetro**

Su funcionamiento se basa en la ley de elasticidad de Hooke, la cual expresa que el alargamiento unitario que experimenta un material elástico es directamente proporcional a la fuerza aplicada, posee dos ganchos o anillos y una carátula reglada según el rango de medición del estiramiento del resorte. Figura 1-14.

Figura 1-14. Dinamómetro.



Fuente: <http://www.pce-instruments.com/espanol/balanzas/dinamometro-127.html> 30/01/2014.

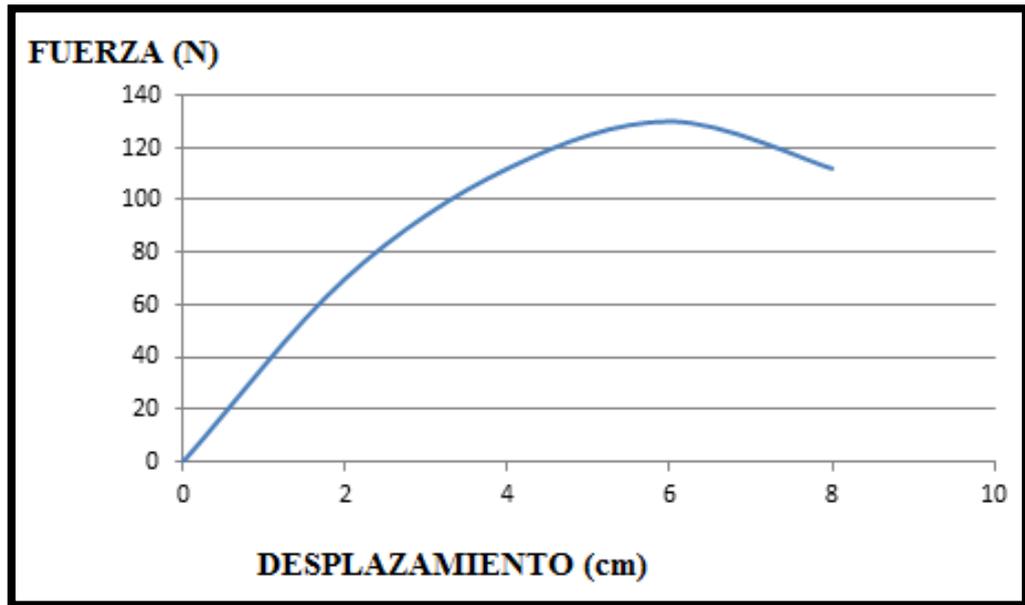
#### **1.2.1.2. Instalación**

Se coloca el extremo móvil del dinamómetro, el cual posee un gancho, sobre el pedal del embrague, en el mismo lugar sobre el cual actúa la fuerza producida por el pie del conductor, de tal manera que no pueda safarse al momento de realizar la medición.

#### **1.2.1.3. Medición de fuerza**

Una vez instalado el dinamómetro, en el pedal de embrague, se hala el extremo libre del mismo, consiguiendo el desplazamiento de la pluma e indicando en la carátula, el valor de la fuerza necesaria para esta acción. Los valores obtenidos se presentan en la figura 1-15.

Figura 1-15. Valores de la fuerza del pedal.



Fuente: Autores

La fuerza que se ejerce sobre el pedal es de 130N como indica la figura 1-15 pero se debe tener presente que dicha fuerza se encuentra a 3/4 del recorrido total del pedal y que el desplazamiento total del mismo es de 80mm.

### 1.2.2. Requisitos del diseño para el nuevo mando de embrague

- Desplazar el pedal de embrague, el cual tiene un recorrido de 80mm.
- Ejercer sobre el pedal de embrague una fuerza  $F=130N$ .
- Ser accionado desde la palanca de cambios.
- Poseer un tamaño pequeño para no incomodar al conductor.

### 1.2.3. Discusión para el diseño del mando de embrague

Para el accionamiento del embrague se analiza las prestaciones y restricciones que presentan los sistemas mecánicos, hidráulicos y mixtos, así como también la disponibilidad de espacio en el habitáculo del vehículo, lo cual conlleva a analizar cada uno de ellos para elegir aquel sistema que garantiza la eficiencia y seguridad requerida.

### **1.2.3.1. Mando accionado por palancas**

Al saber que el accionamiento del embrague se encuentra solidariamente con la palanca selectora de marchas, puesto que se desembraga y se selecciona la marcha a la vez, se pretende que el mecanismo sea más un reductor de fuerzas para que así el conductor realice esta acción con el menor esfuerzo. Para lo cual se analiza el mecanismo con palancas teniendo el inconveniente de que se gane fuerza pero se pierde el desplazamiento y viceversa.

### **1.2.3.2. Mando accionado por un circuito hidráulico**

Sabiendo que el desplazamiento del pedal del embrague es de 80mm, se analiza y se determina que: el cilindro auxiliar no se desplaza lo suficiente para compensar este recorrido y que la multiplicación de fuerza es inversamente proporcional al recorrido, razón por la cual este mando de accionamiento no satisface los requisitos antes mencionados.

### **1.2.3.3. Mando accionado por un sistema mixto**

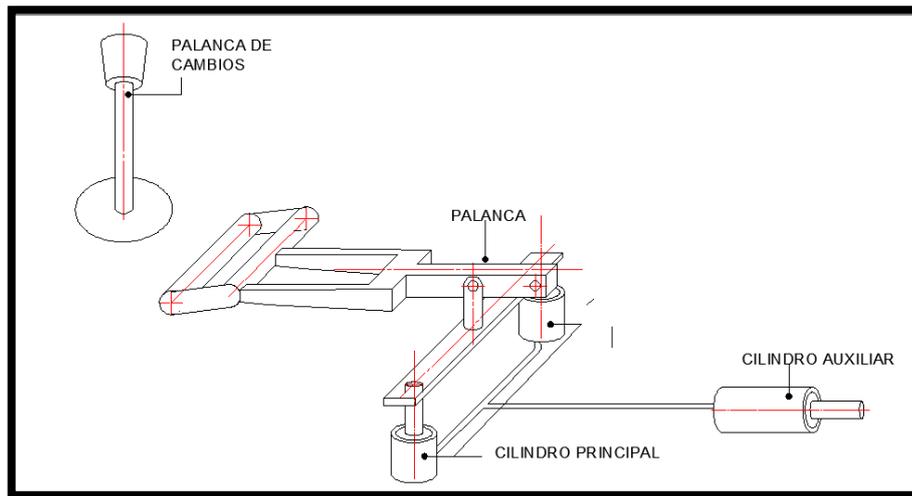
Compuesta por una palanca de segunda clase, donde el empleo de la fuerza de potencia se encuentra en el extremo opuesto al punto de apoyo, para producir una multiplicación de fuerza y con el fin de generar un desplazamiento del émbolo del cilindro auxiliar de 80mm, se adjunta 2 cilindros principales ubicados en el punto de la fuerza de resistencia de la palanca, con lo cual se determina que el sistema permite un desplazamiento adecuado del pedal empleando para ello una fuerza menor, siendo el más idóneo.

### **1.2.4. Diseño del nuevo mando para el accionamiento del embrague**

Al desplazar verticalmente la palanca selectora de marcha, se produce simultáneamente el accionamiento de la palanca, produciendo una multiplicación de fuerza, la cual tiene forma de una horquilla para permitir el giro libre de la palanca selectora de marchas. Una placa metálica solidaria a la palanca permite dividir la fuerza y actuar de manera simultánea sobre los dos cilindros principales y estos a su

vez producirán que el pistón del cilindro auxiliar se desplace y accione el pedal de embrague. Con el fin de producir un retorno progresivo del pedal se dispone de muelles de compresión tanto en los cilindros como en el mecanismo de palanca. Figura 1-16.

Figura 1-16. Mando de Embrague.



Fuente: Autores

### 1.2.5. Cálculo para el nuevo mando de embrague

Para el cálculo del nuevo mando de embrague se divide el diseño en dos sistemas, uno hidráulico compuesto por dos cilindros principales y un cilindro auxiliar y un sistema mecánico que permite multiplicar la fuerza ejercida por la mano del conductor sobre la palanca de cambios.

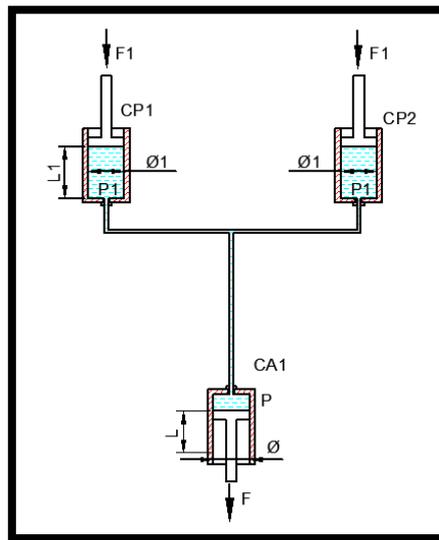
#### 1.2.5.1. Cálculo del sistema hidráulico del nuevo mando del embrague

Con el fin de elegir el tamaño más idóneo de los cilindros principales CP1 y CP2, que permitan al cilindro auxiliar CA ejercer una fuerza  $F=130\text{N}$  y una carrera de 80mm al pedal del embrague, se realiza el cálculo de fuerza y desplazamiento.

### 1.2.5.1.1. Fuerza

La figura 1-17 muestra el esquema del circuito hidráulico del nuevo mando del embrague.

Figura 1-17. Circuito hidráulico del nuevo mando del embrague.



Fuente: Autores

Por el principio de Pascal:

$$P = P1$$

De la ecuación 1-1 se tiene que:

$$\frac{F}{A} = \frac{F_1}{A_1}$$

Donde:

F equivale a 130N ya que es la fuerza necesaria para accionar el pedal del embrague.

A es el área del cilindro auxiliar.

A<sub>1</sub> es el área del cilindro principal 1 o 2, puesto que por construcción los dos cilindros poseen el mismo diámetro.

Reemplazando la ecuación 1-2:

$$\frac{130N}{\frac{\pi(d)^2}{4}} \times \frac{\pi(d1)^2}{4} = F_1$$

Teniendo en cuenta que una ganancia de fuerzas en los circuitos hidráulicos trae consigo una disminución en la carrera o desplazamiento en el cilindro con diámetro mayor, se plantean algunas combinaciones, con el fin de encontrar una multiplicación de fuerza adecuada y el desplazamiento requerido, ver tabla 1-7.

Tabla 1-7 Combinación de cilindros para el mando de embrague.

Combinación	Diámetro <i>d1</i> (mm)	Área CP1-2 (mm <sup>2</sup> )	Diámetro <i>d</i> (mm)	Área CA (mm <sup>2</sup> )	F1 (N)
1	19,05	285,02	22,22	387,07	173
2	15,87	197,8	19,05	285,02	187
3	17,46	239,43	19,05	285,02	155

Se decide emplear la combinación 3, de este modo los diámetros de los cilindros principales CP1 y CP2 son de 17,46mm y el diámetro del cilindro auxiliar CA es de 19,05mm.

#### 1.2.5.1.2. Desplazamiento

Se realiza el mismo tipo de cálculo que el realizado para encontrar el desplazamiento del cilindro auxiliar del freno.

Por lo tanto:

$$V_{CA} = V_{CP1} + V_{CP2}$$

Como el Volumen es igual al área por altura se tiene:

$$A_{CA1} \times L = A_{CP1} \times L1 + A_{CP2} \times L1$$

El desplazamiento y el área de los cilindros principales es igual, ver figura 1-17, la igualdad anterior se reduce a:

$$A_{CA1} \times L = 2(A_{CP} \times L1)$$

Despejando L1:

$$L1 = \frac{A_{CA1} \times L}{2A_{CP}}$$

Reemplazando los valores del área de la tabla 1-9 se encuentra L1:

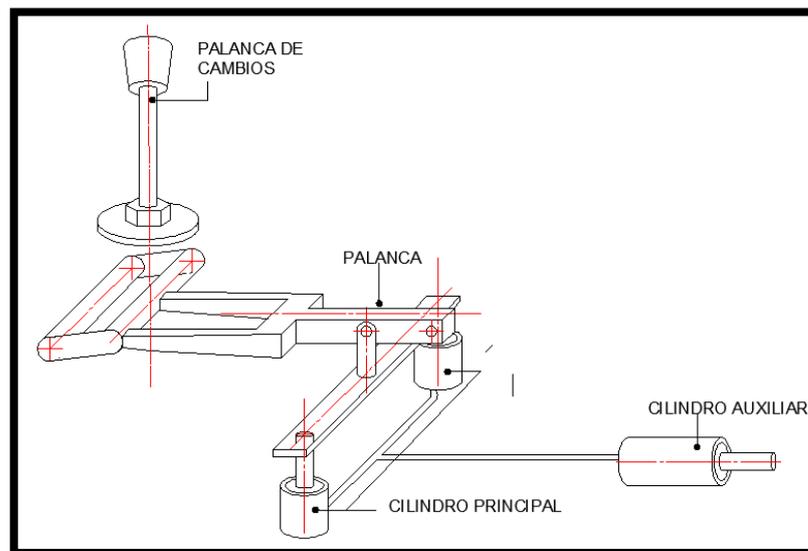
$$L1 = \frac{239,43mm^2 \times 80mm}{2(285,2mm^2)}$$

$$L1 = 34mm$$

### 1.2.5.2. Cálculo del sistema mecánico del nuevo mando del embrague

A continuación se realiza el cálculo de fuerzas conjuntamente con el diseño de cada elemento, en la figura 1-18 se muestra un esquema de los elementos que componen el sistema mecánico del nuevo mando de embrague.

Figura 1-18. Sistema mecánico del mando de embrague

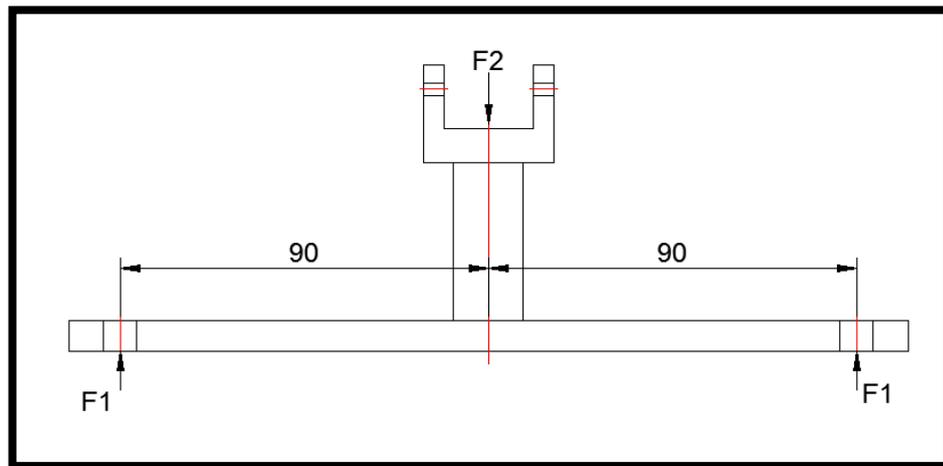


Fuente: Autores

### 1.2.5.2.1. Placa

La placa permite accionar los émbolos de los cilindros principales simultáneamente y transmitir a la palanca una  $F_2$ , cuyo valor se determina a continuación, al realizar una sumatoria de fuerzas, considerando a la misma como un elemento rígido indeformable, figura 1-19.

Figura 1-19. Placa.



Fuente: Autores

$$\sum Fy = 0$$

$$F1 + F1 - F2 = 0$$

Despejando  $F_3$ :

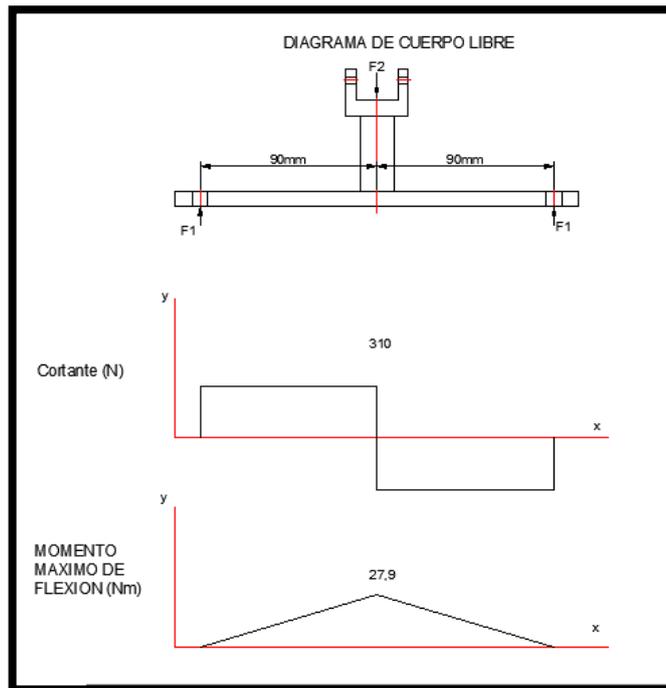
$$2(F1) = F2$$

Reemplazando el valor de  $F_1$  (155N).

$$F2 = 310N$$

Mediante un diagrama de cuerpo libre, figura 1-20, se puede apreciar que la placa está sometida a un esfuerzo de flexión, por lo tanto se realiza el cálculo del espesor  $t$  con el fin de evitar el pandeo del mismo, lo cual produciría una pérdida de fuerza al momento de accionar el nuevo mando de embrague.

Figura 1-20. Diagrama de cuerpo libre de la placa.



Fuente: Autores

El esfuerzo de diseño depende del valor de la resistencia a la fluencia  $S_y$  de cada material. Se prueba con un material ASTM (American Society for Testing and Materials) A36 lo cual indica que es una aleación de acero al carbono de propósito general, cuyas propiedades se especifican en la tabla 1-4, con un factor de seguridad de 4 se tiene que:

$$\sigma = \sigma_d = \frac{S_y}{n}$$

(1-8 Diseño de elementos de Máquinas. Robert L. Mott. Pág.106).

$$\sigma = \sigma_d = 62,5MPa$$

$$\sigma = \sigma_d$$

$$\sigma = 62,5MPa$$

De la ecuación 1-5 :

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Despejando  $S$  y reemplazando los valores de  $M=27,9\text{Nm}$  y  $\sigma=62,5\text{MPa}$ .

$$S = \frac{M}{\sigma}$$

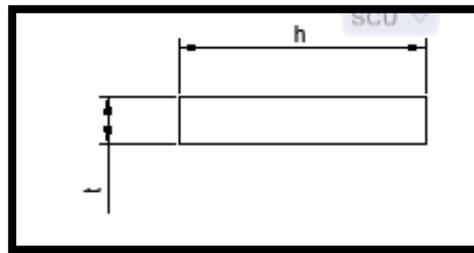
$$S = 4,46 \times 10^{-7} \text{m}^3$$
(1-20)

La ecuación 1-6 expresa que:

$$S = \frac{th^2}{6}$$

Para que el módulo de sección quede en función del espesor de la placa  $t$ , se supone que  $h=6t$ , figura 1-21:

Figura 1-21 Sección transversal de la placa.



Fuente: Autores

Por lo tanto:

$$S = \frac{t(6t)^2}{6}$$

Despejando  $t$ :

$$t = \sqrt[3]{\frac{S}{6}}$$

(1-21)

Reemplazando el valor de  $S$  en la ecuación 1-20, se tiene que:

$$t = 4,2 \times 10^{-3} m$$

$$t = 4,2 mm$$

La dimensión  $h$  esta dada por la relación anterior:

$$h = 6t$$

$$h = 6(4,2 mm)$$

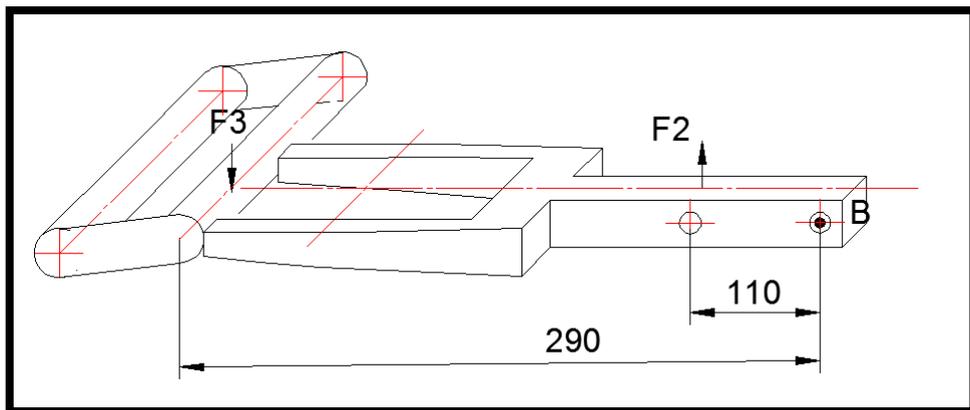
$$h = 25,2 mm$$

Por lo tanto la placa requerida tiene por dimensiones 25x4mm, de la tabla 1-5 se selecciona la platina de 38x4mm con el fin de aumentar el factor de seguridad del elemento.

### 1.2.5.2.2 Palanca

Conociendo que  $F_2 = 310 N$  se calcula el valor de  $F_3$ , empleando una sumatoria de momentos con respecto al punto B, ver figura 1-22.

Figura 1-22. Palanca.



Fuente: Autores

$$\sum M_B = 0$$

$$F_3 (290 mm) - F_2 (110 mm) = 0$$

Despejando F3:

$$F3(290mm) = F2(110mm)$$

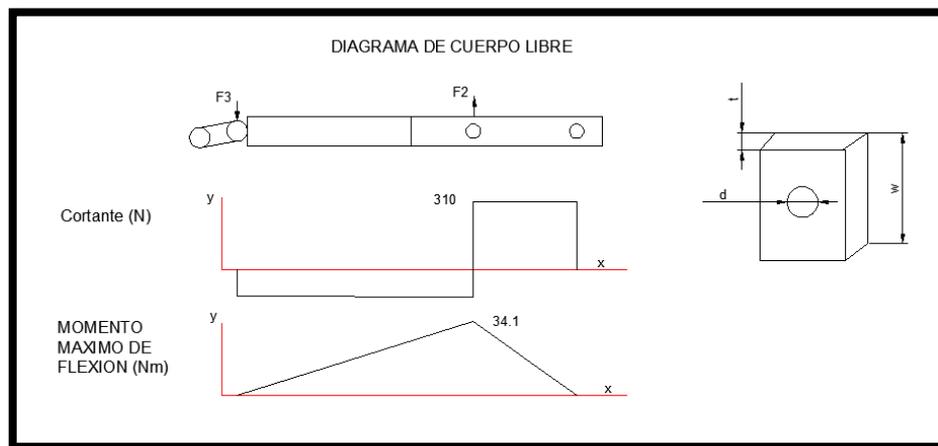
$$F3 = \frac{260N(110mm)}{290mm}$$

$$F3 = 98,6N$$

### 1.2.5.2.3. Diseño de la horquilla

Se analiza a la horquilla como una viga a flexión, en la figura 1-23 se indica el lugar y el valor del momento máximo de flexión.

Figura 1-23. Diagrama de Cuerpo libre de la palanca.



Fuente: Autores

Se imponen los siguientes datos:

El diámetro de los agujeros es 5mm,  $w=9.5t$ , ver figura 1-23, el material de la platina es ASTM A36 y el factor de seguridad  $n$  es de 4.

de la ecuación 1-5:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{n}$$

De la tabla 1-4 se determina el valor de la resistencia a la fluencia  $S_y$ :

$$\sigma_d = \frac{250 MPa}{4}$$

$$\sigma_d = 62,5 \text{ MPa}$$

Para evitar el pandeo de la viga, se iguala el valor del esfuerzo de diseño  $\sigma_d$  al del esfuerzo real  $\sigma$ .

$$\begin{aligned}\sigma_d &= \sigma \\ \sigma &= 62,5 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Este valor se reemplaza en la ecuación 1-22.

$$\sigma = \frac{6Mw}{(w^3 - d^3)t}$$

(1-22. Diseño de Elementos de Máquinas. Robert L. Mott. A-29)

Como  $w=9.5t$ , la ecuación se reduce a:

$$\sigma = \frac{6M(9.5t)}{[(9.5t)^3 - d^3]t}$$

Despejando para t:

$$\begin{aligned}(3t)^3 &= \frac{57M}{\sigma} + d^3 \\ 9.5t &= \sqrt[3]{\frac{57M}{\sigma} + d^3} \\ t &= \frac{\sqrt[3]{\frac{57M}{\sigma} + d^3}}{9.5}\end{aligned}$$

(1-23)

El valor de  $M=34.1\text{Nm}$ , definido en la figura 1-24, el diámetro  $d$  es  $5\text{mm}$ , por construcción, reemplazando estos valores se tiene que:

$$t = 3,31\text{mm}$$

Por lo tanto:

$$w = 31,44\text{mm}$$

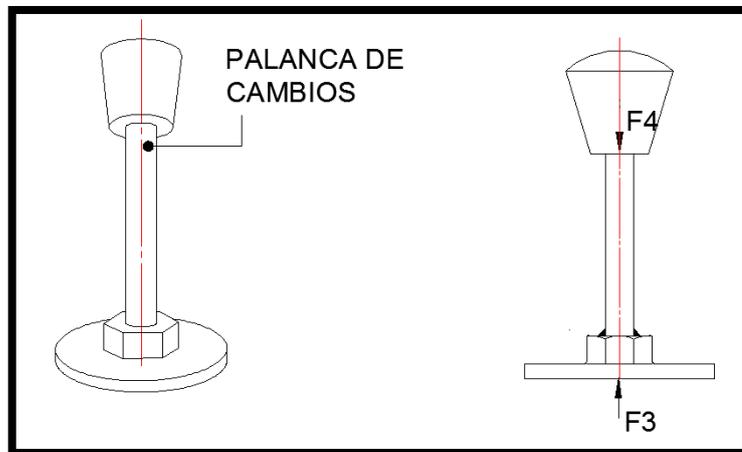
Se elige la platina de 38x4mm de la tabla 1-3.

#### 1.2.5.2.4. Palanca Selectora

Es necesario cortar la cabeza de la palanca selectora de marchas o palanca de cambiosdejando dicha palanca con la mayor longitud posible ya que sobre ella se suelda un tubo de diámetro 16mm y una longitud de 300mmcon el fin de permitir el desplazamiento libre de la nueva palanca selectora. La figura 1-24 muestra la forma de la nueva palanca, la cual posee una longitud de 350mm con esto se garantiza que los émbolos del circuito hidráulico se desplacen con una carrera de 34mm cada uno.

La nueva palanca selectora de marcha posee un diámetro exterior de 19mm y un espesor de 0,75mm, tabla 1-8. lo cual da como resultado un diámetro interno de 17,5mm el cual permitirá un desplazamiento libre del nuevo mando, para conocer el factor de seguridad de este tubo se realiza el siguiente cálculo:

Fig 1-24. Palanca selectora.



Fuente: Autores

Tabla 1-8. Tubo mecánico redondo.



**TUBO MECANICO REDONDO**

**Especificaciones Generales**

	DIAMETRO EXTERIOR (D)		ESPESOR		PESO		PROPIEDADES		
	Pulg	mm	e mm	P kg/6m	A cm	I cm4	W cm3	i cm	
1/2	12.70		0.60	1.14	0.23	0.04	0.07	0.43	
			0.75	1.44	0.28	0.05	0.08	0.42	
			0.95	1.86	0.35	0.06	0.09	0.41	
			1.10	2.10	0.40	0.07	0.11	0.41	
			1.50	2.82	0.53	0.08	0.13	0.39	
5/8	15.88		0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54	
			0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53	
			0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51	
			1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52	
			1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51	

**Norma**: ASTM A 513  
**Recubrimiento**: Negro o galvanizado  
**Largo Normal**: 6 mts  
**Otros largos dimensiones**: Previa consulta  
**Desde 1/2" a 2 1/2"**  
**Esesor**: Desde 0,6 mm a 1,5 mm

Fuente: Catálogo de aceros DIPAC. Pág. 34.

De la tabla 1-8 se conoce que el tipo de material del tubo es ASTM A513 y por medio de la tabla 1-4 se conoce que el valor de la resistencia a la tensión,  $S_y$ , es de 310MPa.

De la ecuación 1-5 se tiene que:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{n}$$

Trabajando con un factor de seguridad  $n$  igual a 4, el valor del esfuerzo de diseño,  $\sigma_d$ , es:

$$\sigma_d = 77,5MPa$$

Conociendo que el esfuerzo de compresión es igual a:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

(1-24. Diseño de Máquinas. Robert L. Mott. Pág.90)

Donde A esta dado por la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

(1-25. Diseño en ingeniería mecánica. Shigley. Anexos)

De los datos de la tabla 1-9 se conoce el valor de D diámetro exterior al restar dos veces el valor del espesor se conoce que d o diámetro interior es de 17.5mm y al reemplazar en la ecuación 1-25 se tiene el valor de A:

$$A = 0,6776 \times 10^{-4} m^2$$

Reemplazando este valor en la ecuación 1-24 y como es conocido que F es 98,6N.

$$\sigma = 1,45MPa$$

Para que el tubo pueda soportar el esfuerzo de compresión se conoce que:

$$\sigma < \sigma_d$$

(1-26. Diseño de Máquinas. Robert L. Mott. Pág.188)

$$1,45MPa < 77,5Mpa$$

Por lo tanto no existe ningun inconveniente con la resistencia de este elemento.

#### 1.2.5.2.5. Cálculo del muelle de recuperación

El muelle permite el retorno del mecanismo de palancas y un embragado progresivo, la fuerza que actúa sobre el muelle es  $F_2 = 310$  N, esta es la fuerza total como se dividen en 2 cilindros principales esta fuerza se divide de igual forma, para su diseño es necesario tomar algunas decisiones:

Material: Alambre estirado duro.

Diámetro del alambre:  $d = 1,5$  mm.

Diámetro medio:  $D = 13$  mm.

Longitud de deformación 100mm.

Factor de seguridad al cierre  $n_s \geq 1.2$ .

En la figura 1-14 se muestran las dimensiones de un muelle de compresión.

Con la ecuación 1-11 se calcula el Índice del resorte C, que debe estar comprendido entre  $4 \leq C \leq 12$  ya que valores menores a 4 son difíciles de formar y valores mayores a 12 tienden a enredarse.

Por lo tanto:

$$C = \frac{D}{d}$$

(1-11. Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley. Pág 501)

$$C = \frac{13}{1,5}$$

$$C = 8.66$$

Remplazando el valor de C en la ecuación 1-12 se obtiene el valor de  $K_B$ .

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3}$$

$$K_B = 1.158$$

De la ecuación 1-13 se conoce que:

$$\tau = \frac{k_B 8(1 + \varepsilon) F_{max} D}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{k_B 8(1 + \varepsilon) 155N D}{\pi d^3}$$

$$\tau = 2.02 \text{ GPa}$$

La ecuación 1-14 se tiene que el esfuerzo cortante máximo permisible  $S_{sy}$  es:

$$S_{sy} = 0.56 \frac{A}{d^m}$$

De la tabla 1-6 se determinan los valores de A y  $m$ . estos están en función del tipo de material elegido para la construcción del muelle, por lo tanto:

$$S_{sy} = 3,17 \text{ GPa}$$

Por la ecuación 1-15 se obtiene el factor de seguridad  $n_s$ :

$$n_s = \frac{Ssy}{\tau}$$

$$n_s = 1,56$$

Con este valor de  $n_s$  se puede concluir que las dimensiones y el tipo de material impuesto son correctos, ahora es indispensable dimensionar el muelle, todas estas medidas están en función de la forma de los extremos, razón por la cual se determina que este muelle posea extremos a escuadra y esmerilados.

Cálculo de espiras activas  $N_a$ , ecuación 1-16:

$$N_a = \frac{\gamma d^4 G}{8FD^3}$$

El valor de  $G$  se toma de la tabla 10-5 del libro de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley pagina 508.

$$N_a = 15$$

Cálculo de espiras totales  $N_t$ , ecuación 1-17:

$$N_t = N_a + 2$$

$$N_t = 17$$

Cálculo del paso del resorte, ecuación 1-18:

$$p = \frac{L_o - 2d}{N_a}$$

$$p = 11 \text{ mm}$$

Longitud solida, ecuación 1-19:

$$l_s = dN_t$$

$$l_s = 25,5 \text{ mm}$$

### 1.3. DISEÑO DEL MANDO PARA EL SISTEMA DE ACELERACIÓN DEL VEHÍCULO

El mando de aceleración es muy importante ya que con este se controla el régimen de giro del motor según las exigencias del conductor, es necesario plantear los requisitos que deben cumplir el nuevo mando de aceleración, por ello se realiza la medición de la fuerza necesaria para accionar el eje de aceleración del carburador.

#### 1.3.1. Determinación del torque requerido

Es indispensable conocer el torque que se genera en el eje del carburador al momento de accionar el pedal, este eje posee un pequeño brazo en un extremo para anclar el cable de aceleración. Se mide la longitud del brazo de dicho eje y la fuerza que actúa sobre él mediante el empleo de un dinamómetro.

Esta medición se realiza con la cuba del carburador cargada de gasolina ya que el momento de activar el mecanismo de aceleración, este acciona simultáneamente una pequeña bomba que posee el carburador con el fin de enriquecer la mezcla de combustible, dicha bomba presenta cierto grado de resistencia la cual debe ser vencida por el mecanismo de aceleración.

##### 1.3.1.1. Dinamómetro

Como instrumento de medida se emplea un dinamómetro con una escala de hasta 25libras, lo cual equivale a 11,2N. Ver figura 1-25.

Figura 1-25. Dinamómetro



Fuente: Autores

### 1.3.1.2. Instalación:

Se instala el extremo móvil del dinamómetro en el agujero dispuesto para el anclaje del cable de aceleración que posee el brazo del eje del carburador, desinstalado el filtro de aire del carburador, se libera el muelle de recuperación del mando de aceleración, ya que el nuevo mando debe cumplir con esta función, en la figura 1-26 se muestra la instalación de la balanza de resorte en el carburador del vehículo.

Figura 1-26. Instalaciones del dinamómetro.

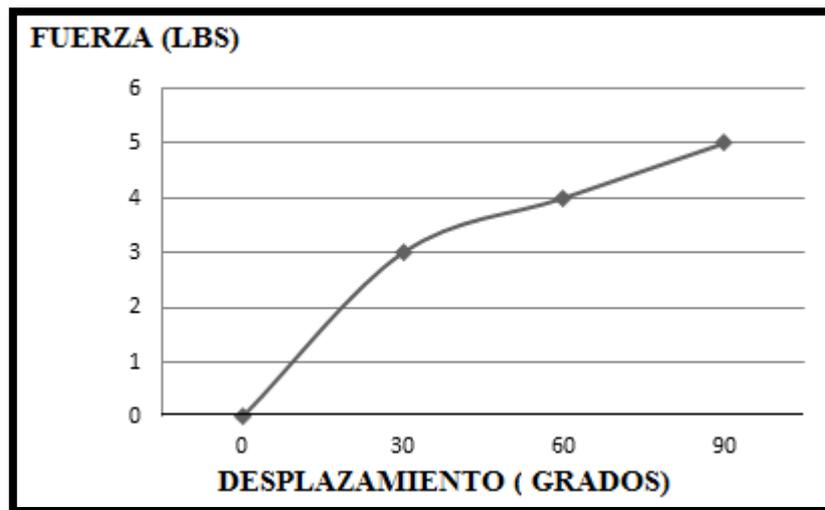


Fuente: Autores

### 1.3.1.3. Medición:

Con el motor encendido se hala el extremo móvil de la balanza de resorte, lo cual permite ver sobre la carátula, el valor de la fuerza empleada para acelerar el vehículo, los resultados obtenidos se presentan en la figura 1-27.

Figura 1-27. Valores de fuerza del accionamiento del acelerador.



Fuente: Autores

Por lo tanto se determina que la fuerza necesaria para abrir completamente la mariposa de aceleración es 5libras, lo que equivale a 22,24N.

Mediante el empleo de un calibrador se determina, que la longitud del brazo es de 25,5mm (0,0255m):

Reemplazando estos valores en la ecuación 1-27:

$$T = F \times L$$

(1-27)

$$T = 0,55Nm$$

### 1.3.2. Requisitos del diseño para el mando de aceleración

El nuevo mando debe cumplir con los siguientes requisitos:

- No debe tener inconvenientes, o fallas en el sistema, quedando sin aceleración o en su caso acelerado, pues podría ocasionar daños serios en el mismo.
- Ejercer sobre el eje de aceleración un torque de 0,55Nm.
- Desplazar el anillo de aceleración hacia adentro y al momento de soltarlo regrese a su posición inicial.

- Desplazar el anillo hacia adentro siendo la aceleración progresiva.
- Al mantener en una posición el anillo de aceleración, la mariposa del carburador se encuentre estática en la posición que le corresponda.

### **1.3.3. Discusión para el mando del circuito de aceleración**

#### **1.3.3.1. Mando accionado por palancas**

La fuerza que se necesita para accionar la mariposa de aceleración del carburador debe ser ejercida desde el mecanismo de accionamiento(anillo de aceleración) que se encuentra en el volante de dirección, y al ser un mecanismo de palancas no se podrá desplazar libremente con el giro del volante, siendo inservible para este sistema.

#### **1.3.3.2. Mando accionado por un sistema inalámbrico infrarrojo**

Este circuito tiene el inconveniente de transmitir la señal con interferencia de cualquier emisor de luz infrarroja por ejemplo: la luz del sol, un foco incandescente o una lámpara fluorescente, para lo cual se necesita que la emisión de luz sea codificada y filtrada, a más, el receptor y el emisor, deben colocarse a una misma altura y de forma puntual.

Sobre el volante va instalado el mecanismo de accionamiento, lo cual deja como opciones, instalar emisor y receptor sobre el volante o sobre el compacto del auto, de cualquier forma se necesita el empleo de cables, los cuales pueden enredarse y romperse al producir el giro del volante.

#### **1.3.3.3. Mando accionado por un sistema de transmisión inalámbrico de radio control**

Los circuitos de radio control transmiten señales analógicas o digitales a cortas, medianas y grandes distancias, dependiendo de su potencia.

Este tipo de sistemas es muy utilizado actualmente para casi todo, desde el internet, hasta comandar un automodelismo. En el caso de estos últimos existen en el mercado una diversidadde marcas, las cuales ofrecen sistemas de radio control con gran variedad de frecuencias, alcances y un sin número de canales.

Se decide utilizar un sistema de radio control de la marca FLYSKY, modelo FS-GT2, el cual posee un alcance de 500m a la redonda y trabaja en una frecuencia de 2,4GHz.

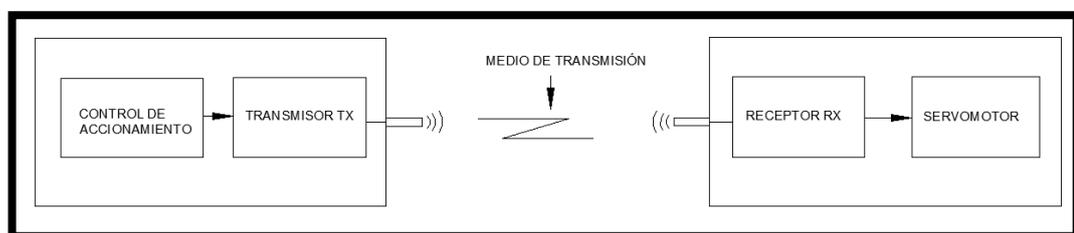
#### 1.3.4. Diseño del mando accionado por un circuito inalámbrico de radio control FS-GT2

El sistema de radio control a emplear trabaja con una frecuencia de 2,4 GHz encontrándose en la frecuencia UHF( frecuencia ultra alta), el modo de transmisión de este sistema es símplex.

El modo de transmisión de datos hace referencia a la forma de manejar la información, existiendo varias maneras de hacerlo. El sistema de radio control a adecuar posee un modo de transmisión SímplexSx, con lo cual la transmisión se realiza en una sola dirección o sólo recibir o sólo transmitir.

Este sistema esta conformado por un mando de accionamiento, el cual produce una variación de voltaje, un transmisor de radio control FS-GT2, un receptor FS-G3RA y un mecanismo de transmisión de corriente , del AIRBAG delvolante, para poder llevar la variación de voltaje del mando de accionamiento hasta el transmisor, la figura 1-28 muestra un diagrama de bloques simplificado del sistema de radio control FS-GT2, el cual se compone por un control de accionamiento, un transmisor, un receptor y un servomotor.

Figura 1-28. Diagrama de bloques.



Fuente: Autores

El control de accionamiento produce una variación de voltaje, la cual es codificada por medio de un conjunto de dispositivos en el transmisor y es enviada al ambiente por la antena.

La antena del receptor capta esta señal y por medio de otro conjunto de dispositivos en el receptor se decodifica esta información para gobernar al servomotor, el cual produce el giro del eje de aceleración, con la consiguiente apertura o cierre de la mariposa de aceleración. Cabe recalcar que dicha apertura o cierre es proporcional al desplazamiento del control de accionamiento.

#### **1.3.4.1. Control de accionamiento**

Ubicado sobre el volante, permite al conductor comandar al servomotor, consta de un anillo metálico, un potenciómetro o resistencia variable y muelles de recuperación. El anillo de aceleración metálico acciona directamente el potenciómetro, al ser desplazado, esto produce una variación de voltaje que es enviada al conjunto transmisor, el muelle de recuperación es el encargado de producir el retorno del anillo a su posición inicial, al momento de que el conductor deje de accionarlo, lo cual produce una nueva variación de voltaje.

#### **1.3.4.2. Transmisor modelo FS-GT2**

Un transmisor es un conjunto de dispositivos o circuitos electrónicos que convierten la información generada por el control de accionamiento, en una señal que se puede transmitir en ondas electromagnéticas de radio, cabe indicar que estas viajan a través de una onda analógica llamada portadora. Figura 1-29.

Figura 1-29. Transmisor de RF FS-GT2.



Especificaciones:

Canales: 2

Voltaje de funcionamiento: máximo 12V mínimo 9V de corriente continua (DC)

Empleo: carros y botes de modelismo.

Modulación: GFSK, modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana(modulación por desplazamiento donde un 1 lógico es representado mediante una desviación positiva y un 0 por una desviación negativa).

Potencia de RF: menos de 20dbm (decibeles relativos a un milivoltio).

Tipo de código: Digital.

Frecuencia de Banda: 2.4GHz.

### 1.3.4.3. Receptor modelo FS-GR3A

Es el encargado de recibir las señales moduladas por el transmisor y dar el proceso de demodulación, es decir convertir la señal recibida a su forma original, con lo cual se gobierna el servomotor, el receptor está alojado en el cofre del motor. Figura 1-30.

Figura 1-30. Receptor de RF FS-GR3A



Fuente: Manual de instrucciones FS-GT2.

Especificaciones:

Canales: 3

Voltaje de funcionamiento: máximo 6V, mínima 4.5V de corriente continua (DC)

Empleo: carros y botes de modelismo.

Modulación: GFSK, modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana(modulación por desplazamiento donde un 1 lógico es representado mediante una desviación positiva y un 0 por una desviación negativa).

Potencia de RF: menos de 20dbm (decibeles relativos a un milivoltio).

Tipo de código: Digital

Frecuencia de Banda: 2.4GHz.

#### 1.3.4.4. El servomotor

Es un motor eléctrico que tiene la capacidad de colocarse en cualquier posición o ángulo dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición también puede ser controlado en velocidad, ver figura 1-31. Posee un motor eléctrico de corriente continua, un juego de engranes que pueden ser plásticos o metálicos y un circuito integrado, el cual controla el giro del motor según la información proveniente del receptor FS-GR3A.

El servomotor va fijado al cuerpo del carburador del vehículo y unido al mando de aceleración del carburador por medio de un eslabón metálico. Posee tres cables de colores,el color café o marrón es para la corriente negativa, el cable rojo corriente positiva y el cable de color amarillo es el ingreso de la señal que proviene del receptor.

Figura 1-31. Servomotor.



Fuente: Autores

### 1.3.4.5. Mecanismo de conexión eléctrica del AIRBAG del conductor

Como se menciona anteriormente este mecanismo permite transmitir la variación de voltaje desde el mando de accionamiento hasta el transmisor sin interferir con el giro libre del volante. La figura 1-32 muestra este mecanismo parcialmente desarmado. Es necesario conocer que el número de vueltas completas del volante, del vehículo Volkswagen escarabajo, es de 3 vueltas y que dicho mecanismo permite un total de 9 vueltas completas.

Figura 1-32 Mecanismo de conexión eléctrica del AIRBAG del conductor.



Fuente: Autores

### 1.3.5. Selección del servomotor a emplearse.

Conociendo que el torque requerido para accionar la mariposa de aceleración es de 0,55Nm, el cual fue calculado mediante la ecuación 1-27, es indispensable elegir dentro del ámbito comercial un servomotor que genere un torque mayor al requerido, aunque no existe gran variedad de marcas de estos elementos se elige de la tabla 1-9 que corresponde a la marca TOWER PRO el servomotor tipo MG995R, el cual produce un torque de 10kg-cm a un voltaje de 6V.

Tabla 1-9. Tabla de datos técnicos de servomotor.

TOWER PRO SERVO SPECIFICATION									
Type	Dimension	Weight	Stall torque	Operating speed	Operating voltage	Temperature rang	Dead band width	Gear type	apply for
SG50	21.5x11.7x25.1mm	5	0.6kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0°C_ 55°C	10µs	nylon	Helicopter,3D-flyer,F3A
SG51R	21.5x11.7x25.1mm	5	0.7kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0°C_ 55°C	10µs	nylon	
SG90	23x12.2x29mm	9g	1.8kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0°C_ 55°C	10µs	nylon	
SG91R	23x12.2x29mm	9g	1.8kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0°C_ 55°C	10µs	nylon	
SG5010	40.2x20.2x43.2mm	38g	5.5kg/cm(4.8V) 6.5kg/cm(6V)	0.2sec/60degree(4.8v) 0.16sec/60degree(6v)	4.8-6V	0°C_ 55°C	10µs	nylon	cars&airplane
MG945	40.7*19.7*42.9mm	55g	10kg/cm(4.8V), 12kg/cm(6V)	0.23sec/60degree(4.8v) 0.2sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0°C_ 55°C	5µs	metal	1/8 buggy, cars
MG945R	40.7*19.7*42.9mm	55g	10kg/cm(4.8V), 12kg/cm(6V)	0.23sec/60degree(4.8v) 0.2sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0°C_ 55°C	5µs	metal	
MG995	40.7*19.7*42.9mm	55g	8.5kg/cm(4.8V), 10kg/cm(6V)	0.20sec/60degree(4.8v) 0.16sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0°C_ 55°C	5µs	metal	1/10 buggy, cars
MG995R	40.7*19.7*42.9mm	55g	8.5kg/cm(4.8V), 10kg/cm(6V)	0.20sec/60degree(4.8v) 0.16sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0°C_ 55°C	5µs	metal	

Marks: "R" means RoHS, It is a material standard for European area, means non-toxic,non-leaded,no harm to enviroment

Fuente: [www.pdfactory.com](http://www.pdfactory.com) 10/07/2014.

Con el fin de convertir los 10Kg-cm a las unidades de medida internacional y poder comparar con el torque de 0,55Nm, que es el necesario para producir el accionamiento de la aceleración del vehículo, se realiza el siguiente transformación de unidades:

$$10Kg - cm \frac{9,81N}{1Kg} \times \frac{0,01m}{1cm} = 0,98Nm$$

Por lo tanto el torque del servomotor tipo MG995Res mayor al necesario para accionar el eje de aceleración del carburador (0,55Nm), concluyendo que no presenta ningún inconveniente para producir el accionamiento de la aceleración.

## **CAPÍTULO II.**

### **CONSTRUCCIÓN DE LAS ADECUACIONES DE LOS MANDOS DE CONDUCCIÓN.**

#### **2.1. CONSTRUCCIÓN DEL MANDO DE FRENO.**

Para la construcción se toma en cuenta los resultados de diseño de cada elemento, a más la posición en que se ubica los componentes sin interferir en la conducción del vehículo dando confort a la persona que va a conducir y a los acompañantes durante el manejo.

##### **2.1.1. Sistema mecánico**

Este sistema es muy importante ya que hace trabajar al mismo tiempo en el desplazamiento de los émbolos principales de freno al empujar el volante de dirección y también realiza el giro a la columna de dirección, a más se detalla la construcción de cada elemento del sistema de desplazamiento del volante en la columna de dirección.

##### **2.1.1.1. Volante de dirección**

Se utiliza un volante de dirección comercial de tipo deportivo ya que se encuentra en cualesquier sitio de venta de accesorios automotrices (figura 2-1), en condiciones normales el volante de dirección se sujeta a la columna de la dirección mediante un adaptador, el cual posee 6 orificios roscados en los cuales se emperna el volante y un orificio estriado el cual se fija en la columna de dirección.

Para el nuevo mando se sustituye dicho adaptador por el cubo estriado, sobre cada brazo del volante se realiza un orificio de diámetro 4mm, para colocar el anillo metálico de la aceleración, en el anexo 1 se representan las dimensiones del volante de dirección.

Figura 2-1. Volante.



Fuente: Autores

### 2.1.1.2. Cubo estriado

En un auto, el cubo estriado permite la sujeción del neumático, a través de los espárragos, que lleva instalados a presión, en su interior se aloja la punta de eje la cual se hace solidaria al cubo, gracias al estriado que poseen dichos elementos, también sirve como soporte para la pista interna del rodillo de la rueda, figura 2-2.

Figura 2-2. Cubo estriado.

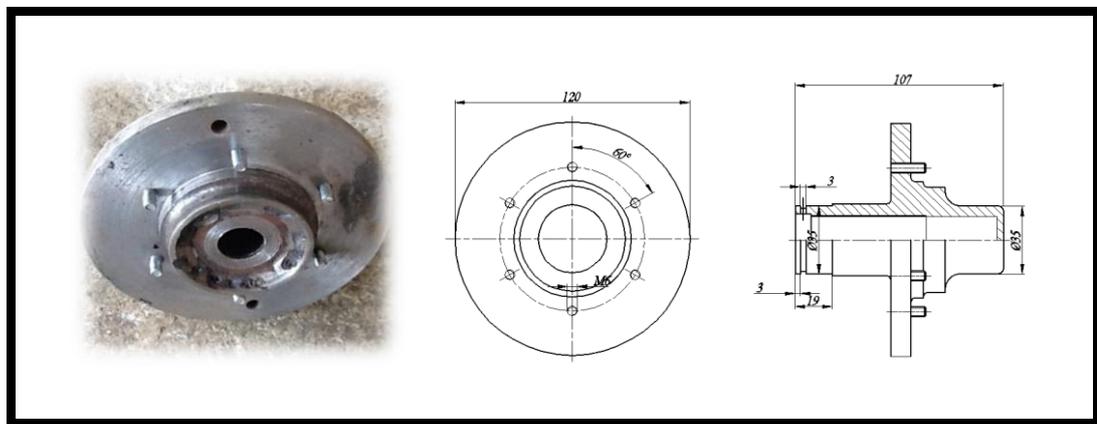


Fuente: Autores

En el nuevo mando de freno, el cubo estriado soporta el volante, permite desplazar axial y radialmente el mismo, para lo cual se extraen los espárragos y se rellena estos agujeros con suelda eléctrica, en el torno se refrenta el eje que soporta la pista interna del rodillo dejándolo a la medida de 35mm, ya que el volante va fijado a este elemento, se instalan pernos M6, según las dimensiones del volante especificadas en

el anexo 1, una vez trazado y señalado los centros de los agujeros se taladran y se instalan los 6 pernos M6, mediante soldadura se fijan al cuerpo del cubo estriado. Sobre el eje hueco que soporta los rodillos se taladra un agujero de diámetro 3mm con el fin de instalar un pasador, el cual evita que el cubo salga del estriado del eje cuando regresa libre por la acción del muelle, en el extremo opuesto se realiza una unión por soldadura eléctrica de un tubo de diámetro interno de 27mm y un alto de 30mm para aumentar el desplazamiento del cubo sobre el eje, una arandela del mismo diámetro (27mm) sirve de tapa y de apoyo para el muelle de compresión. Ver figura 2-3, en el anexo 2 indica las nuevas dimensiones del cubo estriado.

Figura 2-3. Cubo estriado modificado.



Fuente: Autores

### 2.1.1.3. Eje estriado

Para unir el cubo estriado con la columna de la dirección y que este sea extraíble se suelda una tuerca M22 de paso fino para lo cual se cilindra el extremo roscado del cubo estriado, según las dimensiones del anexo 3, esto garantiza que la tuerca esté centrada al momento de soldarla, ver figura 2-4

Figura. 2-4. Cilindrado de la punta de eje.



Fuente: Autores

Se realiza el corte de la punta de eje, utilizando la amoladora ya que el material es muy duro para realizar el corte con una sierra o con una cuchilla de corte en el torno, con lo cual se divide extrayendo el estriado de la parte cónica de la punta de eje, se indica la Figura 2-5.

Fig. 2-5. Corte de la punta de eje.



Fuente: Autores

Con el fin de que el cubo estriado quede fijo y no se salga del eje por la acción del muelle, es necesario realizar un fresado sobre el estriado dando espacio para que un pasador recorra en la canal del fresado y no permita que se escape el cubo estriado del eje estriado, las dimensiones se especifican en el anexo 3 y la Figura. 2-6 muestra el aspecto final del eje roscado.

Fig. 2-6. Eje estriado.



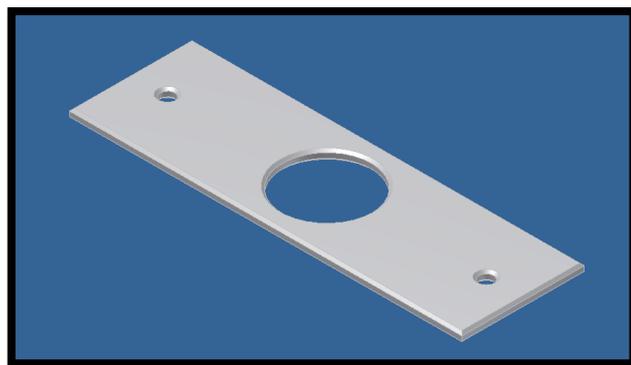
Fuente: Autores

#### 2.1.1.4. Placa del nuevo mando de freno

Se utiliza la platina de 160x50x4 mm, la placa posee un agujero central de diámetro 35mm y dos agujeros en los extremos de diámetro 6mm, en el anexo 4 se puede observar la ubicación exacta de los mismos y en la figura 2-7 se observa la placa terminada .

Los agujeros de diámetro 6mm se los realiza mediante taladrado con broca para metal, a diferencia del agujero central para el cual se emplea un torno garantizando el centrado de dicho agujero, y con una lima introduciendo en el agujero se elimina las aristas producidas por el corte dejándola manipulable.

Figura 2-7. Placa del mando de freno.



Fuente: Autores

### 2.1.2. Sistema hidráulico

A continuación se detalla la construcción de los cilindros hidráulicos principales y del cilindro auxiliar, esto se realiza a partir de la modificación de amortiguadores de compuertas de vehículos, comercialmente no existen cilindros hidráulicos con diámetros menores a 25,4mm y carreras o desplazamientos mayores o iguales a lo requerido.

#### 2.1.2.1. Construcción de los cilindros principales CP1 y CP2

Los cilindros principales se construyen a partir de dos amortiguadores de compuerta, los cuales poseen un diámetro de 15,87mm y una carrera o desplazamiento de 250mm, ver figura 2-8, a más de esto, los cilindros se recortan a una medida de 140mm de longitud para el desplazamiento de los émbolos.

Figura 2-8. Amortiguadores de compuertas.

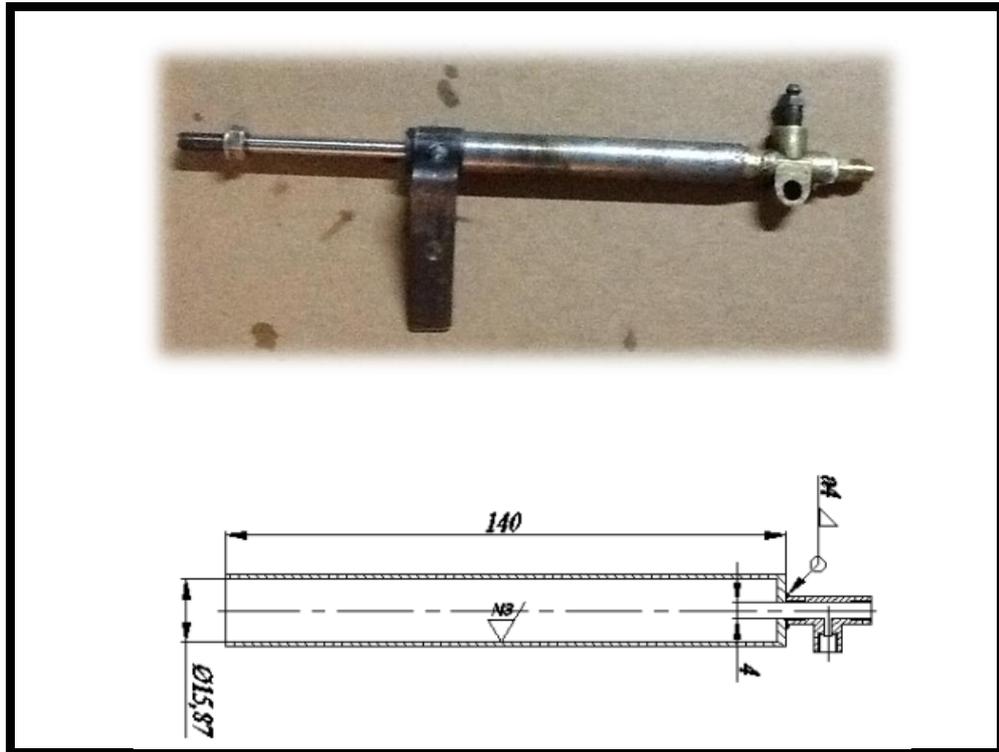


Fuente: Autores

Se cortan dichos amortiguadores en dos partes iguales, se extraen los émbolos y se reemplazan los retenes, con la mitad cerrada de cada tubo de amortiguador se construyen los cilindros principales.

Se adhiere una unión de bronce en T, como indica la figura 2-9 y el anexo 5 indica las dimensiones del cilindro, sobre el extremo libre del vástago se realiza un roscado grueso M8.

Figura 2-9. Cilindro principal del mando de freno.



Fuente: Autores

### 2.1.2.2. Construcción del cilindro auxiliar CA

Construido a partir de un amortiguador de dirección del vehículo Volkswagen escarabajo en mal estado, ya que su longitud total es de 210mm y su longitud útil es de 186mm permitiendo el desplazamiento requerido de 86mm y un diámetro interno de 22,22mm, , este tipo de amortiguador posee una cámara adicional, en la cual se recibe el fluido que desplaza el émbolo en su contracción, ver figura 2-10, con el empleo de una sierra se cortan los extremos de dicha cámara y se extrae la misma, es necesario extraer la válvula que posee este amortiguador en el interior y se sueldan dos racores hembras de diámetro 6,35mm o ¼ de pulgada.

Figura 2-10. Amortiguador desarmado.



Fuente: Autores

El anexo 6 indica la posición de cada uno de las uniones fijas sobre el cilindro, el émbolo del amortiguador es cortado en el extremo y roscado una distancia de 30mm con un paso grueso M8 sirviendo esta rosca para colocar la unión en U del émbolo con el pedal y a más pueda ser calibrable, a figura 2-11, muestra el cilindro auxiliar y su respectivo émbolo.

Figura 2-11. Cilindro auxiliar del mando de freno.



Fuente: Autores

### 2.1.2.3. Sellos de los émbolos hidráulicos

Los émbolos hidráulicos, que se obtuvieron al cortar cada amortiguador de compuerta deben ser cambiados sus sellos, para permitir la estanqueidad de las nuevas cámaras hidráulicas, para los émbolos de los cilindros principales se dispone

de sellos número 2-013 y para el émbolo del cilindro auxiliar se coloca un sello número 2-017. Ver tabla 2-1.

Tabla 2-1. Catálogo de o-ring Parker serie 2-xxx

Parker N°	DI mm	DE mm	Parker N°	DI mm	DE mm	Parker N°	DI mm	DE mm
2-001*	0.74	2.78	2-011	7.65	11.21	2-021	23.52	27.08
2-002*	1.07	3.61	2-012	9.25	12.81	2-022	25.12	28.68
2-003*	1.42	4.46	2-013	10.82	14.38	2-023	26.70	30.26
2-004	1.78	5.34	2-014	12.42	15.98	2-024	28.30	31.86
2-005	2.57	6.13	2-015	14.00	17.56	2-025	29.87	33.43
2-006	2.90	6.46	2-016	15.60	19.16	2-026	31.47	35.03
2-007	3.68	7.24	2-017	17.17	20.73	2-027	33.05	36.61
2-008	4.47	8.03	2-018	18.77	22.33	2-028	34.65	38.21
2-009	5.28	8.84	2-019	20.35	23.91	2-029	37.82	41.38
2-010	6.07	9.63	2-020	21.95	25.51	2-030	41.00	44.56

Fuente: Autores

En los extremos de los vástagos se realiza un roscado M8, por una distancia de 25,4mm de longitud, con el fin de instalar las tuercas que sirvan de apoyo y apriete de la placa y del eslabón de unión con el pedal.

#### 2.1.2.4. Mangueras hidráulicas

Se emplea dos pedazos de manguera hidráulica, para tener una mayor facilidad de maniobrabilidad, de una longitud de 1,25m, en cada extremo se colocan dos terminales, un hembra giratorio y un terminal orientable, ambos con rosca de 6,35 o ¼ de pulgada, mediante un proceso de vulcanizado. La figura 2-11 muestra los terminales y la manguera.

Figura 2-12, Mangueras hidráulicas.



Fuente: Autores

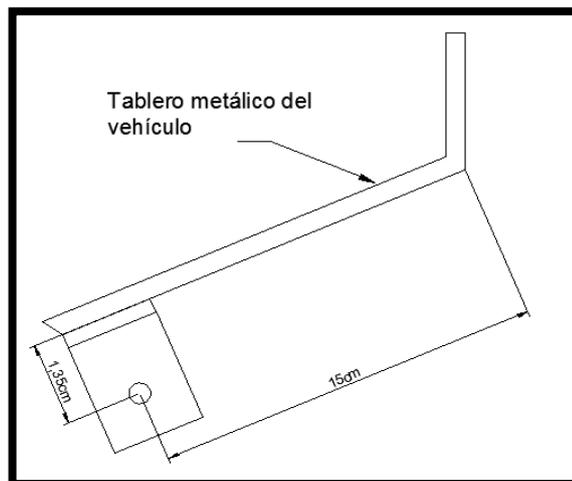
### 2.1.2.5. Bases de sujeción del sistema hidráulico

#### 2.1.2.5.1. Bases de los cilindros principales

A partir de una platina recta de ancho 37mm y un espesor de 3mm se construyen las dos bases, el anexo 7 indica la ubicación exacta de los agujeros de la misma que permiten fijar al compacto del carro en un extremo y el otro como soporte al cilindro principal del freno por medio del pasador.

En la figura 2-13 se muestra la distancia a la que se debe colocar la base de sujeción de los cilindros principales del freno.

Figura 2-13. Ubicación de la base de sujeción del C.P.1 y 2

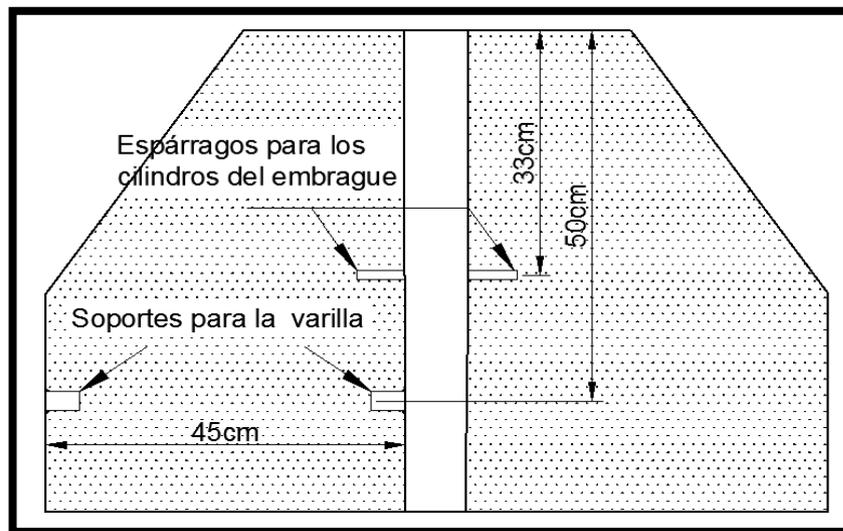


Fuente: Autores

### 2.1.2.5.2. Bases de los cilindros auxiliares

En el piso del auto se sueldan dos tubos de diámetro 15mm y espesor 2,5mm a una altura de 25mm, la figura 2-14 indica la ubicación de los mismos dentro del habitáculo del vehículo, el tubo que se encuentra al lado derecho del habitáculo cerca de la puerta posee una abertura para permitir el ingreso de la varilla, la cual sirve de soporte para los cilindros auxiliares de freno y del embrague.

Figura. 2-14. Ubicación de los soportes para la varilla.



Fuente: Autores

La varilla es de diámetro 10mm con una longitud de 450mm y posee un perfilado en un extremo para permitir el ingreso de la misma en el apoyo que se menciona anteriormente, se recalca que este tipo de acople hace que el sistema pueda ser desmontable fácilmente.

## 2.2. CONSTRUCCIÓN DEL MANDO DE EMBRAGUE

Para la construcción del sistema se tiene presente que el embrague es accionado por cable, teniendo que revisar el estado del mismo, a más se tiene los resultados de diseño facilitando la elección de tamaños de cañerías, dimensionados de cilindros, etc.

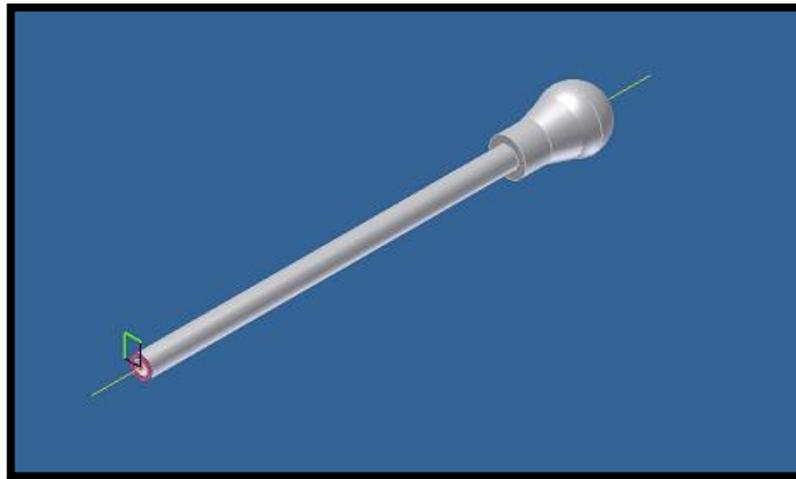
### 2.2.1. Sistema mecánico

Encargado de multiplicar la fuerza que ejerce la mano del conductor permite también accionar los émbolos principales del nuevo mando del embrague, se compone de un mando deslizante, una palanca y una placa divisora de fuerza la cual permite accionar simultáneamente los émbolos de los cilindros principales del nuevo mando del embrague.

#### 2.2.1.1. Mando deslizante

Construida a partir de un tubo de sección redonda con diámetro interno de 17,5mm y un espesor de 0,75mm, posee en el extremo superior la cabeza de la palanca de cambios y en su extremo inferior se encuentra soldada una tuerca M24 la misma que posee una arandela, las dimensiones de este elemento se detallan en el anexo 8 y la figura 2-15 muestra el aspecto real del nuevo mando de la palanca de cambios.

Figura 2-15. Mando de la palanca de cambios.



Fuente: Autores

#### 2.2.1.2. Muelle de recuperación del pedal del embrague

Este muelle es importante para el regreso del sistema a su posición inicial, se construye de alambre estirado duro, según el cálculo de la sección 1.2.5.2 con 15 espiras activas, una longitud de deformación 100mm, un diámetro de alambre de 1,5mm y diámetro medio de 13mm.

### 2.2.1.3. Palanca del nuevo mando de embrague

Construida a partir de una platina de 38mm de ancho por 4mm de espesor, tabla 1-4, consta de 2 partes, unidas con suelda eléctrica utilizando un electrodo E6011, como indica la Figura 2-16. Las dimensiones se especifican en el anexo 9, es importante eliminar las aristas vivas al final de su construcción.

Tabla 1-4 Propiedades de los aceros estructurales.

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

*Nota:* ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J410b, especificadas por la SAE.

Fuente: Diseño de elementos de máquinas. Robert L- Mott. A-13.

Figura 2-16. Palanca del nuevo mando de embrague.



Fuente: Autores

#### 2.2.1.4. Placa del nuevo mando del embrague

Para la construcción de la placa del nuevo mando de embrague ver figura 2-17, se selecciona de la tabla 1-4, la platina 19X3mm, ya que es la inmediata superior a la platina cuyas dimensiones se obtuvieron por cálculo en el capítulo I. El anexo 10 indica el dimensionado de dicho elemento.

Figura 2-17. Placa del nuevo mando del embrague.



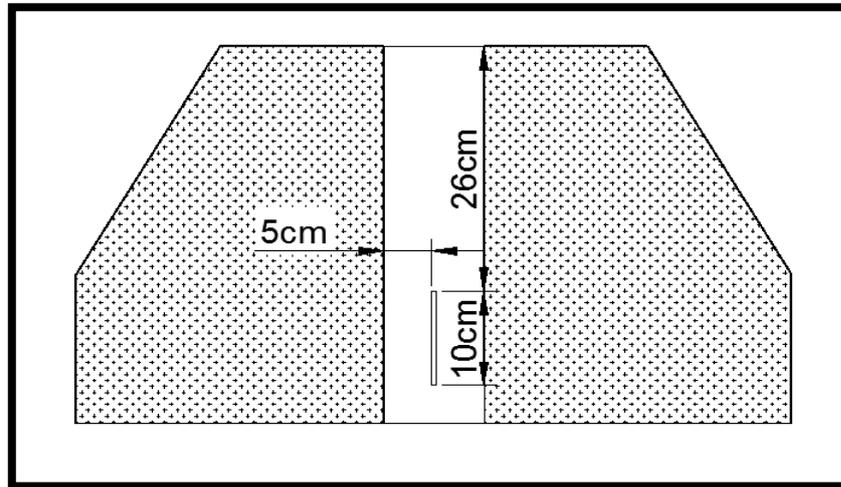
Fuente: Autores

#### 2.2.1.5. Base del mecanismo del mando de embrague

Sobre la curvatura central que se encuentra en el piso dentro del habitáculo del vehículo se suelda una platina en ángulo de 38mm de ancho y 4mm de espesor, dejándola frente de la palanca selectora de marchas o palanca de cambios puesto que esta platina será la encargada de ser el punto de apoyo para el giro del sistema

mecánico de las palancas que empujan a los cilindros principales, en la figura 2-18 se especifican las distancias a las que se encuentra soldada la base.

Figura 2-18. Ubicación de la base del mecanismo del mando del embrague.



Fuente: Autores

#### 2.2.1.6. Base de los cilindros principales del mando del embrague

Se necesita que los cilindros principales tengan un pequeño movimiento de giro para que se puedan desplazar con el movimiento de la palanca de cambios, dicho desplazamiento será solo de adelante hacia atrás y viceversa, para lograr este movimiento dos espárragos de rosca M6 se sueldan al compacto del auto y en estos se introduce la base que esta soldada en el cilindro principal del embrague según indica la figura 2-14.

#### 2.2.2. Sistema hidráulico

Para el nuevo mando de embrague en lo que concierne la parte hidráulica se utiliza dos cilindros principales de diámetro interno de 17mm y un cilindro auxiliar de diámetro 19mm, siendo estos cilindros de igual manera de amortiguadores de compuerta pero de diferente diámetro.

### 2.2.2.1. Cilindro principal CP1-2

A partir de los amortiguadores de compuerta, cuyo diámetro interno es de 17mm se construyen los cilindros principales 1 y 2 del nuevo mando del embrague, para lo cual se corta el cilindro a una altura de 10mm a partir de los remaches que posee en el extremo.

De dicho cilindro se extrae dos pedazos de 102mm de longitud cada uno, en el anexo 11 se indican las dimensiones de los cilindros y para el ingreso del líquido de trabajo se suelda uniones en Tee para cada uno de los mismos, la ubicación de las uniones en Tee se pueden observar en la Figura 2-19.

El proceso de soldadura se lo realiza a través de suelda autógena y una varilla de bronce, se emplea también bórax como fundente.

Figura 2-19. Soldado del acople en Tee.



Fuente: Autores

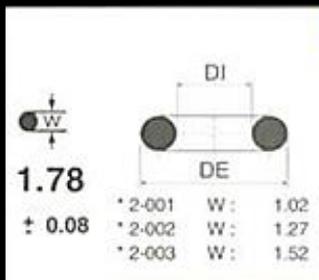
### 2.2.2.2. Cilindro auxiliar CA

De igual forma, se construye desde un amortiguador de compuerta de diámetro interno de 19mm, separando su émbolo del cilindro y haciendo un acople con una T de bronce, la cual se suelda en el extremo superior del cilindro. La longitud del mismo se especifica en el anexo 12.

### 2.2.2.3. Sellos de los émbolos hidráulicos

Para los pistones de los cilindros principales se dispone de o-ring número 2-013 y para el émbolo del cilindro auxiliar se coloca un sello de número 2-017. Ver tabla 2-1, al igual que en los vástagos del nuevo mando de freno, se realiza un roscado M8 x 25,4mm de longitud.

Tabla 2-1. Catálogo de o-ring Parker serie 2-xxx



Parker N°	DI mm	DE mm	Parker N°	DI mm	DE mm	Parker N°	DI mm	DE mm
2-001*	0.74	2.78	2-011	7.65	11.21	2-021	23.52	27.08
2-002*	1.07	3.61	2-012	9.25	12.81	2-022	25.12	28.68
2-003*	1.42	4.46	2-013	10.82	14.38	2-023	26.70	30.26
2-004	1.78	5.34	2-014	12.42	15.98	2-024	28.30	31.86
2-005	2.57	6.13	2-015	14.00	17.56	2-025	29.87	33.43
2-006	2.90	6.46	2-016	15.60	19.16	2-026	31.47	35.03
2-007	3.68	7.24	2-017	17.17	20.73	2-027	33.05	36.61
2-008	4.47	8.03	2-018	18.77	22.33	2-028	34.65	38.21
2-009	5.28	8.84	2-019	20.35	23.91	2-029	37.82	41.38
2-010	6.07	9.63	2-020	21.95	25.51	2-030	41.00	44.56

\* 2-001 W: 1.02  
\* 2-002 W: 1.27  
\* 2-003 W: 1.52

Fuente: Autores

### 2.2.2.4. Cañería y Mangueras hidráulicas

Para lograr el paso del fluido de los cilindros principales al cilindro auxiliar se provee de una cañería metálica la cual se coloca en los cilindros principales para unirse con las mangueras hidráulicas y a su vez al cilindro auxiliar.

Se colocan las mangueras hidráulicas para recompensar cierto movimiento del sistema ya que pivota el cilindro auxiliar al desplazar el pedal del sistema original.

## 2.3. CONSTRUCCIÓN DEL MANDO DE ACELERACIÓN

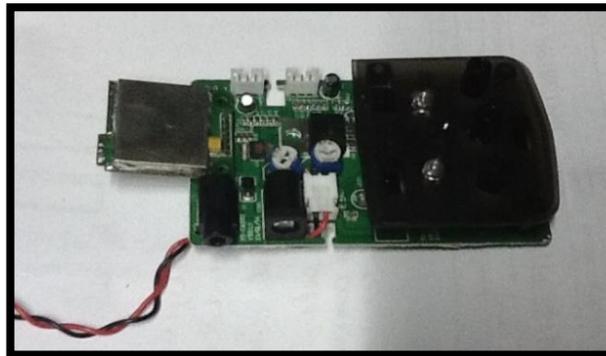
Para el mando de aceleración se consigue un control que comanda un servo motor de múltiples usos y de este sistema de radio control FS-GT2 se extrae los tornillos de la tapa y se desarma el mismo, ver Figura 2-20. Es necesario extraer la placa electrónica, Figura 2-21 y el mecanismo de aceleración que posee el control figura 2-22, para esto se debe tener mucho cuidado de no romper los cables que alimentan de corriente y señal al circuito electrónico.

Figura 2-20. Emisor de radio control.



Fuente. Manual de instrucciones FS-GT2.

Figura 2-21. Circuito impreso emisor de radiofrecuencia.



Fuente: Autores

Figura 2-22. Mecanismo de aceleración.

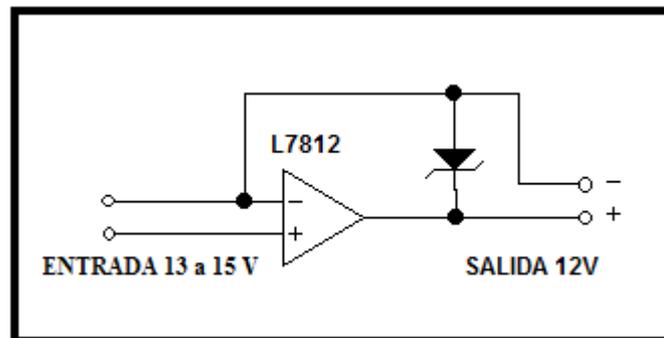


Fuente: Autores

### 2.3.1. Transmisor de radio control FS- GT2

Según las especificaciones del transmisor este puede funcionar con una corriente de 9 a 12 Voltios, considerando que la batería alimenta a todos los circuitos eléctricos del auto con un voltaje de 12 a 13 Voltios cuando el motor está apagado y al encenderse, el alternador del mismo genera una corriente mayor siendo entre 14 a 15 Voltios, con el fin de cargar la batería y garantizar el accionamiento de todos los elementos eléctricos del auto, es necesario construir un regulador de 12 Voltios para garantizar una continua alimentación al transmisor y este voltaje no exceda, la figura 2-23 muestra el diagrama de conexión del regulador.

Figura 2-23 Regulador de 12 V.



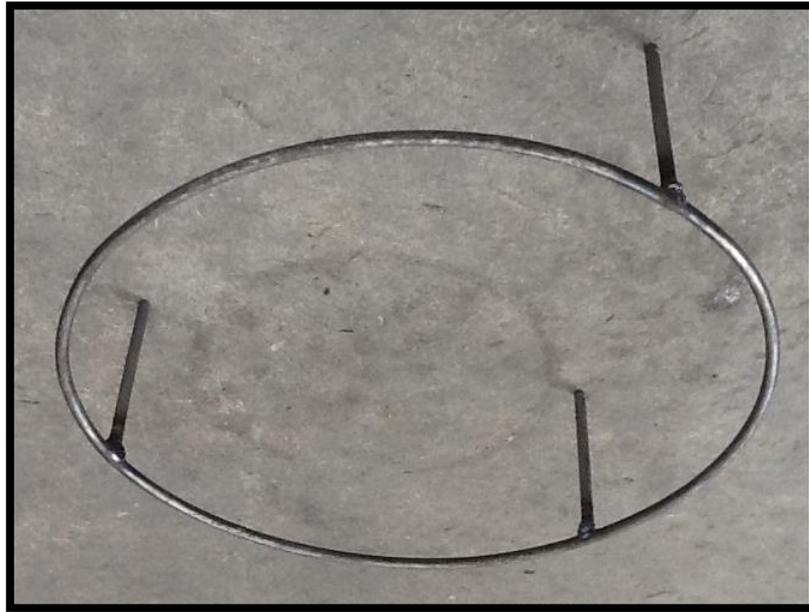
Fuente: Autores

Se coloca el circuito impreso extraído anteriormente en una caja con el fin de brindarle protección, la misma que posee un orificio para el ingreso de los cables de alimentación de 12V y los cables de señal que provienen del mecanismo de aceleración.

### 2.3.2. Anillo de aceleración

Para la aceleración se construye un aro metálico de diámetro 180mm, con tres vástagos ubicados a 120° dentro del anillo circular, los vástagos llevan en el extremo opuesto de la suelda un ranurado para permitir la instalación de seguros de tipo seger número 4 a una distancia de 40mm desde el anillo, impidiendo que el anillo se salga del volante. Figura. 2-24.

Figura 2-24 Anillo de aceleración.



Fuente: Autores

### 2.3.3. Base del mecanismo de aceleración

Ya desarmado el control antes mencionado se retira el gatillo con el potenciómetro de accionamiento, Figura 2-23, del sistema FS-GT2 y se construye una base de plástico para que soporte a este pequeño mecanismo del gatillo y potenciómetro como indica la Figura 2-25, la cual va alojada en el costado del cubo estriado.

Figura 2-25. Base del mecanismo de aceleración.

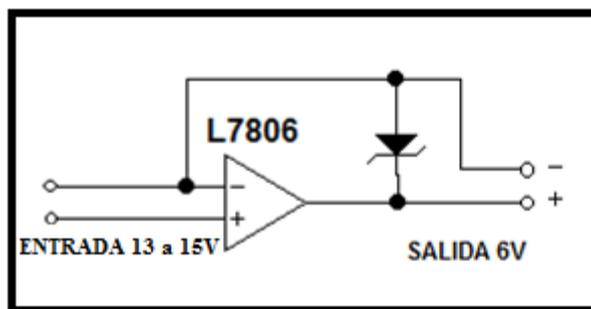


Fuente: Autores

### 2.3.4. Receptor de radio control FS-GR3A

Como se mencionó en el ítem 2.3.1 el voltaje del circuito eléctrico del vehículo esta alimentado de un voltaje mayor (14 a 12Voltios), por las especificaciones del receptor FS-GR3A se conoce que el voltaje de trabajo del mismo es de 4,5 a 6Voltios, razón por la cual es necesario la construcción de un regulador de corriente, con el objetivo de mantener en 6Voltios la corriente que ingresa al receptor FS-GR3A, en la Figura 2-26 se muestra el diagrama del regulador de corriente.

Figura 2-26. Regulador de 6Voltios.



Fuente: Autores

Se construye una caja a medida para colocar en su interior el emisor dejando la antena libre para tener una mejor señal y el receptor se coloca en una caja ya predispuesta para ello siendo el receptor FS-GR3A y el regulador de voltaje adheridos por medio de cinta de doble lado y protegidos con una capa de silicón transparente para ser impermeabilizados.

### 2.3.5. Base del servomotor

Figura 2-27 Base del servomotor.



Fuente: Autores

La base a construir debe permitir que el eje del servomotor sea paralelo al eje de aceleración del carburador, dicha base está sujeta al cuerpo del carburador del vehículo tomando en cuenta las dimensiones del servomotor entregadas por el fabricante 40,2X20,2X43,2mm (tabla 1-9) se representa en la Figura 2-27 la base y en la lámina 13 sus dimensiones.

Tabla 1-9 Tabla de datos técnicos de servomotor.

TOWER PRO SERVO SPECIFICATION									
Type	Dimension	Weight	Stall torque	Operating speed	Operating voltage	Temperature rang	Dead band width	Gear type	apply for
SG50	21.5x11.7x25.1mm	5	0.6kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0°C_ 55°C	10µs	nylon	Helicopter,3D-flyer,F3A
SG51R	21.5x11.7x25.1mm	5	0.7kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0°C_ 55°C	10µs	nylon	
SG90	23x12.2x29mm	9g	1.8kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0°C_ 55°C	10µs	nylon	
SG91R	23x12.2x29mm	9g	1.8kg/cm(4.8V)	0.1sec/60degree(4.8v)	4.8V	0°C_ 55°C	10µs	nylon	
SG5010	40.2x20.2x43.2mm	38g	5.5kg/cm(4.8V) 6.5kg/cm(6V)	0.2sec/60degree(4.8v) 0.16sec/60degree(6v)	4.8-6V	0°C_ 55°C	10µs	nylon	cars&airplane
MG945	40.7*19.7*42.9mm	55g	10kg/cm(4.8V), 12kg/cm(6V)	0.23sec/60degree(4.8v) 0.2sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0°C_ 55°C	5µs	metal	1/8 buggy, cars
MG945R	40.7*19.7*42.9mm	55g	10kg/cm(4.8V), 12kg/cm(6V)	0.23sec/60degree(4.8v) 0.2sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0°C_ 55°C	5µs	metal	
MG995	40.7*19.7*42.9mm	55g	8.5kg/cm(4.8V), 10kg/cm(6V)	0.20sec/60degree(4.8v) 0.16sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0°C_ 55°C	5µs	metal	1/10 buggy, cars
MG995R	40.7*19.7*42.9mm	55g	8.5kg/cm(4.8V), 10kg/cm(6V)	0.20sec/60degree(4.8v) 0.16sec/60degree(6.0v)	4.8-7.2V	0°C_ 55°C	5µs	metal	

Marks: "R" means RoHS. It is a material standard for European area, means non-toxic,non-leaded,no harm to enviroment

Fuente: [www.pdfactory.com](http://www.pdfactory.com) 10/07/2014.

### CAPÍTULO III

## MONTAJE DE LAS ADECUACIONES DE LOS MANDOS DE CONDUCCIÓN AL VEHÍCULO VOLKSWAGEN ESCARABAJO.

### 3.1. MONTAJE DEL MANDO DE FRENO

Una vez construido cada uno de los elementos es necesario montarlos en el vehículo. Primero se instala el circuito hidráulico, el cual no debe contener aire en su interior para garantizar el óptimo funcionamiento del nuevo mando, por último los componentes del sistema de desplazamiento mecánico van montados sobre el nuevo eje de dirección.

#### 3.1.1. Sistema de desplazamiento mecánico

Utilizando un dado hexagonal número 22, se extrae el volante del vehículo, dejando al descubierto el roscado que posee el eje de la columna de la dirección, también se extraen los mandos de accionamiento de las luces direccionales. Sobre dicho roscado se instala la tuerca de apriete del volante y el nuevo eje estriado, con dos llaves de boca número 22 se aprietan las dos tuercas en sentido contrario. Ver Figura 3-1.

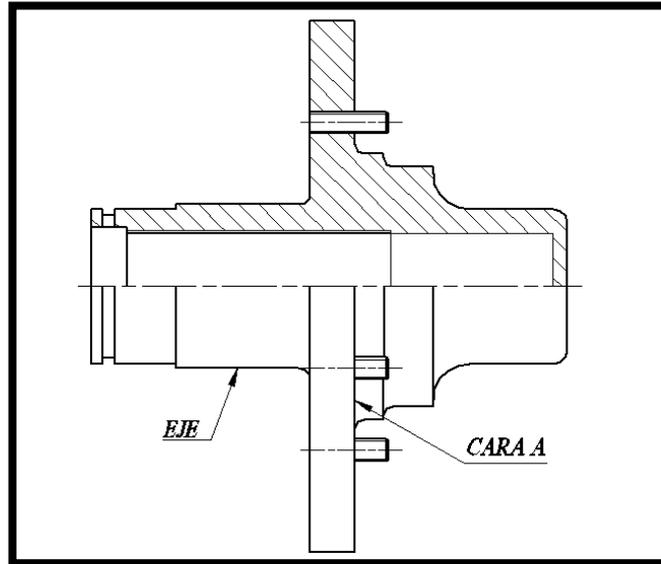
Figura 3-1. Instalación del eje estriado.



Fuente: Autores

Se coloca el volante deportivo sobre la cara A del cubo estriado, Figura 3-2, ajustándolo con las tuercas M6 a un torque de 10Nm, en el eje del cubo estriado se introduce primero la caja plástica de la bolsa de aire, el rodamiento axial NTN51107, la placa del freno, la cual fija los vástagos de cada uno de los cilindros principales 1 y 2 a través de sus respectivas tuercas y la arandela seger, Figura 3-3.

Figura 3-2. Cubo estriado.



Fuente: Autores

Figura 3-3. Montaje de la caja plástica de la aceleración y de la pista interna del rodamiento axial.



Fuente: Autores

Para colocar el cubo estriado y los elementos antes mencionados sobre el nuevo eje de dirección es indispensable hacer coincidir el mecanizado realizado sobre uno de los estriados del nuevo eje de dirección, con el agujero del pasador que se realizó sobre el eje del cubo estriado, para colocar el pasador.

Antes de montar todo el conjunto del cubo estriado sobre el eje estriado, se coloca el muelle de recuperación de 17mm de diámetro medio, paso 12,5 y de 7 espiras totales dentro del cubo estriado y se coloca grasa de litio sobre el eje estriado para disminuir el rozamiento del cubo estriado.

Con el conjunto de elementos del cubo estriado montado sobre el eje estriado se coloca el pasador en el agujero y a continuación se coloca la arandela seger en la ranura practicada sobre el cubo estriado, cabe indicar que dicha arandela sirve de tope para el pasador.

La figura 3-4 muestra el sistema de desplazamiento axial ya instalado sobre el eje estriado.

Figura 3-4. Sistema de desplazamiento del volante.



Fuente: Autores

### **3.1.2. Sistema hidráulico**

El circuito hidráulico acciona el pedal de freno el momento que el volante es empujado por el conductor, es necesario que todos los componentes se encuentren fijados al compacto del vehículo y que no existan fugas del líquido de trabajo en el mismo.

#### **3.1.2.1. Armado del circuito hidráulico**

Se instalan los sellos número 2-013 en los pistones de los cilindros principales 1 y 2, los cuales a su vez se introducen en los cilindros respectivos con lubricante para evitar atascos y daños en la superficie de los sellos. En los terminales hembras, perpendiculares a los cilindros, de los racores T se colocan las válvulas de purga con un torque de 5Nm y en el terminal cooileal al eje de cada cilindro se instalan los racores hembras giratorios de las mangueras.

Los racores orientables que se encuentran en el extremo opuesto de las mangueras, se conectan a los racores rectos soldado a los costados del cilindro auxiliar, para ello se colocan dos juntas metálicas de cobre en la parte superior e inferior del racor orientable y se aprieta con el perno, este tiene la característica de ser hueco en el interior y poseer un orificio en la parte no roscada del mismo para permitir el flujo del líquido por su interior. Se recomienda utilizar un torque de 8Nm para el apriete de todos los conectores y terminales de los racores del circuito hidráulico.

#### **3.1.2.2. Llenado y purgado del circuito hidráulico**

Con todos los racores ajustados al torque antes mencionado y con los vástagos de los cilindros principales recogidos se llena el cilindro auxiliar con líquido de freno, este empieza a descender ya que el aire del circuito sube en forma de burbujas, por la diferencia de peso de los dos fluidos.

Tapando el cilindro auxiliar se bombean los cilindros principales con el fin de expulsar todo el aire que pueda encontrarse en el circuito, luego de esto se llena de líquido de freno el cilindro auxiliar para compensar el aire expulsado, es necesario indicar que uno de los vástagos de los cilindros principales debe encontrarse

totalmente extendido mientras que el otro debe ser recogido una distancia aproximada de 20mm, esto permitirá introducir el pistón del cilindro auxiliar.

En el pistón del cilindro auxiliar del nuevo mando de freno se instala el sello número 2-017 y se coloca lubricante para evitar atascos y aumentar la vida útil del sello, por último se introduce el pistón en el cilindro auxiliar del circuito hidráulico ejerciendo presión sobre el mismo, esto desplaza el pistón del cilindro principal que se encontraba recogido una distancia de 20mm.

Es indispensable que el sello número 2-017 no sufra daño alguno al momento de ser introducido en el cilindro auxiliar, esto garantiza un cierre hermético del circuito hidráulico y el óptimo funcionamiento del nuevo mando de freno, La Figura 3-5 muestra el circuito hidráulico armado y purgado, antes de ser montado en el interior del vehículo.

Figura 3-5. Conexión hidráulica.



Fuente: Autores

### **3.1.2.3. Montaje del circuito hidráulico**

Con el circuito hidráulico armado y purgado, se procede al montaje del mismo, los vástagos de los cilindros principales van sujetos a la placa de freno, ubicada en el conjunto del cubo estriado, por medio de dos tuercas M8 las cuales presionan la placa entre sí.

Los cilindros principales 1 y 2 se sujetan al tablero del vehículo mediante las bases instaladas anteriormente en el tablero para lo cual se instala un perno M10 y 37mm de longitud con su respectiva tuerca, Figura 3-6, empleando un calibrador vernier se verifica que los dos vástagos de los cilindros principales 1 y 2 se encuentren paralelos entre sí, ver Figura 3-7, de ser necesario se debe compensar el espacio que pueda existir entre la base de metal y el orificio de sujeción que posee el cilindro principal con arandelas

Figura 3-6. Sujeción de los cilindros principales al tablero del vehículo



Fuente: Autores

El paralelismo entre los vástagos de los cilindros principales, permite un desplazamiento completo y sin atascos del mismo.

Figura 3-7. Comprobación del paralelismo entre los vástagos principales



Fuente: Autores

Se introduce la barra redonda de diámetro 10mm en el ojal del cilindro auxiliar, el mismo procedimiento se realiza para el cilindro auxiliar del embrague y ésta a su vez en los soportes soldados en el auto. En el vástago auxiliar se enrosca la tuerca y la horquilla hasta el fin de la parte roscada.

Como los tres émbolos se encuentran extendidos, no es posible al momento empujar el volante y probar el funcionamiento del sistema por lo tanto se afloja el sangrador de uno de los cilindros principales y se conecta una manguera para recoger el fluido, se empuja el émbolo del cilindro auxiliar hasta que este quede coo lineal al pedal, Figura 3-8, se aprieta el sangrador y se coloca un pasador entre la horquilla previamente calibrada y el buje soldado en el pedal.

Figura 3-8. Conexión del pedal de freno con el cilindro auxiliar del nuevo mando



Fuente: Autores

### **3.2. MONTAJE DEL MANDO DE EMBRAGUE**

Al igual que el nuevo mando de freno, el mando del embrague está compuesto por un sistema mecánico, el cual multiplica la fuerza que ejerce el conductor y un sistema hidráulico, el cual acciona el pedal de embrague cuando la fuerza del

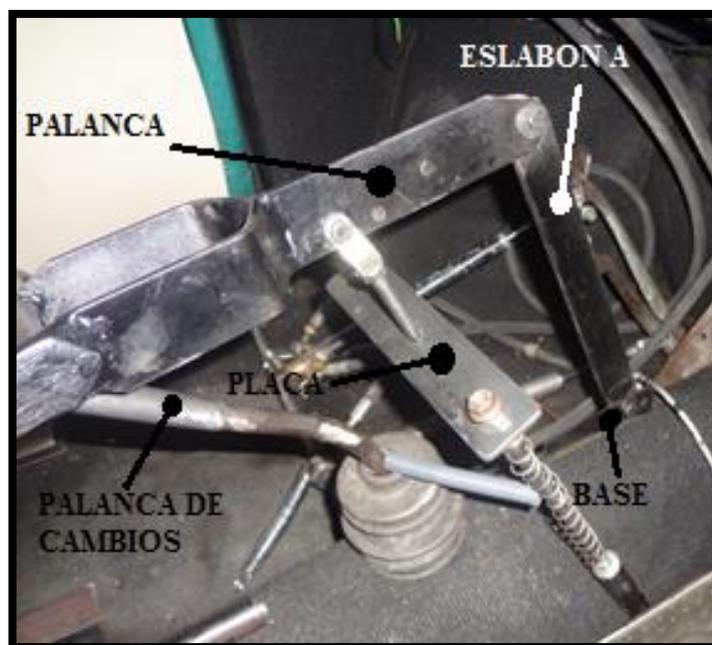
mecanismo acciona los cilindros principales y estos a su vez el cilindro auxiliar, se detalla el llenado y purgado del circuito hidráulico, así como también su montaje en el habitáculo del vehículo

### 3.2.1. Sistema mecánico del nuevo mando de embrague

Sobre la base soldada al compacto del auto se realiza un taladrado de diámetro 5mm y se instala un eslabón A, de 280mm de longitud, 38mm de ancho y un espesor de 4mm, dicho eslabón posee dos agujeros de diámetro 5mm en sus extremos, distanciados 260mm uno del otro.

De un extremo, el eslabón A se conecta, mediante un pasador, a la base soldada en el vehículo y por el otro extremo a la palanca del nuevo mando de embrague, es necesario introducir primero la varilla de la palanca de cambios en la horquilla rectangular de la palanca del nuevo mando del embrague antes de conectar el pasador que una al a placa con la palanca, como indica la figura 3-9.

Figura 3-9. Mecanismo del nuevo mando de embrague.



Fuente: Autores

### **3.2.2. Sistema hidráulico del nuevo mando de embrague.**

Al igual que en el circuito hidráulico del freno, para el nuevo circuito del nuevo mando de embrague se debe armar primero cada cilindro con su respectivo pistón y sello, luego se procede al llenado, purgado y al montaje en el habitáculo del vehículo.

#### **3.2.2.1. Armado del circuito hidráulico del nuevo mando de embrague.**

En uno de los terminales, de los racores en T de cada cilindro principal, se instala la válvula de purga con un apriete de 8Nm, mientras que en el terminal opuesto se conectan las cañerías metálicas utilizando el mismo torque, estas cañerías están unidas a las mangueras hidráulicas las cuales poseen un racores orientables vulcanizados en su extremo.

De igual manera que en el nuevo mando de freno, los racores orientables se conectan a los dos racores rectos que posee el cilindro auxiliar del embrague, empleando para ello un perno especial y dos juntas metálicas de cobre para evitar la fuga del fluido de trabajo.

Se coloca sobre cada pistón el sello número 2-013, lubricando toda la superficie del mismo se instala dentro de cada uno de los cilindros principales dichos pistones, se debe tener mucho cuidado de no dañar la superficie de cada uno de los sellos al momento de introducirlos en los cilindros.

#### **3.2.2.2. Llenado del circuito hidráulico del nuevo mando de freno.**

Con los vástagos de los cilindros principales del nuevo mando de embrague armados y recogidos hasta el fin de su carrera, se coloca el fluido de trabajo (DOT3) desde el cilindro auxiliar hasta el rebose, se extienden y se recogen los vástagos de los cilindros principales varias veces, con lo cual se permite la salida del aire que se encuentra al interior del circuito hidráulico. Dejando extendido uno de los dos vástagos de los cilindros hidráulicos y otro recogido unos 20mm aproximadamente se llena el cilindro auxiliar hasta su rebose.

En el pistón del cilindro auxiliar se instala el sello número 2-017, lubricando toda la superficie del sello y el pistón se introduce en el cilindro auxiliar, esto produce el desplazamiento del vástago del cilindro principal recogido anteriormente, se debe tener cuidado en no dañar la superficie del sello 2-017 al momento de introducirlo en el cilindro auxiliar del nuevo mando de embrague.

La figura 3-10 muestra el circuito hidráulico armado completamente antes de ser colocado en el habitáculo del vehículo.

Figura 3-10. Circuito hidráulico del nuevo mando de embrague.

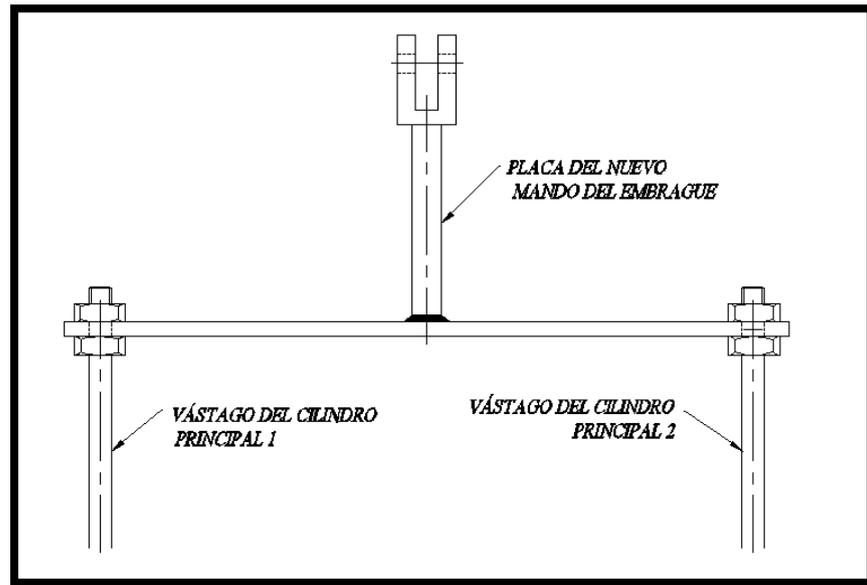


Fuente: Autores

### **3.2.3. Montaje del circuito hidráulico del nuevo mando de freno.**

Con todo el circuito hidráulico armado y purgado se colocan los vástagos de los dos cilindros principales dentro de los agujeros de la placa del mecanismo de embrague tal como indica la Figura 3-11, nótese que cada vástago posee dos tuercas de medida M8.

Figura 3-11. Instalación de los vástagos principales del nuevo mando de embrague.



Fuente: Autores

En el vástago del cilindro auxiliar se enrosca una tuerca M8 y la horquilla metálica.

Con el cilindro hidráulico montado sobre la misma barra que sirve de base al cilindro auxiliar del nuevo mando de freno, se afloja una de las válvulas de purga de los cilindros principales del nuevo mando de embrague, para permitir la salida del fluido de trabajo al momento de recoger el vástago del cilindro auxiliar, ya que al momento del llenado del circuito todos los vástagos de los tres cilindros quedaron extendidos casi en su totalidad. De esta manera se podrá introducir el pasador que une el pedal del embrague con la horquilla instalada en el vástago del cilindro auxiliar del nuevo mando del embrague, ver Figura 3-12.

Figura 3-12. Montaje del cilindro auxiliar del nuevo mando del embrague.



Fuente: Autores

### 3.3. MONTAJE DEL MANDO DE ACELERACIÓN

El mando de aceleración está compuesto por un sistema de radio control FS-GT2, cuyo mando se encuentra en el volante y gobierna un servomotor, el cual permite acelerar o desacelerar el motor del vehículo, tal como indica la Figura 3-13.

Figura 3-13. Mando de aceleración.



Fuente: Autores

### 3.3.1. Montaje y conexión del emisor de señal FS-GT2

El transmisor va montado sobre el maletero del vehículo, sujeto a través de una cinta de metal como indica la Figura 3-14.

Figura 3-14. Montajes del transmisor FS-GT2.



Fuente: Autores

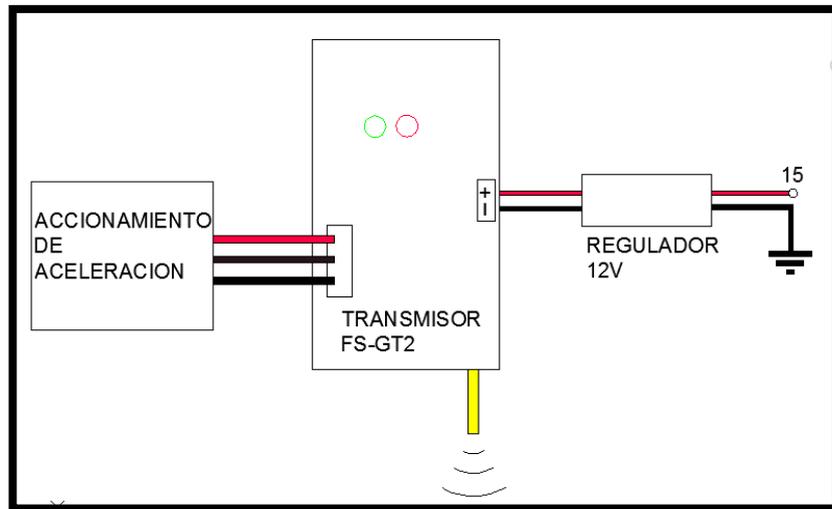
#### 3.3.1.1. Conexión del transmisor FS-GT2

Teniendo en cuenta que el transmisor trabaja con un voltaje máximo de 12V, según las especificaciones, se realiza la conexión del mismo como muestra el esquema 3-15. El cable positivo del regulador está conectado al terminal con denominación 15 del interruptor de encendido y el cable negativo va sujeto al compacto del mismo por medio de un tornillo.

Los cables de salida del regulador van conectados al transmisor respetando la polaridad de los mismos para evitar un corto circuito o algún daño en el mismo.

Los cables provenientes del mecanismo de aceleración poseen un conector con guías para permitir su conexión al transmisor en una sola posición.

Figura 3-15. Esquema de conexión del transmisor FS-GT2.



Fuente: Autores

### 3.3.2. Montaje del mecanismo de aceleración en el volante

Se instala la base del mecanismo de aceleración en el extremo izquierdo del cubo estriado y se instala sobre el cubo la caja plástica que contiene el sistema de conexión del AIRBAG. Fig. 3-16.

Figura. 3-16. Mecanismo de aceleración en el volante.



Fuente: Autores

### 3.3.3. Montaje y conexión del receptor de señal FS-GR3A

El receptor de señal va ubicado en el cofre del motor del vehículo, dentro de una caja plástica que también aloja el regulador de voltaje (12V-6V). Figura 3-17.

Figura 3-17. Montaje del receptor FS-GR3A.



Fuente: Autores

#### 3.3.3.1. Conexión del receptor FS-GR3A

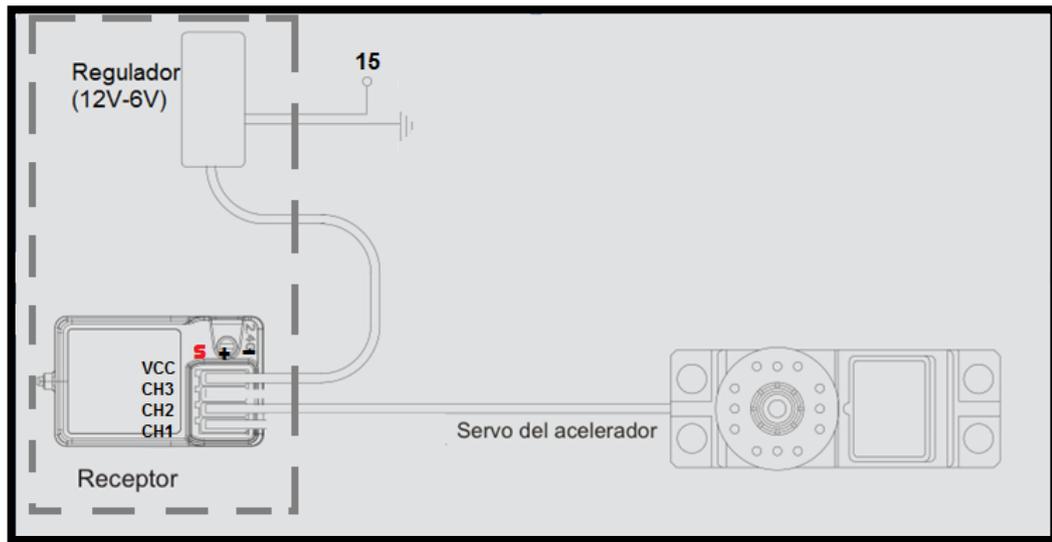
Una vez fijado el receptor a la caja plástica se conecta el servomotor al terminal CH2 del receptor, el color de cable café debe ir colocado en la columna de signo negativo.

En el terminal vcc (Voltaje de Corriente Continua) del receptor se instalan los conectores de salida de 6v del regulador de voltaje, figura 3-18, en la caratula del receptor se indica el posición en la que deben ser conectados para no producir un cortocircuito en el mismo.

Para la conexión del regulador se conecta a tierra el cable que alimenta de corriente negativa y la corriente positiva se toma del cable de la bobina de encendido.

La Figura 3-18 indica el diagrama de conexión del conjunto receptor FS-GR3A.

Figura 3-18 Diagrama de conexión conjunto receptor FS-GR3A.



Fuente: Autores

### 3.3.4 Montaje del servomotor

El servomotor se sujeta a la base del carburador, encontrándose perfilado a la mariposa de aceleración, en el mando de accionamiento del carburador se desinstala el cable de aceleración y se lo reemplaza por una varilla, la cual se sujeta en un extremo al brazo del servomotor y del otro por el prisionero del cable de aceleración a más la varilla se introduce en una manguera de caucho de 3cm de longitud, y sobre esta va un resorte, para que cuando accione el servofreno y este empuje más de lo que abre la mariposa de aceleración se comprima el muelle y no patinen los dientes del estriado del servomotor, indicando en la figura 3-19 lo dicho.

Figura 3-19. Montaje del servomotor.



Fuente: Autores

#### **3.3.4.1. Aislamiento de ruidos eléctricos.**

Para evitar la interferencia de los ruidos eléctricos generados por el motor térmico se procede a realizar un blindaje de los cables del servomotor, envolviéndolos con una cinta de aluminio, la cual se conecta a tierra o masa del vehículo y luego se lo forra de cinta aislante para proteger al aluminio, ver Figura 3-20.

Este mismo concepto se utiliza para los sensores de inducción los cuales transportan a la computadora (ECU) valores de voltaje entre 0,5 a 1V.

Figura 3-20. Blindaje de los cables del servomotor.



Fuente: Autores

## **CAPÍTULO IV**

### **PRUEBAS DE EFICACIA Y EFICIENCIA DE LAS ADECUACIONES REALIZADAS.**

#### **4.1. CALIBRACION DE LOS MANDOS DEL VEHÍCULO**

Antes de realizar las pruebas de eficacia y eficiencia de cada mando es necesario dejar a punto los sistemas tanto hidráulicos como mecánicos para lo cual el vehículo debe ser embancado y revisar la calibración de freno, embrague y aceleración por lo que detallaremos como se realiza cada procedimiento.

##### **4.1.1. Calibración del mando del embrague**

Con el motor del vehículo encendido, se desliza la palanca de cambios sobre sí misma, con lo cual se produce el accionamiento del pedal de embrague, esto ocasiona el desembragado del sistema de transmisión, por lo que empujando la palanca hacia adelante se selecciona la 1ra marcha, si esto no ocurre y al intentar hacerlo se producen sonidos, es necesario girar el vástago roscado del cilindro auxiliar del embrague de tal manera que la horquilla se acerque al extremo del vástago roscado desplazando el pedal del embrague hacia adentro dejándolo más presionado, dando espacio de obtener un mejor desembragado del sistema. Una vez seleccionada la marcha es necesario soltar la palanca de cambios y comprobar el regreso del mecanismo al estado inicial, provocando así el embragado del sistema de tracción. Se realiza la misma comprobación para las marchas restantes 2da, 3ra, 4ta y retro.

##### **4.1.2. Calibración del mando del freno**

Antes de calibrar el mando de freno es necesario actuar sobre los calibradores de cada una de las ruedas, girando los neumáticos con la fuerza de nuestros brazos y utilizando los calibradores de tal forma que las ruedas delanteras giren dos vueltas y

media antes de detenerse y en el caso de las ruedas posteriores una vuelta y media, quedando así calibradas las zapatas delanteras y también las posteriores.

Con el nuevo mando de freno instalado y la palanca de cambios en posición neutro, se gira manualmente los neumáticos posteriores y se actúa sobre el vástago roscado del embolo auxiliar girándolo hasta que este accione el pedal de freno y detenga los neumáticos, en este punto se invertirá el giro del vástago para que los neumáticos posteriores vuelvan a girar una vuelta y media, calibrando así el nuevo mando de freno.

#### 4.1.3. Calibración del mando de aceleración

La calibración del mando de aceleración permite mantener las revoluciones mínimas del motor sin que este falle o se apague, con la lámpara estroboscópica da el número de las revoluciones a las que se encuentra el motor en ralentí ver Figura4-1, con la ayuda de esta herramienta podemos acercar o alejar el barón del servo motor hasta que exista una variación de las revoluciones y luego alejar hasta que quede en su posición inicial, en el momento que el servomotor está en su posición inicial, es decir sin ejercer fuerza alguna sobre la mariposa de aceleración del carburador queda calibrado.

Figura 4-1. Calibración del ralentí.



Fuente: Autores

## **4.2. PRUEBAS ESTÁTICAS DE LOS NUEVOS MANDOS**

Ya calibrado los mandos antes mencionados se realiza pruebas de todos los sistemas adecuados en el vehículo, para lo cual el vehículo debe encontrarse alzado del piso, siendo este embancado dejando sin contacto las ruedas con el suelo, haciendo funcionar los sistemas en secuencia como si fuesen en carretera se observa si hay que hacer algún reajuste o si su funcionalidad es la correcta.

### **4.2.1. Pruebas estáticas del funcionamiento del mando de embrague**

Con el motor del vehículo encendido y la palanca de cambios en neutro se acciona el nuevo mando de embrague, con lo cual se produce el desembragado del motor, desplazando hacia adelante la palanca de cambios se selecciona la 1ra marcha y manteniéndola aplastada, se tira el freno de mano y se comprueba que el motor no está transmitiendo movimiento hacia los neumáticos.

Soltando la palanca de cambio, los muelles de retorno del nuevo mando producen el embragado progresivo del motor y se conecta la marcha, los neumáticos empiezan a girar y aumentar su velocidad progresivamente, tirando del freno de mano se observa que el motor empieza a traquetear hasta apagarse, esto demuestra que el disco de embrague no está patinando y que el platos de presión del embrague está ejerciendo completamente su fuerza sobre el disco.

### **4.2.2. Prueba estática del mando del freno principal**

Con el mando del embrague calibrado y probado se selecciona la 4ta marcha con lo que el giro del motor se conecta con una relación de 1 a 1 a los neumáticos, girando estos a una velocidad prudente para verificar el sistema de frenado.

Desplazando el volante de dirección hacia dentro, por todo el sistema antes dicho se acciona el pedal de freno observando el frenado de los neumáticos conllevando a que el motor se detenga.

### 4.2.3. Pruebas estáticas del mando de aceleración

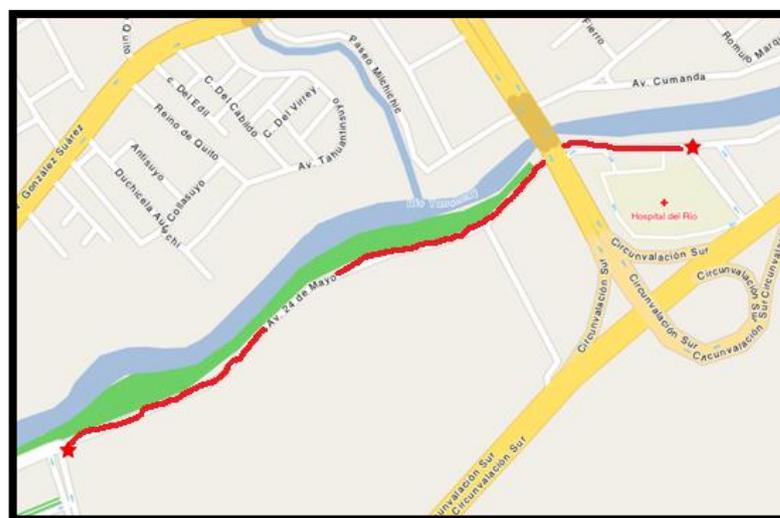
Con el motor sin arrancar pero con el interruptor de encendido en la posición abierta accionamos el anillo circular de aceleración contra el volante y se observa el desplazamiento del barón del servomotor en el carburador de forma continua, y si este se desplaza a una carrera media entre el volante y el anillo, este también deberá desplazarse un 50% de la apertura total de la mariposa de aceleración, y al soltar el anillo este debe regresar a su posición inicial progresivamente.

El salto de chispa en las bujías, en los platinos y los cables de bujías son generadores de ruido eléctrico, por lo que es necesario encender el motor y comprobar que el aislamiento colocado sobre los cables del servomotor evite esta interferencia y que se produzca el accionamiento correcto del mismo, ya que si no fuese así podría ocasionar un accidente, pues el motor del vehículo se aceleraría inesperadamente.

### 4.3. PRUEBAS DINÁMICAS DE LOS NUEVOS MANDOS

Se realiza una prueba de conducción en carretera y por ser la primera ocasión en la que se conduce con los nuevos mandos, es necesario realizar esta prueba en una ruta sin tráfico y en un lugar despejado, para evitar colisiones y accidentes, la Figura 4-2 muestra la ruta de conducción que se utiliza para probar la fiabilidad de las adecuaciones realizadas en el vehículo.

Figura 4-2. Ruta de conducción.



Fuente: Autores

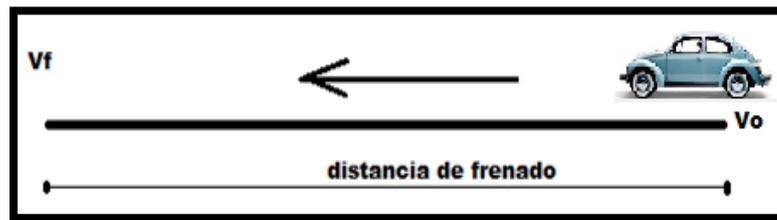
Durante la conducción se constató la maniobrabilidad del vehículo al momento de realizar un giro de 180° y en el arranque, también se realizaron frenados cortos moderados y bruscos.

Recorriendo el mismo trayecto tres veces a una velocidad promedio de 50km/h, se llegó a conectar hasta la cuarta velocidad de la caja de cambios del auto.

#### 4.3.1. Medición de distancia de frenado.

A la distancia recorrida por el vehículo antes de detenerse completamente al momento de aplicar el freno del auto, se la conoce como distancia de frenado, esta distancia depende de la velocidad a la que el vehículo se encuentre al momento de aplicar el freno ver Figura 4-3.

Figura 4-3. Distancia de frenado.



Fuente: Autores

Con el empleo de un cronómetro y la lectura del velocímetro del auto se mide el tiempo que tarda el vehículo para detenerse una vez que ha alcanzado una velocidad de 40, 50, 60 y 80 km/h, al accionar el pedal de freno con el pie y con el nuevo mando de freno.

La tabla 4-1 muestra los valores obtenidos al accionar el pedal de freno con el pie y la tabla 4-2 indica los valores de frenado cuando el desplazamiento del volante de dirección activa el nuevo mando de freno.

$$d = v_f \times t - \frac{1}{2} \times t \times (v_f - v_o)$$

Tabla 4-1. Tiempo y distancia de frenado del vehículo con mandos originales.

<b>VELOCIDAD D km/h (velocímetro)</b>	<b>VELOCIDAD D m/s (unidades)</b>	<b>TIEMPO DE FRENADO EN SEGUNDOS (medido)</b>	<b>DISTANCIA DE FRENADO EN METROS (cálculo)</b>	<b>DESACELERACION m/s<sup>2</sup></b>
40	11.11	0,8	4,44	13.88
50	13.88	1	6.94	13.88
60	16.66	1,6	13.32	10.41
80	22.22	1,8	19.99	12.34

Tabla 4-2. Tiempo y distancia de frenado del vehículo con el nuevo mando de freno.

<b>VELOCIDAD D km/h (velocímetro)</b>	<b>VELOCIDAD D m/s (unidades)</b>	<b>TIEMPO DE FRENADO EN SEGUNDOS</b>	<b>DISTANCIA DE FRENADO EN METROS</b>	<b>DESACELERACION m/s<sup>2</sup></b>
40	11,11	1,4	7,77	7.93
50	13,88	1,6	11,1	8.67
60	16,66	2,2	18,32	7.57
80	22,22	3	33,33	7.40

#### 4.3.2. Pruebas de aceleración.

Con el fin de establecer la diferencia entre la aceleración por cable y el nuevo mando de aceleración por radio control, se mide el tiempo que demora el vehículo para alcanzar las siguientes velocidades 40, 50, 60 y 80km/h, partiendo del reposo en cada caso.

Al igual que en las pruebas de frenado se emplea un cronómetro y la velocidad que marca el velocímetro del auto, la tabla 4-3 muestra el tiempo que el vehículo tarda para alcanzar las velocidades antes mencionadas mediante el pedal de aceleración y la tabla 4-4 indica el tiempo empleado para alcanzar las mismas velocidades pero accionando el carburador con el nuevo mando.

$$a = \frac{(v_f - v_o)}{t}$$

Tabla 4-3 carburador accionado por cable.

<b>VELOCIDAD D km/h</b>	<b>VELOCIDAD m/s (unidades)</b>	<b>TIEMPO EN QUE LLEGA A LA VELOCIDAD DADA SEGUNDOS</b>	<b>ACELERACION DADA m/s<sup>2</sup></b>
0 a 40	0 a 11.11	15,01	0,7401
0 a 50	0 a 13.88	19,2	0,7229
0 a 60	0 a 16.66	21,3	0,7821
0 a 80	0 a 22.22	36,9	0,6021

Tabla 4-4 carburador accionado por el sistema de Radio Control.

<b>VELOCIDAD km/h</b>	<b>VELOCIDAD m/s (unidades)</b>	<b>TIEMPO EN QUE LLEGA A LA VELOCIDAD DADA SEGUNDOS</b>	<b>ACELERACION DADA m/s<sup>2</sup></b>
0 a 40	0 a 11.11	15,8	0,7367
0 a 50	0 a 13.88	20,4	0,6803
0 a 60	0 a 16.66	23,3	0,7150
0 a 80	0 a 22.22	38,7	0,5741

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

Por los resultados obtenidos al realizar las pruebas estáticas y dinámicas del vehículo se concluye que:

- El sistema de aceleración por radiocontrol es muy confiable pero emplea en promedio 1,42s más para igualar el tiempo de aceleración de un mando por cable, esto debido al muelle que acciona el mecanismo de aceleración del carburador.
- El nuevo mando del embrague es funcional ya que permite el embragado y desembragado de la transmisión a la vez que permite seleccionar las marchas.
- El nuevo mando de freno aumenta el tiempo de frenado en 0,75s lo cual conlleva a detener el vehículo en una mayor distancia, pero hay que recalcar que se encuentra ubicado en una excelente posición de accionamiento.
- El manejo del vehículo dependerá única y exclusivamente de las destrezas adquiridas por el conductor, puesto que el manejo de este vehículo es muy diferente a los que estamos acostumbrados.

**Recomendaciones:**

- Debido a que el habitáculo del vehículo es pequeño, las adecuaciones realizadas en los mandos de conducción presentan un cierto grado de incomodidad, sùmese a esto la dureza del sistema de dirección, lo cual es un inconveniente muy grande al momento de maniobrar el vehículo para estacionarlo y la falta de un servofreno en el sistema de frenado del auto Volkswagen escarabajo modelo 1965, se recomienda la adecuación de los mandos de conducción en un vehículo que no presente estas limitaciones.
- Es indispensable que el vehículo al cual se acople el nuevo mando de freno tenga una calibración muy precisa de dicho sistema y que el freno de mano se encuentre funcionando al %100, para garantizar el frenado del vehículo en caso de emergencia.
- Se recomienda un vehículo que tenga frenos de disco por lo menos en la parte delantera puesto que estos son de mayor confiabilidad y además al activar este tipo de freno la dirección no tiende a desestabilizarse o en caso de un frenado brusco a un derrape del vehículo.
- Se ha dado estas breves recomendaciones pensando en brindar la mayor comodidad y seguridad posible para el conductor, sea este el caso de una persona parapléjica indistintamente de su género.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

**CEAC.** Barcelona 2004. **MANUAL CEAC DEL AUTOMÓVIL.** Ediciones CEAC S.A.

**CREUS,** Antonio. edición 2011. **NEUMÁTICA E HIDRÁULICA,** Ediciones Técnicas MACOMBO. 2°.

**ASTUDILLO,** Manuel. **TECNOLOGIA DEL AUTOMOVIL,** Editorial PARANINFO S.A. Barcelona. 3° edición 2010.

**DIETSCHÉ,** Karl-Heinz. **MANUAL DE LA TÉCNICA DEL AUTOMÓVIL,** 4° edición 2005.

**JAVIERRE,** Carlos, **FERNANDEZ** Ángel. **CRITERIOS DE DISEÑO MECÁNICO EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES,** Prensa Universitaria Zaragoza. 1° Edición 2012.

**JEFF,**Daniels. **TECNOLOGÍA DEL COCHE MODERNO,** Ediciones CEAC S.A. 2005.

**MAC,**Entee. **HOWARD G. RADIO CONTROL, TELEMANDO Y RADIOGOBIERNO,** Editorial PARANINFO, 2009.

**MANUAL DE MECANICA INDUSTRIAL,** Neumática e Hidráulica, editorial CULTURAL, España, 2002.

**MATT,** Bentield. **MANUAL RADIO CONTROL,** Editorial Haypes Publishing group 2008.

Manual de instrucciones FS-GT2,

**RODRIGUEZ,**Julian. **TEORIA DE LAS MAQUINAS,** editorial Visión Net, Madrid España, 2005.

## REFERENCIAS ELECTRONICAS

- **BRAVO Jesús**, “ACCIONAMIENTO DEL EMBRAGUE”, Agosto 2005, (recopilado el 22 de Enero del 2013) <http://netsoldadores.blogspot.com/2005/08/el-accionamiento-del-embrague.html>.
- **LOMBA**, Antonio. MECANISMOS, Febrero 2004 (Recopilado el 4 de Junio del 2013, mecanismos), <http://www.tecnologia.com/mecanismos/mecanismosCAS/principal.htm>.
- **Saber Electrónica**, SISTEMAS DE RADIO CONTROL, (recopilado el 4 de Junio del 2013, sistemas de radio control). <http://www.webelectronica.com.ar/news24/nota05.htm>.
- **OVERBLOG**, SISTEMAS HIDRAULICOS, (RECOPILO EL 4 DE Junio del 2013, sistemas hidráulicos: definición básica del experto). [http://es.overblog.com/Sistemas\\_hidraulicos\\_definicion\\_basica\\_del\\_experto-1228321783-art382963.html](http://es.overblog.com/Sistemas_hidraulicos_definicion_basica_del_experto-1228321783-art382963.html).
- **WEBER** Alejandro C., E-RADIOCONTROL, Diciembre 2007, (recopilado el 5 de Mayo del 2013, circuitos de radio control) [http://www.e-radiocontrol.com.ar/?Circuitos\\_de\\_Radiocontrol](http://www.e-radiocontrol.com.ar/?Circuitos_de_Radiocontrol).