



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE  
UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA DE  
SUZUKI FORZA MODELOS 1 Y 2 PARA LA ESCUELA  
DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

**CHÉRREZ GUAYTALEONARDO FABIÁN  
BERMEO LARAGERBAR LENIN**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-04-16

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**LEONARDO FABIÁN CHÉRREZ GUAYTA**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA DE SUZUKI FORZA MODELOS 1 Y 2 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

Ing. Marco Santillán Gallegos

---

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marcelo Castillo Cárdenas

---

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Raúl Cabrera Escobar  
ASESOR DE TESIS

---

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-04-16

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**GERBAR LENIN BERMEO LARA**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA DE SUZUKI FORZA MODELOS 1 Y 2 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

Ing. Marco Santillán Gallegos

---

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marcelo Castillo Cárdenas  
DIRECTOR DE TESIS

ASESOR DE TESIS

---

Ing. Raúl Cabrera Escobar

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** LEONARDO FABIÁN CHÉRREZ GUAYTA

**TÍTULO DE LA TESIS:** IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA DE SUZUKI FORZA MODELOS 1 Y 2 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Fecha de Examinación:** 2014-04-25

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar Guambo PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Raúl Cabrera Escobar ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Jorge Paucar Guanbo  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** GERBAR LENIN BERMEO LARA

**TÍTULO DE LA TESIS:** IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA DE SUZUKI FORZA MODELOS 1 Y 2 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Fecha de Examinación:** 2014-04-25

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar Guambo PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Raúl Cabrera Escobar ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Jorge Paucar Guanbo  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Leonardo Fabián Chérrez GuaytaGerbar Lenin Bermeo Lara

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis primeramente Dios, que con su inmensa sabiduría guía mis pasos, ahora me doy cuenta que si no conseguí todo lo que quise fue porque Tú tenías preparado un mejor camino para mí. Aunque tenga muchos desafíos no me preocupo, confío plenamente en ti Señor porque Tú me amas y siempre serás la luz que ilumina mi vida. De igual manera a mis padres Leonardo e Inés baluarte de mis victorias y fortaleza en mis caídas, que han sido un pilar fundamental, con su paciencia y sacrificio me han hecho un hombre útil a la sociedad. A mi hermano Marcelo que ha estado en los buenos y malos momentos incondicionalmente que con su ánimo me motiva a seguir adelante.

**Fabián Chérrez Guayta**

Esta Tesis les dedico; en una forma muy especial; con todo mi cariño y amor a mis padres a: Armando y Elsa, a mis hermanos y toda mi familia que me apoyaron en todo momento; gracias a sus esfuerzos, por motivarme y darme la mano cuando pensaba que el camino se terminaba, con sus palabras de apoyo y su ejemplo me supieron guiar por el camino de la superación, para llegar a cumplir esta meta.

**Lenin Bermeo Lara**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al arquitecto de mi vida “Dios” por darme la fortaleza necesaria para enfrentar las cosas difíciles en mi camino y gracias a Él podemos lograr nuestros propósitos, a mis padres por su tenacidad y lucha diaria han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar no solo para mí sino también para mi hermano, los amo mucho y son el motor que mueve mi vida, gracias a ustedes pude culminar con éxito mi formación profesional.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica especialmente a la Escuela de Ingeniería Automotriz por abrirme las puertas y formarme profesionalmente. A todas las autoridades, profesores, compañeros, amigos, a los que de una u otra forma se han hecho parte de este triunfo.

**Fabián Chérrez Guayta**

Agradezco a Dios por estar junto a mí en todo momento, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por darme la oportunidad de lograr una profesión y ser una persona útil a la sociedad. A los docentes que supieron brindarme los conocimientos toda esta etapa de estudiante; agradezco a todos mis amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de mi vida.

**Lenin Bermeo Lara**

# CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 <i>Objetivos</i> .....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Marco conceptual.....	4
2.2 Marco teórico .....	5
2.2.1 <i>Trasmisiones manuales</i> .....	5
2.2.2 <i>Funcionamiento de una transmisión manual</i> .....	6
2.2.2.1 <i>Primera velocidad en una caja de cambios manual</i> .....	7
2.2.2.2 <i>Segunda velocidad en una caja de cambios manual</i> .....	7
2.2.2.3 <i>Tercera velocidad de una caja de cambios manual</i> .....	8
2.2.2.4 <i>Cuarta velocidad de una caja de cambios manual</i> .....	8
2.2.2.5 <i>Marcha atrás de una caja de cambios manuales</i> .....	9
2.2.3 <i>Trasmisiones automáticas</i> .....	9
2.2.3.1 <i>Funcionamiento de la transmisión automática</i> .....	10
2.2.3.2 <i>Parámetros de puntos de cambio</i> .....	11
2.2.3.3 <i>Posiciones de la palanca de mando</i> .....	11
2.2.4 <i>Cambios automáticos sin centralita electrónica</i> .....	13
2.2.5 <i>Transmisión de fuerza en las cajas automáticas</i> .....	14
2.2.6 <i>Variadores o cambios automáticos CVT</i> .....	14
2.2.7 <i>Trasmisiones semiautomáticas</i> .....	16
2.2.8 <i>Cambios automatizados o robotizados</i> .....	16
2.2.9 <i>Cambio automatizado DSG</i> .....	17
2.3 <i>Convertidor de par</i> .....	18
2.3.1 <i>Embrague hidráulico</i> .....	18
2.3.1.1 <i>Convertidor de par con estator</i> .....	19
2.3.1.2 <i>Convertidor de par con embrague anulador</i> .....	23
2.4 <i>Bombas hidráulicas</i> .....	24
2.5 <i>Selector de marchas</i> .....	25
2.5.1 <i>Interruptor inhibidor</i> .....	25
2.6 <i>Trenes epicicloides</i> .....	26
2.6.1 <i>Constitución de los trenes epicicloidales</i> .....	26
2.6.2 <i>Tipos de trenes epicicloidales</i> .....	27
2.7 <i>Relación de transmisión de un tren epicicloidal simple</i> .....	28
2.7.1 <i>Punto muerto</i> .....	28
2.7.2 <i>Relación 1:1</i> .....	28
2.8 <i>Elementos mecánicos de mando</i> .....	31
2.8.1 <i>Embragues</i> .....	32
2.8.2 <i>Frenos</i> .....	32
2.9 <i>Fluido de la transmisión automática ATF</i> .....	33
<b>3. ESTUDIO DEL CUERPO DE VÁLVULAS Y EL CIRCUITO DEL FLUIDO</b>	
3.1 <i>Cuerpo de válvulas</i> .....	34
3.1.1 <i>Válvula manual</i> .....	35

3.1.2	Válvula de mariposa.....	35
3.1.3	Válvula principal regulador.....	36
3.1.4	Válvula regulador secundaria.....	36
3.1.5	La válvula de control B2.....	37
3.1.6	Válvula reguladora de temperatura (By-pass).....	37
3.1.7	Válvula de cambio 1-2.....	37
3.1.8	Válvulas de cambio 2-3.....	38
3.1.9	Acumulador.....	38
3.1.10	Embrague directo y segundo solenoide de freno.....	39
3.2	Circuito de aceite de la transmisión automática.....	39
3.2.1	Circuito de aceite rango "N".....	39
3.2.2	Circuito de aceite en rango "D" o "2" (1ª velocidad).....	40
3.2.3	Circuito de aceite en "D" o rango "2" (2ª velocidad).....	41
3.2.4	Circuito de aceite en la posición "D" (3ª velocidad).....	43
3.2.5	Circuito de aceite en el rango "L".....	44
3.2.6	Circuito de aceite en el rango "R".....	45
<b>4.</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO</b>	
4.1	Diseño del acople caja y motor.....	47
4.1.1	La carga resultante en los pernos de la caja.....	47
4.1.2	Análisis de los pernos que están fijos al motor.....	53
4.2	Diseño de la estructura que soporta el banco.....	59
4.3	Diseño del circuito y selección de elementos eléctricos.....	62
4.3.1	Elementos eléctricos.....	62
4.3.1.1	Microcontroladores.....	62
4.3.1.2	Regulador de voltaje 7805.....	64
4.3.1.3	Relé.....	65
4.3.1.4	La resistencia.....	65
4.3.1.5	Los condensadores.....	65
4.3.1.6	El diodo.....	66
4.3.1.7	LCD 16X2.....	67
4.3.1.8	Sensor de efecto Hall.....	69
4.3.2	Diseño del módulo de control.....	70
4.3.2.1	Programación del microcontrolador PIC 16F873A.....	70
4.4	Construcción y ensamble del banco.....	72
4.4.1	Equipos utilizados para la construcción.....	72
4.4.1.1	Amoladora.....	72
4.4.1.2	Suelda oxicorte.....	73
4.4.1.3	Suelda por arco eléctrico SMAW.....	73
4.4.1.4	Taladro de columna.....	74
4.4.1.5	Taladro de mano.....	74
4.4.2	Construcción de la plancha de soporte de la caja al motor.....	75
4.4.3	Construcción de la estructura de soporte.....	76
4.4.4	Construcción del tablero.....	76
4.4.5	Construcción de los elementos eléctricos.....	77
4.5	Ensamble de los elementos mecánicos y eléctricos.....	79
4.5.1	Ensamble de la caja automática.....	79
4.5.2	Ensamble de la caja automática al motor.....	81
4.5.3	Ensamble del banco completo.....	81
4.6	Peso del banco didáctico.....	82
<b>5.</b>	<b>CÁLCULOS DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN</b>	
5.1	Cálculo de relación de transmisión de la caja automática.....	84
5.1.1	Relación de transmisión en la posición "D" (1ª velocidad).....	84

5.1.2	<i>Relación de transmisión en la posición “D” (2ª velocidad)</i> .....	85
5.1.3	<i>Relación de transmisión en la posición “D” (3ª velocidad)</i> .....	86
5.1.4	<i>Relación de transmisión en la posición “L”</i> .....	87
5.1.5	<i>Relación de transmisión para la posición “R”</i> .....	87
<b>6.</b>	<b>FUNCIONAMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
6.1	Descripción del tablero de mandos .....	89
6.1.1	<i>Tablero completo.</i> .....	89
6.1.2	<i>Switch del sistema.</i> .....	89
6.1.3	<i>Posiciones de la palanca de cambios.</i> .....	90
6.1.4	<i>Tacómetro.</i> .....	90
6.1.5	<i>Switch de encendido.</i> .....	90
6.1.6	<i>Manómetro.</i> .....	91
6.1.7	<i>Palanca del acelerador.</i> .....	91
6.1.8	<i>Pantalla LCD.</i> .....	92
6.1.9	<i>Electroválvulas.</i> .....	92
6.1.10	<i>LED de power.</i> .....	93
6.2	Prueba de presión. ....	93
6.3	Desplazar la palanca de mando. ....	96
6.4	Desplazar la palanca del interruptor de verificación de unidad .....	96
6.5	Solenoides de embrague directo y de segundo freno .....	98
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
7.1	Conclusiones .....	101
7.2	Recomendaciones.....	102

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
1	Cálculo del centro de gravedad de la plancha.....	49
2	Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC y UNF* .....	53
3	Especificaciones SAE para pernos de acero .....	54
4	Parámetros de la rigidez.....	55
5	Identificación de losLED.....	67
6	Pin de la LCD 16X2 .....	68
7	Rango de presiones.....	94
8	Análisis de resultados .....	95
9	Posibles causas de pérdida de velocidad .....	95
10	Continuidad en la palanca selectora .....	96
11	Pruebas en el solenoide.....	98

## LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Caja de cambios de un vehículo con tracción delantera .....	6
2	Caja de cambios en un vehículo con motor delantero y propulsión trasera.....	6
3	Funcionamiento de la caja de cambios en punto muerto .....	6
4	Funcionamiento de la caja de cambios manual en 1ª velocidad .....	7
5	Funcionamiento de la caja de cambios manual en 2ª velocidad .....	8
6	Funcionamiento de una caja de cambios manual en 3ª velocidad .....	8
7	Funcionamiento de la caja de cambios manual en 4ª velocidad .....	9
8	Funcionamiento de la caja manual en marcha atrás .....	9
9	Transmisión automática.....	10
10	Palanca de cambio de una transmisión automática.....	12
11	Sensores de un cambio automático sin gestión electrónica .....	13
12	Representación de la transmisión automática.....	14
13	Conjunto variador CVT multitronic .....	15
14	Funcionamiento del CVT multitronic.....	15
15	Componentes de la transmisión semiautomática .....	16
16	Componentes de un cambio automatizado .....	17
17	Cambio automático DSG en primera y segunda velocidades.....	17
18	Coronas de embrague hidráulico .....	18
19	Funcionamiento de un embrague hidráulico.....	19
20	Funcionamiento interno del convertidor de par.....	20
21	Características de funcionamiento de un convertidor de par.....	21
22	Funcionamiento del convertidor de par con embrague anulador.....	23
23	Operación de la bomba hidráulica de tipo de engranajes. ....	24
24	Switch inhibidor .....	25
25	Tipos de switch inhibidor .....	25
26	Componentes de un tren epicicloidal.....	27
27	Acoplamiento Simpson.....	27
28	Acoplamiento Ravigneaux.....	28
29	Acoplamiento Wilson .....	28
30	Tren con dos elementos unidos.....	29
31	Embrague de marcha adelante .....	32
32	Relación entre la temperatura y el envejecimiento del fluido ATF .....	33
33	Parte inferior del cuerpo de válvula.....	34
34	Parte superior del cuerpo de válvula.....	34
35	Válvula manual.....	35
36	Válvula de mariposa .....	35
37	Válvula principal reguladora .....	36
38	Válvula regulador secundaria .....	36
39	La válvula de control B2.....	37
40	Válvula reguladora de temperatura.....	37
41	Válvula de cambio 1-2.....	38
42	Válvula de cambio 2-3.....	38
43	Acumulador .....	39
44	Embrague directo y segundo solenoide de freno .....	39
45	Circuito de aceite rango "N" .....	40
46	Circuito de aceite en rango "D" o "2" (1ª velocidad).....	41
47	Circuito de aceite en "D" (2ª velocidad).....	42
48	Circuito de aceite en la posición "D" (3ª velocidad).....	43
49	Circuito de aceite en el rango "L".....	44

50	Circuito de aceite en el rango "R" .....	45
51	Acople de la caja al motor .....	47
52	Coordenadas del centroide.....	48
53	Cálculos del centro de gravedad .....	48
54	Reacciones en los puntos de apoyo de la caja .....	50
55	Distancias al centro de gravedad .....	51
56	Resultantes en los pernos.....	52
57	Fuerzas distribuidas .....	59
58	Fuerzas concentradas .....	60
59	Factor de seguridad.....	61
60	Desplazamiento total .....	61
61	Estructura de un microcontrolador .....	62
62	PIC16F873.....	63
63	Diagrama de pines .....	64
64	Regulador de voltaje 7805.....	64
65	Relé.....	65
66	Resistencias .....	65
67	Condensadores.....	66
68	Diodo Zener.....	66
69	LED .....	67
70	LCD 16X2 .....	68
71	Sensor CKP.....	69
72	Captador de pulsos.....	70
73	Reconocimientos de pulsos.....	71
74	Circuito final del controlador.....	72
75	Amoladora recta y angular.....	73
76	Suelda oxicorte .....	73
77	Suelda eléctrica.....	74
78	Taladro de columna .....	74
79	Taladro de mano .....	75
80	Plancha de acople al motor.....	75
81	Construcción de la estructura de soporte .....	76
82	Construcción del tablero .....	77
83	Circuito del controlador.....	77
84	Circuito de activación de la electroválvula.....	78
85	Elaboración de la placa electrónica .....	78
86	Instalación del freno de primera y retro.....	79
87	Tren epicicloidal posterior.....	79
88	Tren epicicloidal delantero .....	80
89	Ensamble de los embragues.....	80
90	Caja automática armada totalmente.....	80
91	La caja automática fija al motor .....	81
92	Banco didáctico .....	82
93	Relación de transmisión 1ª velocidad en "D" .....	84
94	Relación de transmisión de la 2ª velocidad en "D".....	86
95	Relación de transmisión de la 3ª velocidad en "D".....	86
96	Relación de transmisión posición "L" .....	87
97	Relación de transmisión posición "R" .....	88
98	Tablero completo.....	89
99	Switch del sistema .....	89
100	Posición de la palanca de cambios.....	90
101	Tacómetro.....	90
102	Switch de encendido.....	91
103	Manómetro.....	91

104	Palanca del acelerador .....	92
105	Velocidad de salida.....	92
106	LED de las electroválvulas .....	92
107	Power .....	93
108	Prueba de presión.....	94
109	Maso de cables.....	96
110	Las tuercas de la palanca de cambio manual .....	97
111	Ajuste de posición interruptor de palanca de cambio .....	98
112	Conector de los solenoides .....	99
113	Los acopladores de solenoide .....	99
114	Prueba de solenoide con la batería.....	100

## SIMBOLOGÍA

$\dot{\omega}$	Velocidad angular	rad/s
$V_t$	Velocidad tangencial	m/s
$T_v$	Trabajo en el convertidor	Kg.m
P	Peso	N
R	Reacciones en la base del motor y caja	N
V	Reacción cortante	N
M	Momento	N.m
F	Fuerza cortante	N
A	Área	in <sup>2</sup>
Sp	Resistencia a prueba mínima	Kpsi
Sut	Resistencia mínima a la tensión	Kpsi
Sy	Resistencia mínima a la fluencia	Kpsi
Fi	Fuerza de pretensión	Lbf
$\epsilon$	Módulo de elasticidad	lbf/in <sup>2</sup>
Kb	Rigidez del perno	lbf/in
km <sub>1</sub>	Rigidez de la plancha	lbf/in
Km <sub>2</sub>	Rigidez del motor	lbf/in
S <sub>se</sub>	Límite de fatiga	lbf/in <sup>2</sup>

## LISTA DE ABREVIACIONES

ATF	Fluido de transmisión automática (Automatic transmission fluid)
TCM	Módulo de control de la transmisión (Control module transmission)
DGS	Caja de cambios directo (Direct Shift Gearbox)
DKG	Transmisión de doble embrague
UEC	Centralitas electrónicas de gestión (Electronic control management)
ABS	Sistema de freno antibloqueo (Antilock brake system)
CVT	Transmisión variable continua (Variable transmission continuous)
DSG	Cambio automatizado (Direkt Schaltgetriebe)
OFF	Posición desactivada
IE	Internas externas
LV	Baja viscosidad (Low Viscosity)
SAE	Sociedad Ingenieros Automotrices (Society Automotive Engineers)
ASTM	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
ALU	Unidad aritmética lógica
RAM	Memoria de acceso aleatorio
ROM	Memoria de solo lectura
PIC	Circuito integrado programable
CMOS	Semiconductor complementario de óxido metálico
DC	Corriente continua
CKP	Sensor de posición del cigüeñal
CMP	Sensor del árbol de levas
RPM	Revoluciones por minuto
RPS	Revoluciones por segundo
SMAW	Suelda por arco eléctrico
NTE	Normas Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ON	Posición activada

## **LISTA DE ANEXOS**

- A**      Práctica de laboratorio I
- B**      Práctica de laboratorio II
- C**      Catálogo de transmisiones automáticas
- D**      Manual de la transmisión

## RESUMEN

La implementación de un banco didáctico de una transmisión automática de Suzuki Forza modelos 1 y 2 para la Escuela de IngenieríaAutomotriz está orientada esencialmente a desarrollar conocimientos y destrezas en el funcionamiento de la transmisión automática, a fin de lograr experticia en los técnicos y den soluciones efectivas a cualquier tipo de problema relacionado a este sistema.

El estudio inicia con la recopilación de información y adquisición de elementos y materiales para el montaje del banco didáctico cuyos componentes principales son el motor Suzuki 1.3cc, el módulo electrónico de control, la transmisión automática MX17 y sensor VSS.

Se procedió al acople de la transmisión al motor, al mismo tiempo que se diseñó y construyó el módulo de control compuesto por: microcontrolador PIC 16F833A, LED, relés, sensor VSS, módulo que permite activar y desactivar las electroválvulas.

El sistema de transmisión didáctico, previo a su funcionamiento se sometió a pruebas de presión de aceite, pruebas en el swich inhibidor, de las electroválvulas y del módulo de control electrónico que luego de los ajustes necesarios se pudo lograr el objetivo de arranque y demostración.

Las prácticas que se realicen en este banco de adiestramiento deben iniciar previo a un conocimiento de la guía de usuario, a fin de precautelar su funcionabilidad, mantenimiento y lograr una larga vida útil de este equipo; puesto que el uso y aplicación de esta herramienta permite obtener mejores resultados en el aprendizaje y garantía al momento de aplicar y dar soluciones a los problemas presentados dentro del sistema de transmisión.

## **ABSTRACT**

The implementation of a didactic set of automatic transmission from Suzuki Forsa 1,2, models for Automotor Engineering School has as objective to develop knowledge and skills about automatic transmission operation, focusing the idea that technical personnel become expert to give effective solutions for problems related with the mentioned system.

The research starts with a compilation about information and acquisition of elements and materials to set up the didactic automatic transmission system which has main components of the engine Suzuki 1.3, electronic control module, and automatic transmission MX17 and sensor VSS. It set up the engine with the transmission. It designed and made up the control module at the same time. The module is constituted by a microcontroller PIC 16F833A, LED, relays, sensor VSS module that turns on and off the solenoid.

The didactic transmission system was tested before its operation through pressure and oil tests, switch inhibitor test of solenoid and electronic control module that after applying adjustments it was possible to get the target boot and demonstration objective.

Different kind of works done in this set of automatic transmission should start with a previous knowledge about User Guide to care its functionality, maintenance and avail for a long time. The use and application of this tool allows reaching better results for the learning and warranty at the moment to apply and give solutions to problems related to the transmission system.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La Ingeniería Mecánica en sus diferentes programas trata de automatizarse y se encuentra relacionada en cada uno de los avances de la tecnología aplicada a las cajas automáticas. El desarrollo del presente proyecto está destinado principalmente a cumplir con la demanda pedagógica en el campo de los Sistemas Automotrices, específicamente en el área de las transmisiones automáticas; ya que, por motivo de la modificación en la malla curricular se ha implementado una nueva cátedra de sistemas de transmisiones automáticas.

En la actualidad, el sistema de transmisión automática ha ganado mucho terreno en el parque automotor, por cualidades como la facilidad de conducción, confort, ahorro de combustible por ende reducción de la contaminación, etc., aspectos que contrastan con la complejidad de su funcionamiento, además el desconocimiento general del conductor de su forma de operación, por lo cual existen muchos mitos que limitan la expansión del uso de este tipo de transmisiones. Por medio de la comprensión del funcionamiento de la transmisión automática se logrará terminar todo tipo de especulación sobre este tipo de caja automática.

El proyecto se presenta como una herramienta de gran utilidad para todos los estudiantes de Ingeniería Automotriz, facilitando la comprensión exacta y precisa de un sistema de transmisión automática, con todos sus componentes y parámetros de funcionamiento, mediante pruebas reales, localización y diagnóstico de averías, montaje y desmontaje del cuerpo de válvulas entre otras.

En el proyecto el estudiante de la Escuela de Ingeniería Automotriz podrá fácilmente analizar la presión de aceite ATF, uno de los elementos indispensables de la transmisión, además del comportamiento de las revoluciones tanto en el motor que genera el

movimiento como en la misma caja, por medio de la cual se hace posible el movimiento del vehículo.

Seguramente el proyecto cumplirá con todas las expectativas planteadas y servirá de medio de aprendizaje para los estudiantes y toda aquella persona que se interese en conocer sobre el funcionamiento, pruebas, mantenimiento y reparación de una transmisión automática

## **1.2 Justificación**

Los autores del proyecto han decidido basar el presente estudio en una caja automática con pocos componentes electrónicos, utilizando y acoplado materia prima nacional que cumpla con los requisitos de calidad para poder brindar respaldo de garantía a nuestro banco didáctico. Hemos basado nuestro estudio previo a un modelo muy conocido y sobretodo comercial de vehículo, el “Suzuki Forza” para implementar una caja automática plasmada en un banco didáctico y de pruebas para que los estudiantes de Ingeniería Automotriz cumplan con sus expectativas en las prácticas de laboratorio.

Los parámetros a cumplirse hacen que el banco, permita al estudiante tener al alcance cada uno de los mecanismos relacionados con el funcionamiento y desempeño de un sistema básico de una transmisión automática. Además, cada año la cantidad de vehículos con transmisiones automáticas vendidas en el Ecuador crece, esto hace que las preguntas y preocupaciones de las personas que poseen un vehículo de estas características vayan aumentando, y también la posibilidad de ser engañado por técnicos no calificados y vendedores de aceites desactualizados. En el proyecto se explicará cómo funcionan estas transmisiones y los cuidados necesarios para obtener mejor rendimiento del sistema automático de cambios.

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Implementar, un banco didáctico y de pruebas de un sistema de transmisión automática de Suzuki Forza modelos 1 y 2 para la Escuela de Ingeniería Automotriz.

### **1.3.2** *Objetivos específicos:*

Estudiar los diferentes tipos de transmisiones, así como también sus partes y los sistemas diferenciales utilizados en el automóvil.

Analizar la constitución del sistema de cuerpo de válvulas encargadas de regular y distribuir la presión en la caja automática.

Realizar cálculos y pruebas de relaciones de transmisión y de funcionamiento del banco didáctico en todos los sistemas adaptados para comprender parámetros reales de funcionamiento.

Diseñar y construir la estructura que soportara al conjunto de la transmisión automática mecánica de Suzuki Forza 1 y 2.

Plantear guías de prácticas de laboratorio para los estudiantes de Ingeniería Automotriz que tomen la asignatura de transmisiones automáticas.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marcoconceptual

La transmisión automática es un elemento encargado de transmitir el torque y movimiento desde el motor hacia las ruedas, la selección de cambio es comandada automáticamente, por medio del pedal del acelerador produciendo un arranque más fácil.

El funcionamiento se basa en el sistema hidráulico y la presión producidas por el fluido, que circula constantemente, dentro de la caja. La transmisión automática es un sistema capaz de seleccionar todas las marchas del vehículo sin la necesidad de la intervención del conductor. Para que se produzca el cambio de una marcha a otra se toma algunos parámetros, como velocidad del vehículo, régimen de giro del motor, entre otras, por lo que el conductor no tiene la necesidad del pedal de embrague ni de una palanca de cambios. Al aumentar la velocidad del vehículo automáticamente se realizan las diferentes relaciones de transmisión es decir las diferentes velocidades. Una caja automática no sólo proporciona confort al conductor, sino que proporciona al vehículo mayor seguridad activa en los distintos escenarios de funcionamiento.

Las partes principales que conforman la mayoría de las transmisiones automáticas incluso las actuales son:

- Convertidor de par.
- Tren epicicloidal.
- Cuerpo de válvulas.
- Módulo de control electrónico.

La incursión de la electrónica es el mayor avance que disponen las transmisiones automáticas actuales, proporcionando al conductor algunas posibilidades de conducción económica y confortable, con la ayuda de una palanca selectora, en la actualidad existen

vehículos con sistemas de control que pueden seleccionar el programa de cambio de velocidades más eficaz de acuerdo con las condiciones de conducción (Aficionados a la Mecánica, 2014).

## **2.2 Marco teórico**

**2.2.1 Trasmisiones manuales.** Una transmisión manual, es aquella en la cual el conductor puede determinar la relación de transmisión que deseede acuerdo con la velocidad y revoluciones del motor.

Una transmisión manual es aquella que no puede establecer la relación de marchas por sí misma, sino que requiere la intervención del conductor para hacer esto. Ésta es la principal diferencia entre una caja manual y una automática.

El cambio de marcha manual ha avanzado notablemente desde los primeros mecanismos de caja de cambios de marchas manuales sin dispositivos de sincronización hasta las actuales cajas de cambio sincronizadas de dos ejes.

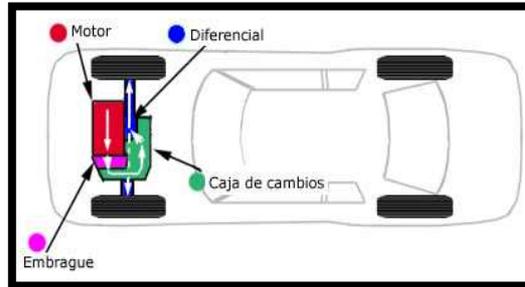
Sin tomar en cuenta la disposición de la transmisión ya sea esta tracción delantera o trasera las cajas manuales son de dos tipos principalmente.

- De tres ejes el eje primario recibe el par del motor a través del embrague y es transmitido a un eje intermediario. A su vez éste lo transmite a un eje secundario que es de salida, accionando el diferencial.
- De dos ejes el eje primario recibe el par del motor y lo transmite de forma directa a uno secundario que es de salida y accionan al diferencial en el eje de salida de las ruedas (GARZÓN, 2013).

En la actualidad las transmisiones manuales tienen dentado helicoidal, que tiene como ventaja, capacidad de carga mayor, transmite el par en contacto con dos dientes. En el retro se pueden utilizar engranajes con dientes rectos, en vista que su utilidad es reducida y además su costo es menor. La disposición de la transmisión en el vehículo

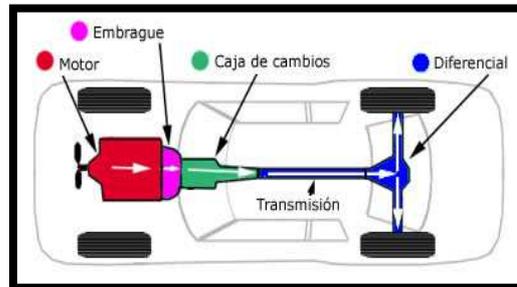
tiene relación con la disposición del motor y de la tracción que posea, ésta puede ser delantera o trasera como se observa en la Figura 1y2.

Figura 1.Caja de cambios de un vehículo con tracción delantera



Fuente: [jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html](http://jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html)

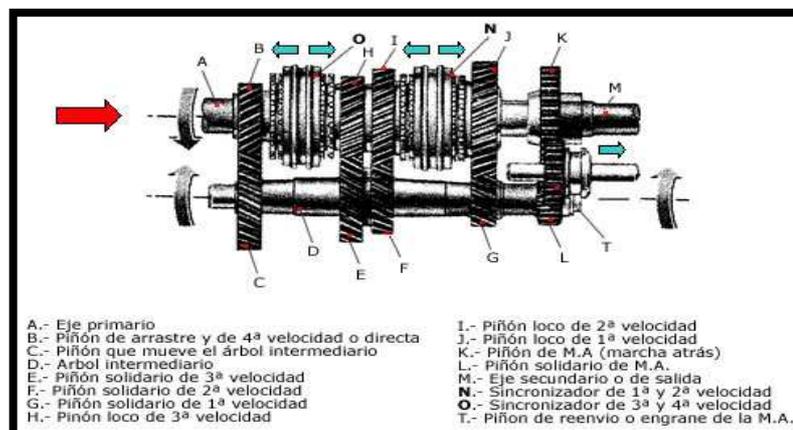
Figura 2.Caja de cambios en un vehículo con motor delantero y propulsión trasera



Fuente: [jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html](http://jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html)

**2.2.2 Funcionamiento de una transmisión manual.** Una caja manual está constituida de un sinnúmero de engranajes que dan las distintas relaciones de transmisión y además su predisposición tiene relación con el tamaño del piñón.

Figura 3.Funcionamiento de la caja de cambios en punto muerto



Fuente: [jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html](http://jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html)

En las transmisiones manuales para realizar las distintas relaciones de transmisión el conductor del vehículo debe operar desde una palanca de cambios y mediante esto se desplazan los distintos sincronizadores para engranar con los piñones que transmiten el movimiento.

En la transmisión manual Figura 3 se origina una doble disminución cuando los engranajes de "toma constante" (B y C) tienen diferentes números de dientes. Por esta razón tenemos que utilizar la siguiente fórmula para saber la reducción que se produce, por ejemplo en la 1ª velocidad obtendremos (JESÚS, 2010).

$$rt(1^a \text{ velocidad}) = \frac{B}{C} * \frac{G}{J} \quad (1)$$

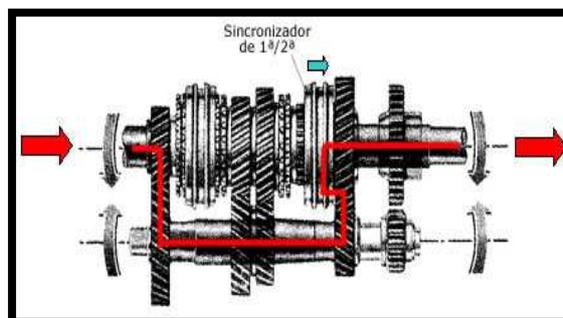
Dónde:

$rt$  =Relación de transmisión

B, C, G, J = n° de dientes de los respectivos piñones

**2.2.2.1 Primera velocidad en una caja de cambios manual.** Al desplazarse los sincronizados de 1ª a 2ª hacia la derecha, provoca el enclave del piñón loco del eje secundario, que es solidario con este eje, el giro es transmitido desde el eje primario y se obtiene la reducción de giro por consiguiente el máximo par.

Figura 4. Funcionamiento de la caja de cambios manual en 1ª velocidad

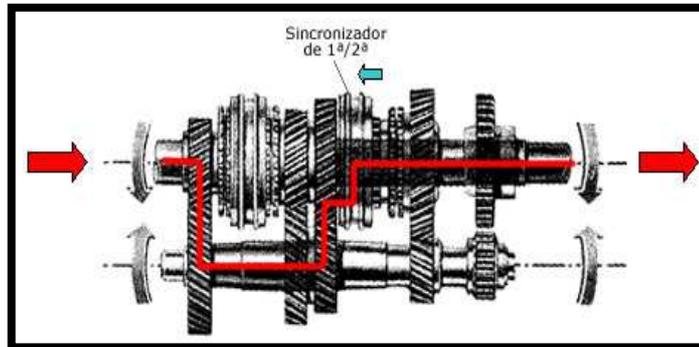


Fuente: [jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html](http://jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html)

**2.2.2.2 Segunda velocidad en una caja de cambios manual.** Al desplazarse el sincronizador de 1ª/2ª ahora a la izquierda, origina el enclavamiento del piñón loco del eje

secundario, y es solidario a este eje. Por consiguiente, el giro se transmite desde el ejeprimario, y se obtiene la reducción de giro menor que en la primera velocidad, por consecuencia aumenta la velocidad y disminuye el par.

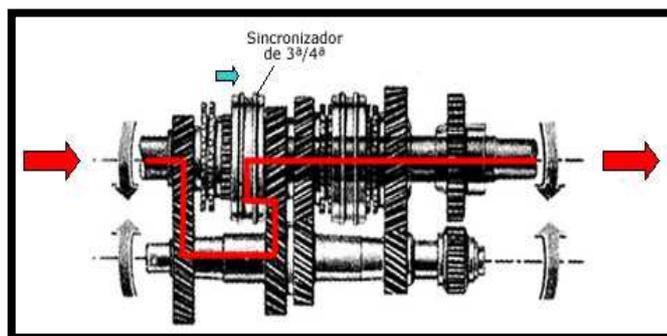
Figura 5. Funcionamiento de la caja de cambios manual en 2ª velocidad



Fuente: [jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html](http://jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html)

**2.2.2.3 Tercera velocidad de una caja de cambios manual.** Al desplazarse el sincronizador de 3ª/4ª en este caso hacia la derecha, origina el enclavamiento del piñón loco por lo que se hace solidario al eje secundario. Debido a esto el par se transmite desde el eje primario y se obtiene la reducción. En tercera marcha aumenta un poco más la velocidad pero por consiguiente el par es inferior (JESÚS, 2010).

Figura 6. Funcionamiento de una caja de cambios manual en 3ª velocidad



Fuente: [jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html](http://jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html)

**2.2.2.4 Cuarta velocidad de una caja de cambios manual.** Al desplazarse el sincronizador de 3ª/4ª para la cuarta velocidad a la izquierda, origina el acople del piñón de arrastre o toma constante aquí el eje primario es solidario al secundario, aquí no interviene el eje intermedio y el giro se transmite desde el eje primario. El par se

transmite directamente y no hay reducción de la velocidad. En esta marcha la velocidad del motor es igual a la transmisión, sigue aumentando la velocidad y disminuyendo el par.

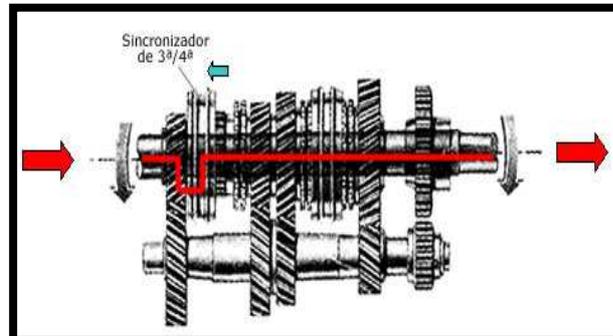
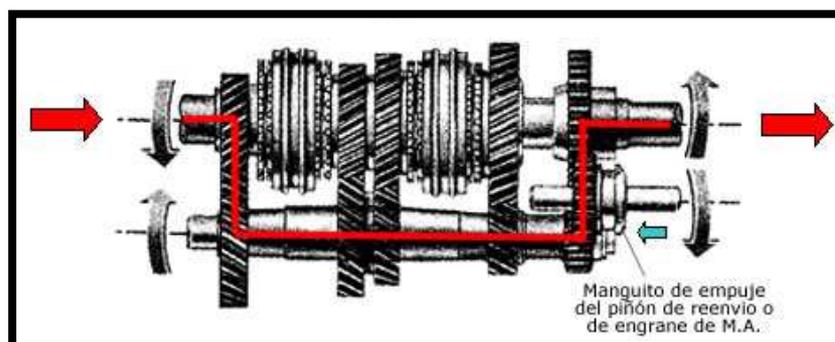


Figura 7. Funcionamiento de la caja de cambios manual en 4ª velocidad

Fuente: [jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html](http://jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html)

**2.2.2.5 Marcha atrás de una caja de cambios manuales.** Cuando hay la selección de esta marcha, se realiza el desplazamiento del piñón de reenvío, desplazado mediante un manguito. En el momento que se desplaza el piñón de reenvío, engrana con otros dos piñones que a diferencia de los otros estos tienen dientes rectos y corresponden al eje intermedio y secundario. De acuerdo a esto conseguimos invertir el movimiento del eje secundario con relación al eje primario de la caja (JESÚS, 2010).

Figura 8. Funcionamiento de la caja manual en marcha atrás



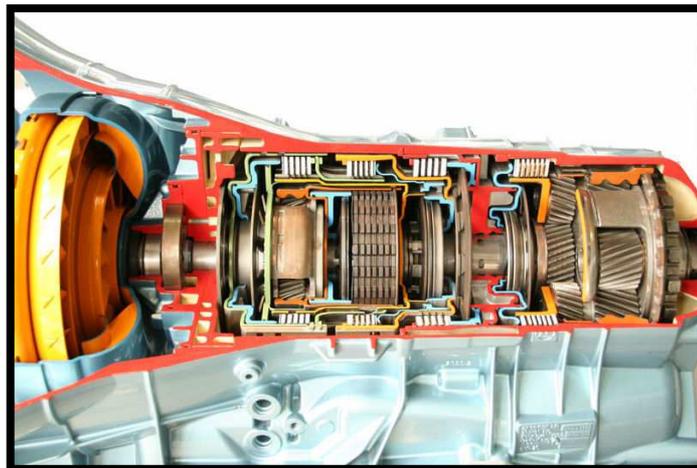
Fuente: [jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html](http://jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html)

**2.2.3 Trasmisiones automáticas.** El primer indicio de una transmisión automática fue en 1908 y era un dispositivo hidráulico para uso marino; 20 años después, la fábrica *Leyland* mejoró el sistema y lo adaptó a los colectivos de Inglaterra. En las décadas del 1910 y del 1920, el Ford T ya usaba una transmisión con un tren de engranajes

epicicloidal, similar a las cajas actuales. En 1930 la firma *Daimler* elaboró una caja semiautomática formada por un par unembrague hidráulico unido a un tren epicicloidal electromagnético. El italiano Hugo Povesa cinco años más tarde, desarrolló una caja con un tren epicicloidal que funcionaba con presión de aceite esto solo fue utilizado como prototipo demostrando que los trenes epicicloidales es la mejor opción para las transmisiones automáticas.

General Motors dotó a sus vehículos de 1937 con una caja semiautomática, y en 1939 presentó la Hydro Matic Drive, que reunía una caja epicicloidal con cuatro velocidades. Luego de la Segunda Guerra Mundial, estos sistemas siguieron evolucionando y el convertidor de par reemplazó al par hidráulico (JIMMY AUTOTRANSMISIONES, 2009)

Figura 9. Transmisión automática



Fuente: [http://mondragonaguilar.blogspot.com/2010\\_10\\_01\\_archive.html](http://mondragonaguilar.blogspot.com/2010_10_01_archive.html)

**2.2.3.1** *Funcionamiento de la transmisión automática.* Una transmisión automática es un sistema que por sí sola, realiza los cambios de marcha de acuerdo a las diferentes condiciones de manejo. El cambio se realiza de acuerdo algunos parámetros como, el par motor, la velocidad, posición del acelerador, etc. Es un sistema electro hidráulico que determina las relaciones de transmisión; en las transmisiones actuales todo el control se lo realiza mediante una unidad electrónica (SÁNCHEZ, 2004).

El movimiento producido en la transmisión automática por el motor se transmite a la caja por medio del convertidor de par, y está formado, fundamentalmente, por dos

turbinas localizadas en un compartimiento hermético lleno ATF, que es el medio que transmite la potencia. Las distintas relaciones de transmisión están a cargo de un cuerpo de válvulas, que regula y distribuye la presión a los distintos embragues y frenos para el cambio automático de marcha.

El convertidor de par, al momento del arranque reduce las rpm del motor a la entrada de la transmisión, ganando par motor, para posteriormente igualar con la velocidad del vehículo, hasta que el par motor y el del primario se igualen cuando la velocidad es la misma (JESÚS, 2010).

Los engranajes que constituyen el tren epicicloidal, se acoplan y desacoplan mediante frenos y embragues accionados por presión hidráulica, comandada por un cuerpo de válvulas que se encarga de distribuir la presión de aceite que envía el convertidor de par.

El cuerpo de válvulas envía la presión a los diferentes frenos y embragues, para ir cambiando de velocidades. Una bomba hidráulica que proporciona la presión para el acoplamiento de frenos y embragues, y también para el convertidor.

**2.2.3.2 Parámetros de puntos de cambio.** El punto exacto en el cual se debe realizar el cambio de velocidad depende básicamente de dos parámetros fundamentales que son:

- a. La posición del pedal acelerador, de acuerdo al requerimiento del conductor en los distintos escenarios del vehículo en funcionamiento como (cuesta, llano, descenso, número de pasajeros o de carga).
- b. La velocidad del vehículo, de esta velocidad depende que la transmisión cambie a relaciones más largas más tarde y a mayor régimen motor.

En caso de fallo eléctrico o electrónico, siempre que haya presión hidráulica se sigue disponiendo de las posiciones básicas mecánicas quedando en la "D" normalmente fija una desmultiplicación, la 4ª o 3ª según el número de marchas.

**2.2.3.3 Posiciones de la palanca de mando.** La mayoría de las transmisiones automáticas permiten seleccionar mecánicamente entre un conjunto de posiciones de la palanca de cambios.

- 1) De estacionamiento en la que no hay transmisión de fuerza, y además bloquea el eje de salida de la transmisión mecánicamente "P".
- 2) Para marcha atrás "R".
- 3) En la cual no hay transmisión de fuerza, equivale al punto muerto de un cambio manual "N".
- 4) Para marcha hacia adelante, en la cual entran todas las desmultiplicaciones, desde la primera hasta la cuarta, quinta o más según el fabricante "D".
- 5) De funcionamiento similar a la posición "D" pero con cambios más rápidos, bruscos y a unas revoluciones mayores "S".
- 6) Para impedir que entren las marchas más largas, sólo primera y segunda, en caso de fuertes pendientes, además permite retener al bajar las mismas pendientes "L".

Figura 10. Palanca de cambio de una transmisión automática



Fuente: [http://mondragonaguilar.blogspot.com/2010\\_10\\_01\\_archive.html](http://mondragonaguilar.blogspot.com/2010_10_01_archive.html)

Como dispositivo de seguridad, el accionamiento del motor de arranque únicamente es posible en "P" y en "N", siendo incluso imposible en vehículos recientes sacar la llave del contacto si no está la palanca en "P", o sacar la palanca de "P" con el motor parado si no se mantiene el freno pisado.

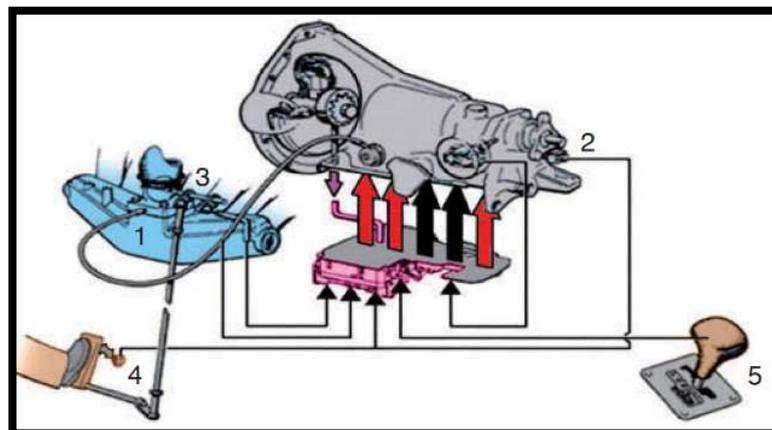
Las transmisiones automáticas, especialmente las más antiguas, penalizaban en alguna medida el consumo de combustible. Donde el combustible era caro, y por tanto, los motores suelen ser pequeños, estas penalizaciones son insalvables. En los últimos años, las transmisiones automáticas han mejorado significativamente su capacidad para mejorar los consumos, pero las transmisiones manuales siguen siendo en general más eficientes siempre que el vehículo es conducido con el motor a unas revoluciones que coincidan con el par óptimo por un conductor experimentado (JESÚS, 2010).

**2.2.4 Cambios automáticos sin centralita electrónica.** Los primeros vehículos que equipaban cambio automático no disponían de módulos electrónicos. La incorporación de la gestión electrónica en los vehículos se inicia con los encendidos transistorizados, la inyección electrónica y los frenos con ABS.

En estas transmisiones el cambio de velocidades se realiza regulando y modulando las presiones del grupo hidráulico. Los sensores de que dispone la caja actúan sobre el grupo hidráulico reduciendo o aumentando la presión en un circuito. El incremento de presión provocará el accionamiento de un freno o embrague que frenará o liberará un elemento del tren epicycloidal; de este modo, se realiza el cambio de una velocidad a otra, igual que ocurre en los cambios controlados electrónicamente.

La palanca selectora de marcha va unida a la válvula manual de gobierno de la presión del circuito, lo que permite la selección de las distintas velocidades y el mecanismo de estacionamiento "P" (DOMÍNGUEZ, y otros, 2012 pág. 138).

Figura 11. Sensores de un cambio automático sin gestión electrónica



Fuente: DOMÍNGUEZ, y otros. Sistemas de transmisión y frenado. p.138

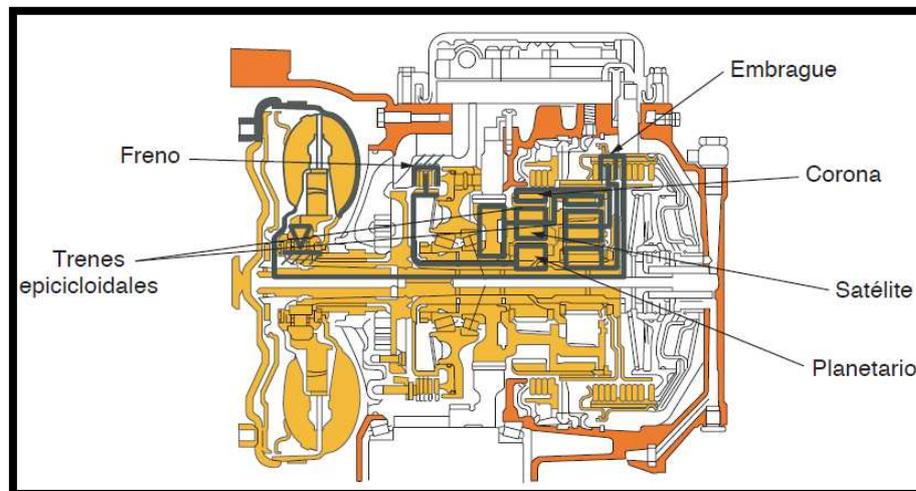
Los dispositivos o sensores que intervienen en estos cambios son:

- 1) Captador de depresión del colector de admisión
- 2) Regulador centrífugo en el eje de salida de la caja
- 3) Sensor de posición del pedal del acelerador
- 4) Sensor de kick-down
- 5) Posición de la palanca selectora (P-N-R-1-2-D).

**2.2.5 Transmisión de fuerza en las cajas automáticas.** En la Figura 12 se puede observar los componentes de una transmisión automática:

- La transmisión del par.
- Qué elementos están frenados.
- Por dónde entra el movimiento.
- Cuál es la salida de movimiento del tren.

Figura 12. Representación de la transmisión automática



Fuente: DOMÍNGUEZ, y otros. Sistemas de transmisión y frenado. p. 139

**2.2.6 Variadores o cambios automáticos CVT.** Los variadores son conjuntos mecánicos empleados como cajas de cambios. La transformación y transmisión del par motor y la velocidad de giro se consiguen de un modo continuo, sin el escalonamiento que se produce en los cambios manuales o automáticos.

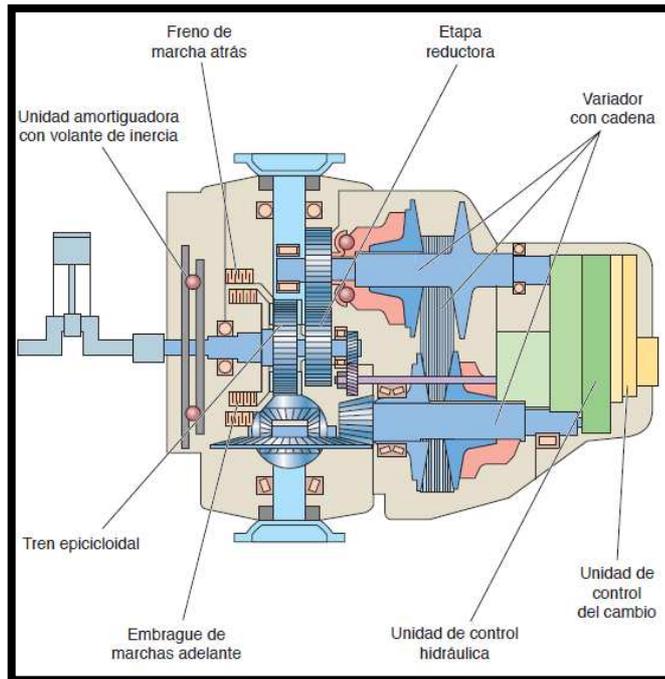
En un cambio manual cada velocidad tiene una relación de transmisión, es decir, reduce o amplifica la velocidad de giro del motor con la consiguiente reducción o amplificación del par de salida.

Los variadores están diseñados para unas amplias relaciones de transmisión, desde relaciones de multiplicación de 6:1 hasta 0,5:1 y una desmultiplicación inicial 6:1. A medida que se aumentan las revoluciones del motor, disminuye la desmultiplicación del variador que puede llegar hasta valores de 0,5:1. Esta transmisión para la marcha atrás, dispone de un tren epicicloidal para la marcha atrás y un freno de disco bañado en aceite.

Los variadores emplean como elemento transmisor un robusto par de poleas con diámetro de trabajo variable. Utilizan una correa o cadena flexible que transmite el giro entre las poleas, conductor y conducido. Las poleas están diseñadas para modificar la anchura de sus gargantas cónicas mediante el desplazamiento de una cara sobre la otra como se puede ver en la Figura 13 (DOMÍNGUEZ, y otros, 2012 pág. 145).

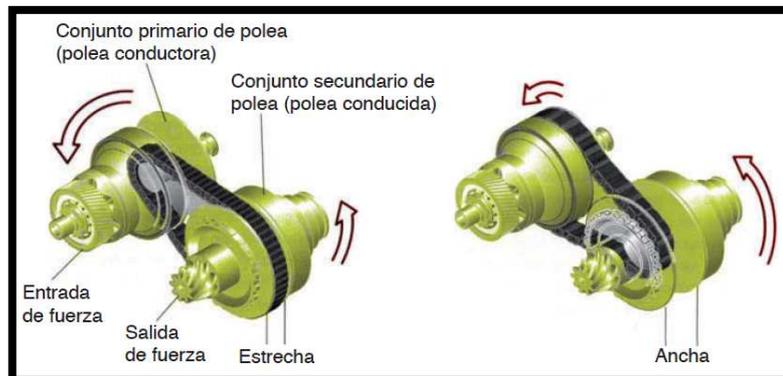
De este modo, se puede modificar el diámetro de trabajo de las poleas de forma continua y originando diferentes relaciones de transmisión.

Figura 13. Conjunto variador CVT multitronic



Fuente: DOMÍNGUEZ, y otros. Sistemas de transmisión y frenado. p. 145

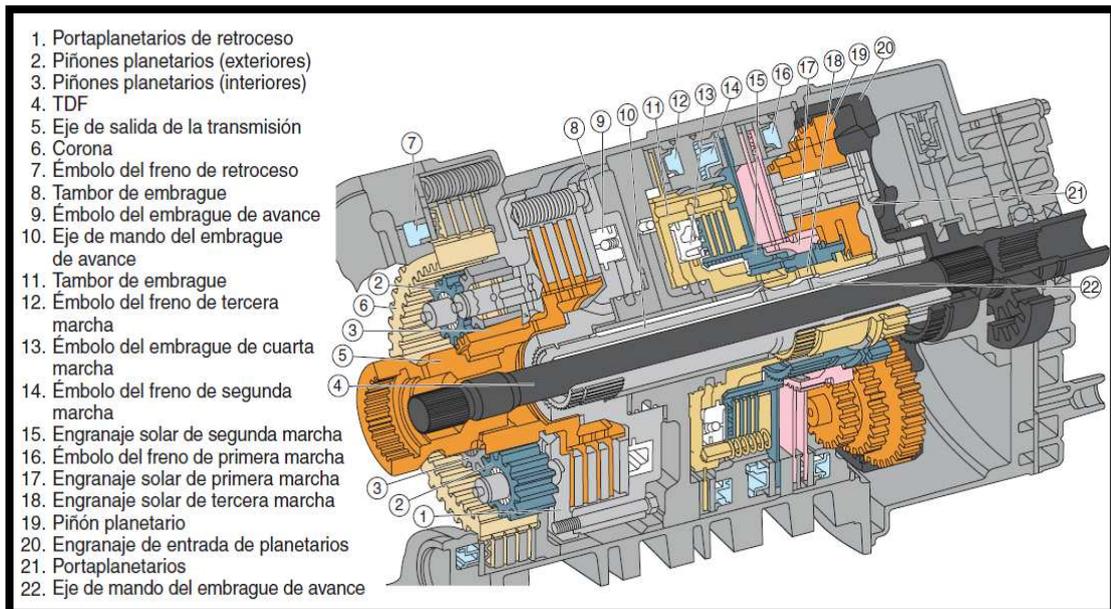
Figura 14. Funcionamiento del CVT multitronic



Fuente: DOMÍNGUEZ, y otros. Sistemas de transmisión y frenado. p. 146

**2.2.7 Transmisiones semiautomáticas.** Los cambios semiautomáticos son el escalón intermedio entre el cambio totalmente manual y el automático. No emplean centralita y el cambio de velocidades se realiza con un mando y un circuito hidráulico, el cambio emplea trenes epicicloidales para conseguir las relaciones de transmisión y para invertir el sentido de la marcha.

Figura 15. Componentes de la transmisión semiautomática

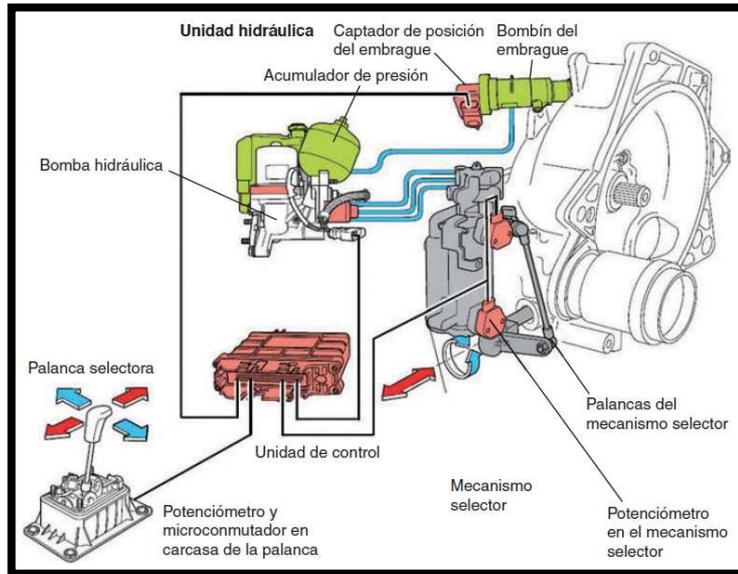


Fuente: DOMÍNGUEZ, y otros. Sistemas de transmisión y frenado. p. 144

**2.2.8 Cambios automatizados o robotizados.** Éstos funcionan de forma similar al cambio automático, el vehículo no dispone de pedal de embrague y el cambio de velocidades se realiza de forma automática según la posición de la palanca selectora y la cartografía de la electrónica del cambio. La constitución básica del conjunto del cambio automatizado es similar al cambio manual, emplean embragues de fricción con accionamiento hidráulico o eléctrico controlado desde el módulo de gestión (DOMÍNGUEZ, y otros, 2012 pág. 139).

La caja de cambios dispone de los ejes primario y secundario con ruedas dentadas, carretes desplazables, sincronizadores y horquillas como los cambios manuales normales. El cambio automatizado dispone adicionalmente de un conjunto electrohidráulico o mecanismo selector para realizar el desplazamiento de las horquillas y engranar las velocidades de forma automática.

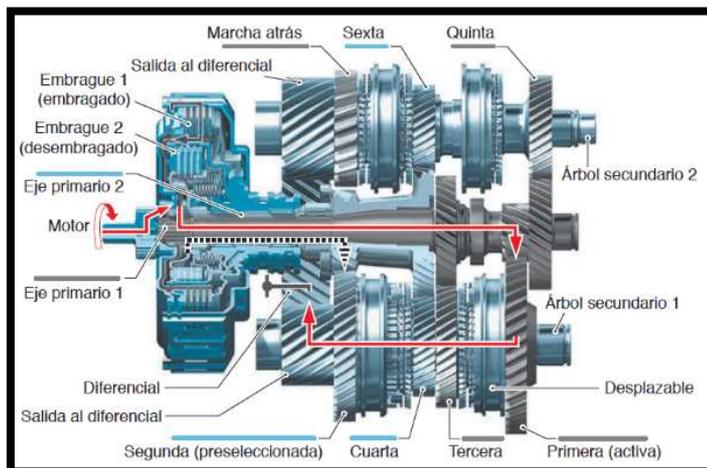
Figura 16. Componentes de un cambio automatizado



Fuente: DOMÍNGUEZ, y otros. Sistemas de transmisión y frenado. p.148

**2.2.9 Cambio automatizado DSG.** Este cambio que se ha desarrollado partiendo de un cambio manual sincronizado de engranajes de seis velocidades. Tiene dos embragues multidisco bañados en aceite o monodisco en seco según los modelos, que sustituyen al convertidor de par.

Figura 17. Cambio automático DSG en primera y segunda velocidades



Fuente: DOMÍNGUEZ, y otros. Sistemas de transmisión y frenado. p.150

El circuito hidráulico de la caja es similar a la empleada en los cambios automáticos, una bomba de piñones genera el caudal necesario para el accionamiento y lubricación del

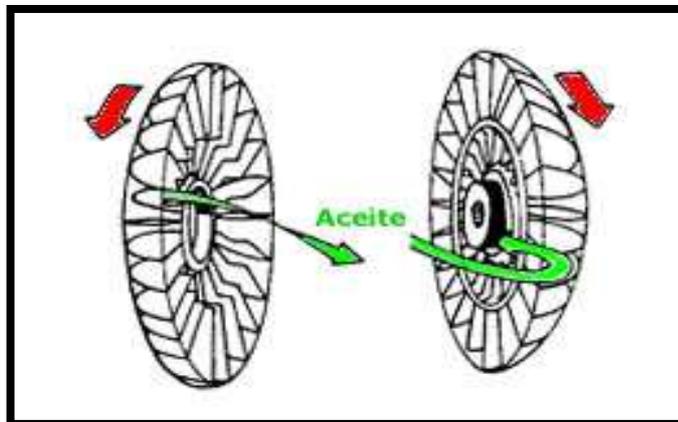
cambio, el cambio nuevo cambio DSG dispone de un motorelctrico que mueve la bomba y un acumulador de presi3n que evita que la bombatrabaje de forma continua.

### 2.3 Convertidor de par

Los motores t3rmicos empleados en losautom3viles tienen un rango de velocidades de giro en los que pueden funcionar. Por ello, parapoder arrancar desde el reposo es necesario independizar el giro del eje motor del giro del ejeque proporciona movimiento a las ruedas del veh3culo. En un autom3vil con transmisi3n autom3tica el elemento que hace esto posible es el embrague, en los autom3vilesdotados de transmisi3n autom3tica la operaci3n del embrague es realizada por el convertidor de par (BEREZIARTUA, y otros, 2010 p3g. 3).

**2.3.1 Embrague hidr3ulico.**El embrague hidr3ulico basa su funcionamiento en la transformaci3n de energ3a mec3nica en energ3a hidr3ulica y viceversa. Se emplea por lo tanto un fluido para transmitir la potencia.

Figura 18. Coronas de embrague hidr3ulico

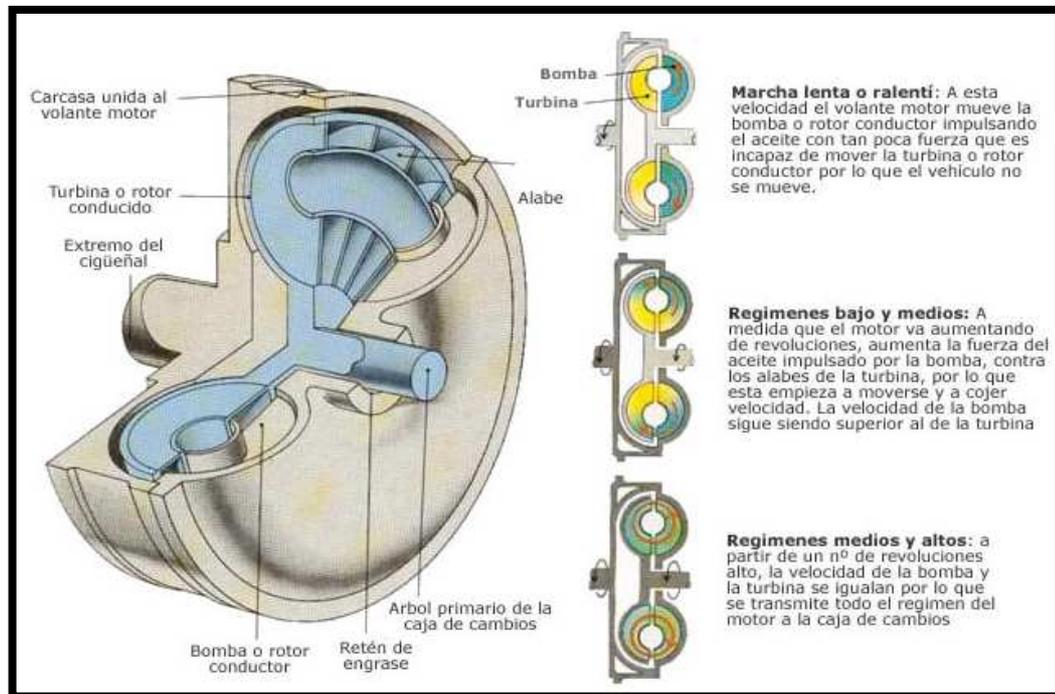


Fuente:<http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

Cuando el motor gira, el aceite contenido en la carcasa es impulsado por la bomba, proyect3ndose por su periferia hacia la turbina, en cuyos 3labes incide paralelamente al eje. Dicho aceite es arrastrado por la propia rotaci3n de la bomba o rotor conductor, form3ndose as3 un torbellino t3rico. La energ3a cin3tica del aceite que choca contra los 3labes de la turbina, produce en ella una fuerza que tiende a hacerla girar.

Debido a la inevitable pérdida de energía por deslizamiento del aceite en su acoplamiento para obtener el par máximo los vehículos equipados con este tipo de embrague consumen algo más de combustible que los equipados con un embrague normal de fricción.

Figura 19. Funcionamiento de un embrague hidráulico



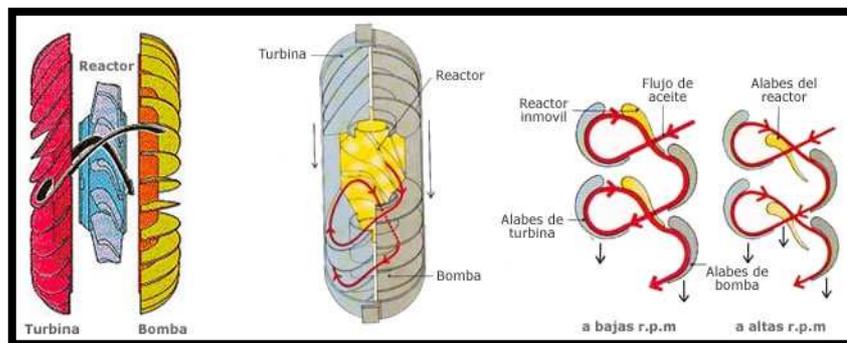
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

**2.3.1.1 Convertidor de par con estator.** El convertidor de par tiene un funcionamiento que se asemeja al de un embrague hidráulico pero posee una diferencia fundamental y es que el convertidor es capaz de aumentar por sí sólo el par del motor y transmitirlo esto sucede gracias a un reactor que se encuentra entre la turbina y la bomba.

Al girar la bomba accionada directamente por el movimiento del cigüeñal, el aceite se impulsa desde la rueda de la bomba hasta la rueda de la turbina. A la salida de ésta el aceite tropieza con los álabes del reactor que tienen una curvatura opuesta a los de las ruedas de bomba y turbina. Esta corriente de aceite empuja al reactor en un giro de sentido contrario al de la bomba y la turbina. Como el reactor no puede realizar ese giro ya que está retenido por la rueda libre, el aceite se frena y el empuje se transmite a través del aceite sobre la bomba (Aficionados a la Mecánica, 2014).

De esta forma mientras exista diferencia de velocidad de giro entre la bomba y la turbina el par será mayor en la turbina que en la bomba. El par cedido por la turbina será pues la suma del transmitido por la bomba a través del aceite y del par adicional que se produce por reacción desde el reactor sobre la bomba y que a su vez es transmitido de nuevo sobre la turbina.

Figura 20. Funcionamiento interno del convertidor de par



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

La conversión del par motor es:

$$\mu = -\frac{M_T}{M_P} \quad (2)$$

$M_T$  = Par de la turbina

$M_P$  = Par de la bomba

El coeficiente de potencia  $\lambda$  y la conversión  $\mu$  dependen del coeficiente  $\nu$ , definido como relación entre las revoluciones de la turbina y las revoluciones de la bomba:

$$\nu = \frac{W_T}{W_P} \quad (3)$$

$W_T$  = RPM de la turbina

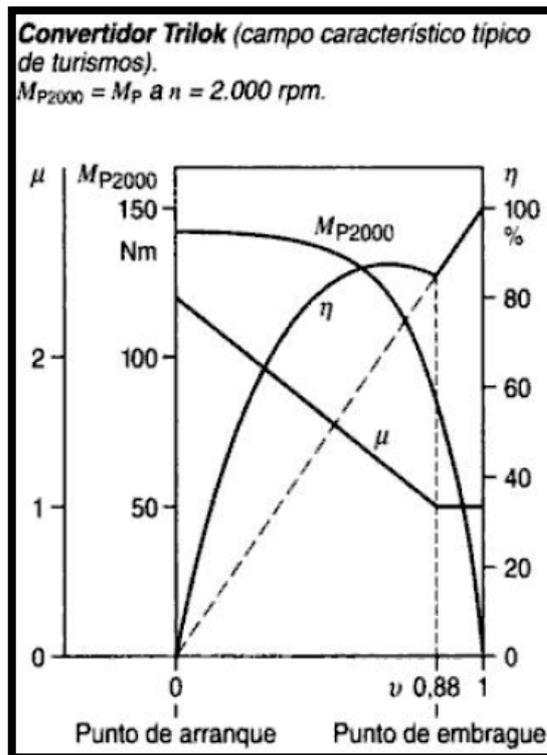
$W_P$  = RPM de la bomba

A través del patinamiento  $s = 1 - \nu$  y la conversión de par se determina el rendimiento hidráulico:

$$\eta = \mu(1 - s) = \mu \cdot v \quad (4)$$

Con  $v = 0$ , es decir, con turbina frenada punto de frenado total, punto de arranque, la conversión de pares alcanza su valor máximo y cae prácticamente en línea al aumentar las revoluciones de la turbina a la relación de par 1:1 en el punto de embrague. El convertidor hidrodinámico de par en una caja de cambios trabaja prácticamente sin desgaste, anula picos de oscilaciones y amortigua de forma excelente las vibraciones del motor, cumple las funciones del volante de inercia en una transmisión manual.

Figura 21. Características de funcionamiento de un convertidor de par



Fuente: BOSCH.Manual de la técnica del Automóvil .p.740

El margen de conversión y el rendimiento, especialmente con un patinamiento elevado, no son suficientes para circular con un vehículo, por lo que el convertidor solo se puede utilizar realmente con cambios de escalones múltiples o continuos.

### *Cálculo de resbalamiento*

$$s = 100\% * \left(1 - \frac{W_T}{W_P}\right) \quad (5)$$

Ejemplo:

Calcular el resbalamiento en el convertidor de par si el motor marca 4000 RPM, la salida a las llantas nos da 357 RPM.

Solución:

Las revoluciones de la bomba del convertidor de par tienen el mismo valor a las revoluciones del motor porque la bomba está conectada al cigüeñal directamente, para calcular las revoluciones de la turbina debemos obtener la relación de transmisión en el diferencial es de 3.95:1 y de la caja automática, los cálculos lo vamos a realizar en la posición "D" de la palanca en la primera velocidad en una relación de la transmisión de 2.8:1.

$$W_T = 354 \text{ RPM} * 3,95 * 2.8$$

$$W_T = 3915.24 \text{ RPM}$$

Para esto remplazamos en la ecuación (5):

$$s = 100\% * \left(1 - \frac{3915.24 \text{ RPM}}{4000 \text{ RPM}}\right)$$

$$s = 100\% * (1 - 0.98)$$

$$s = \mathbf{2.11\%}$$

Cálculo de la velocidad angular del convertidor de par:

$$\dot{\omega} = \frac{2\pi * \text{RPM}}{30} \quad (6)$$

$$\dot{\omega} = \frac{\pi * 4000}{30}$$

$$\dot{\omega} = 418.879 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Velocidad tangencial con el  $R = 108,3 \text{ mm}$  ( $0.1083 \text{ m}$ )

$$Vt = \dot{\omega} * R \quad (7)$$

$$Vt = 418.879 \frac{rad}{s} * 0.1083 m$$

$$Vt = 45.36 \frac{m}{s}$$

Trabajo almacenado en el convertidor de par si pesa 8 kg

$$M = 8 kg * \frac{UTM}{9.81 kg} = 0.815 UTM$$

$$Tv = M(Vt)^2 \quad (8)$$

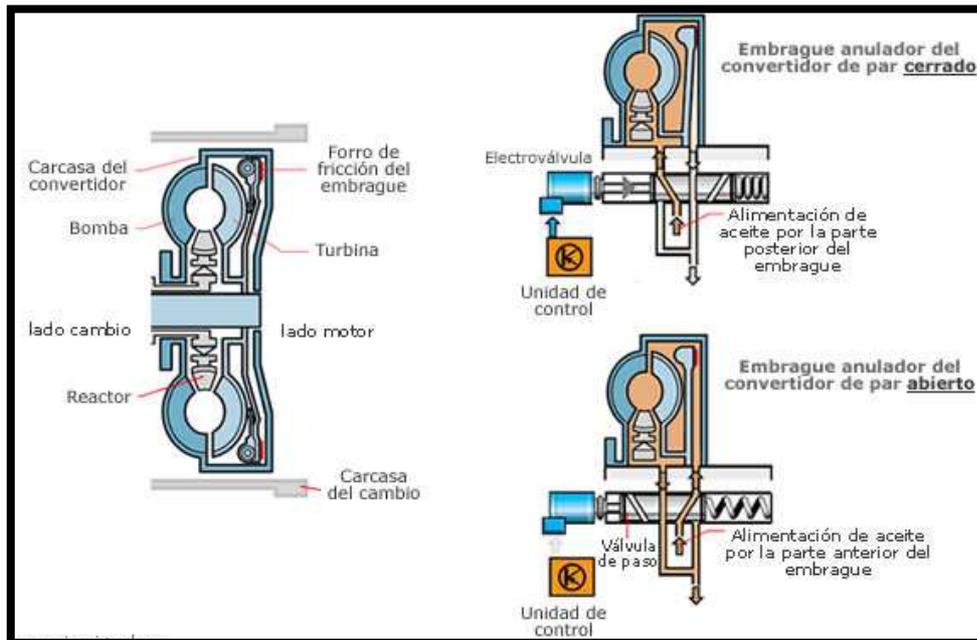
$$Tv = 0.815(45.36)^2$$

$$Tv = 1676.886 kgm$$

El resbalamiento es aproximadamente de 2% por lo que se puede asumir que el convertidor de par está a un 100% de su funcionamiento(BOSCH, 2005 págs. 130-143).

**2.3.1.2 Convertidor de par con embrague anulador.** El convertidor de par está equipado con un embrague anulador, que a regímenes superiores transmite el par del motor directamente al árbol primario del cambio sin resbalamiento por parte del convertidor. El embrague anulador del convertidor de par cierra de forma regulada por la unidad de control de cambio. Teniendo en cuenta el régimen y el par del motor, la unidad de control del cambio decide que resulta más económico cerrar el embrague anulador, lo efectúa excitando la electroválvula. La electroválvula abre la cámara de aceite ante el embrague anulador, de modo que se pueda descargar la presión del aceite. Debido a ello predomina la presión de aceite detrás del embrague, haciendo que éste cierre(Aficionados a la Mecánica, 2014).

Figura 22. Funcionamiento del convertidor de par con embrague anulador

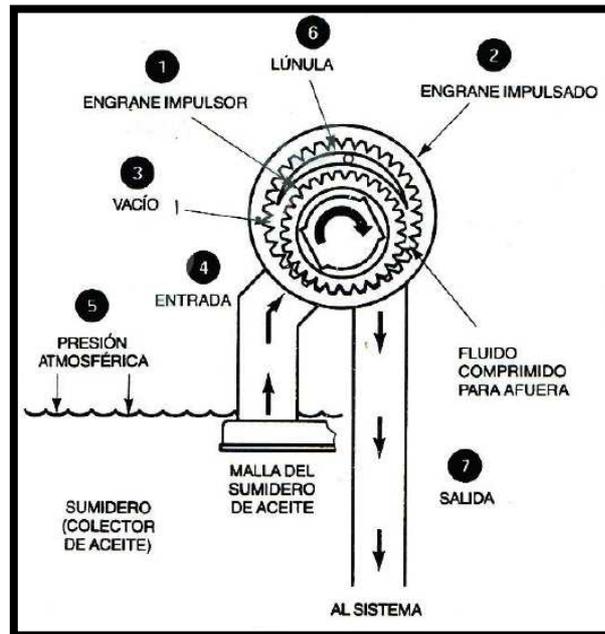


Fuente: [www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios8.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios8.htm)

## 2.4 Bombas hidráulicas

La bomba hidráulica es la fuente de flujo del fluido y de presión de operación. El flujo del fluido es necesario lubricar y enfriar partes internas. La presión hidráulica es necesaria para operar componentes de transmisión. Todas las bombas de transmisión automáticos operan sobre el mismo principio básico. La rotación del miembro impulsor de la bomba crea cámaras de admisión que se expanden y cámaras de salida que se contraen. La admisión de la bomba está conectada al cárter a través del filtro o malla. La salida de la bomba está conectada al sistema hidráulico de transmisión. Las cámaras de admisión y de salida están aisladas una de la otra para evitar contraflujo de las cámaras de salida a las cámaras de admisión. Aceite filtrado es succionado dentro de la admisión de la bomba y forzado hacia la salida de la bomba.

Figura 23. Operación de la bomba hidráulica de tipo de engranajes



Fuente: THIESSEN, y otros. Reparaciones de Transmisiones Automáticas y Manuales, p.231

Normalmente la capacidad de la bomba excede a los requerimientos, y suele permanecer adecuada durante la vida de la transmisión. Un desgaste normal a causa de fluido contaminado, bajos niveles de fluido o aireación puede dar por resultado el desgaste que reduce la capacidad de la bomba abajo del nivel requerido para tener operación satisfactoria (THIESSEN, y otros, 1998 págs. 230-234).

## 2.5 Selector de marchas

**2.5.1 Interruptor inhibidor.** En una transmisión controlada mecánicamente el interruptor inhibidor es sólo un mecanismo de seguridad para el arranque. Cuando el selector de marchas no está en la posición “P” o “N”, el circuito eléctrico para el motor de partida está en estado OFF. Por lo tanto, el motor no arranca en esta condición, aun si el interruptor de encendido se gira a la posición “START”. El interruptor inhibidor está instalado en el cuerpo de la transmisión y conectado con el eje de control manual.

Figura 24. Switch inhibidor

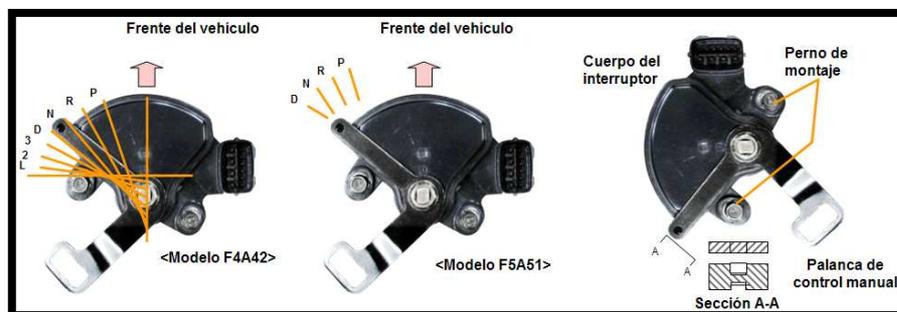


Fuente: Autores

El interruptor inhibidor incluye además circuitos internos para detectar la posición del selector de marchas, estas señales se usan para indicar la marcha seleccionada en el panel de instrumentos(VILLALOBOS, 2012).

La Figura 25 es sólo una muestra, debido a que existen varias versiones. Para ver un esquema en particular es necesario referirse al manual de servicio correspondiente. En el caso de alguna discrepancia, verificar que el interruptor este instalado y ajustado en la posición correcta. Si el ajuste es correcto, reemplazar el interruptor.

Figura 25. Tipos de switch inhibidor



Fuente: <http://www.slideshare.net/victorhruizortiz/transmisin-automtica-1>

Además, como punto de contacto para la gama "R" está conectado con el circuito de la luz, sólo cuando la palanca de selección se desplaza al rango de "R". El punto de contacto activa la luz de retro que se encuentra en la parte posterior del vehículo.

## 2.6 Trenes epicicloides

Un tren epicicloidial es un conjunto formado por engranajes epicicloides, piñón planetario, satélites y corona de dentado. Los trenes epicicloides se emplean para

obtener las distintas relaciones de transmisión sustituyen a las parejas de ruedas dentadas de las cajas manuales.

La transmisión que utiliza un tren epicicloidal es más versátil y dispone de más relaciones de transmisión que en las transmisiones con pares de ruedas dentadas utilizadas en transmisiones manuales.

Los trenes epicicloidales ofrecen las siguientes ventajas:

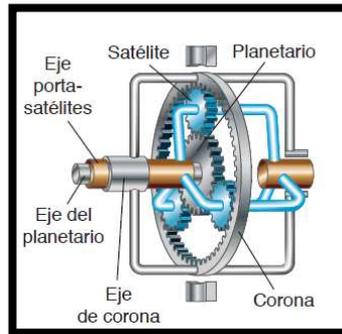
- Permiten realizar varias relaciones de transmisión, según se frene o se accione un componente del tren.
- Los trenes epicicloidales son capaces de invertir el sentido de giro de transmisión; por ejemplo, para realizar la marcha atrás.
- Los trenes epicicloidales realizan el cambio de velocidad con carga, y no es necesario cortar la salida de fuerza del motor para realizar el cambio de marcha.

**2.6.1** *Constitución de los trenes epicicloidales.* Los trenes epicicloidales están formados por un eje de accionamiento y un piñón central llamado planetario. Girando y engranados sobre el piñón se encuentra los satélites, éstos giran sobre su eje y a su vez una placa une todos los ejes de los satélites y transmiten el giro por el eje portasatélites (DOMÍNGUEZ, y otros, 2012).

Los piñones satélites engranan sobre una corona de dentado interior Figura 26 formando un conjunto de engranajes con tres elementos y sobre un planetario que en ocasiones pueden ser comunes:

- Piñón planetario con su eje de accionamiento.
- Piñones satélites y eje de la placa portasatélites.
- Corona con dentado interior y eje de accionamiento.

Figura 26. Componentes de un tren epicicloidal



Fuente:DOMÍNGUEZ E; y otros. Sistemas de transmisión y frenado. p.120

**2.6.2 Tipos de trenes epicicloidales.** Un solo tren epicicloidal que tenga un eje de entrada y otro de salida del par, se pueden obtener una relación de desmultiplicación y una marcha directa. Para obtener más relaciones de transmisión es necesario la combinación, de varios trenes epicicloidales entrelazados entre sí. Los trenes epicicloidales más comunes son:

- a) Tipo Simpson tiene un solo planetario para los dos trenes; el resto de elementos se acoplan entre sí como se puede observar en la Figura 27.
- b) Tipo Ravigneaux este acopla dos o tres trenes en un solo conjunto; para esto, cuenta con una sola corona de dentado interior como se observa en la Figura 28.
- c) Tipo Wilson este tren epicicloidal es que incorpora varios trenes epicicloidales conectados en serie y acoplados entre sí como se puede observar en la Figura 29.

Figura 27.Acoplamiento Simpson



Fuente: <http://www.scribd.com/doc/216465556/At-2-Textbook-spanish>

Figura 28.Acoplamiento Ravigneaux



Fuente: <http://www.scribd.com/doc/216465556/At-2-Textbook-spanish>

Figura 29. Acoplamiento Wilson



Fuente: <http://www.scribd.com/doc/216465556/At-2-Textbook-spanish>.

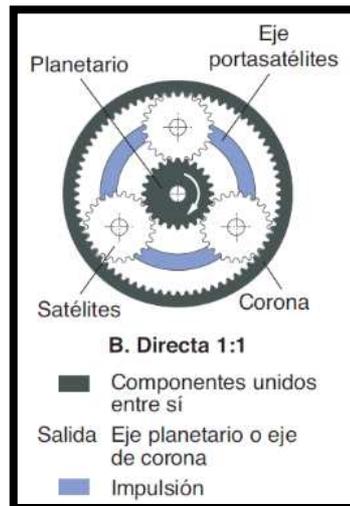
## 2.7 Relación de transmisión de un tren epicicloidal simple

**2.7.1 Punto muerto.** Si ningún elemento del tren epicicloidal se encuentra frenado, no se consigue ninguna relación de transmisión; es lo que se conoce como punto muerto. Si el giro se realiza a través del eje del planetario, no se frena ningún elemento, el eje portasatélites y la corona giran libremente.

**2.7.2 Relación 1:1.** La unión de dos componentes del tren consigue que el tren epicicloidal se bloquee y se comporte como una sola pieza, girando a la velocidad de entrada del conjunto. No se realiza multiplicación ni desmultiplicación, siendo la relación de transmisión 1:1.

Por ejemplo, planetario y corona dentada interior, si se unen entre sí, el giro entra por el eje portasatélites y la salida se realiza por el eje del planetario o el eje de la corona. Igual ocurriría si otra pareja de elementos se unieran entre sí, eje portasatélites y corona o eje portasatélites y planetario.

Figura 30. Tren con dos elementos unidos



Fuente:DOMÍNGUEZ, y otros. Sistemas de transmisión y frenado. p.123

Cálculo de las relaciones de transmisión de un tren epicicloidala para calcular las velocidades de salida y las relaciones de transmisión se deben tener en cuenta el número de dientes del piñón planetario y el número de dientes del dentado interior de la corona. Empleando la fórmula de Willys, se relacionan las velocidades y el número de dientes de los elementos con lo que resulta:

$$n_2 = \frac{1}{Z_3 + Z_1} \cdot (Z_3 \cdot n_3 + Z_1 \cdot n_1) \quad (9)$$

Donde:

$n_1$  =Número de rpm del planetario

$n_2$  =Número de rpm del portasatélites

$n_3$  =Número de rpm de la corona

$Z_1$  =Número de dientes del planetario

$Z_3$  =Número de dientes de la corona

- a) Relación de transmisión con el piñón planetario frenado e impulsado por la corona de dentado interior. Salida por el eje del portasatélites con desmultiplicación.

En esta situación, el piñón planetario está sin movimiento,  $n_1 = 0$  al estar frenado. El giro de la corona se transmite a los piñones satélites que giran rodando por el piñón

planetario y transmitiendo el giro al eje portasatélites que se desplazará en el mismo sentido que la corona. La relación de transmisión que se produce será:

$$Rt = \frac{n_3}{n_2} \quad (10)$$

Despejando la fórmula de Willys:

$$n_2 = \frac{1}{Z_3 + Z_1} \cdot (Z_3 \cdot n_3 + Z_1 \cdot n_1) \quad (11)$$

Como  $n_1 = 0$  al estar frenada,  $Z_1 \cdot n_1 = 0$ , de donde:

$$n_2 = \frac{1}{Z_3 + Z_1} \cdot (Z_3 \cdot n_3) = \frac{Z_3 \cdot n_3}{Z_3 + Z_1}$$

Como  $Rt = \frac{n_3}{n_2}$ , despejando la igualdad

$$n_2 \cdot (Z_3 + Z_1) = Z_3 \cdot n_3$$

$$\frac{Z_3 + Z_1}{Z_3} = \frac{n_3}{n_2}$$

$$Rt = \frac{n_3}{n_2}; Rt = \frac{Z_3 + Z_1}{Z_3}; Rt = 1 + \frac{Z_1}{Z_3} \quad (12)$$

Si conocemos el número de dientes del piñón planetario  $Z_1$  y el número de dientes del dentado interior de la corona  $Z_3$  y las rpm de entrada en la corona  $n_3$ , se puede calcular la relación de transmisión.

- b) Relación de transmisión con el planetario frenado e impulsado por el eje portasatélites. La salida de fuerza se realiza por el eje de la corona con multiplicación.

Despejando de la fórmula de Willys, igual que en el caso anterior, obtenemos la siguiente relación de transmisión:

$$Rt_1 = \frac{n_2}{n_3} = \frac{Z_3}{Z_3 + Z_1} \quad (13)$$

Para calcular  $n_3$ , despejamos de la fórmula (11):

$$n_3 = \frac{n_2}{Rt_1}$$

- c) Marcha atrás, el eje portasatélites bloqueado e impulsando por el piñón planetario  $n_1$ . La salida se obtiene por la corona de dentado interior  $n_3$ , en sentido contrario al de entrada. La relación de transmisión es la resultante de dividir las revoluciones de entrada en el planetario entre las revoluciones de salida en la corona (DOMÍNGUEZ, y otros, 2012 págs. 123-128).

$$Rt_2 = -\frac{n_1}{n_3} \quad (14)$$

Despejando de la fórmula de Willis y conociendo que el eje portasatélites está frenado,  $n_2 = 0$ , obtenemos:

$$n_2 = \frac{1}{Z_3 + Z_1} \cdot (Z_3 \cdot n_3 + Z_1 \cdot n_1)$$

$$0 = \frac{1}{Z_3 + Z_1} \cdot (Z_3 \cdot n_3 + Z_1 \cdot n_1)$$

$$(Z_3 \cdot n_3 + Z_1 \cdot n_1) = 0$$

$$(Z_3 \cdot n_3) = (Z_1 \cdot n_1); \frac{Z_3}{Z_1} = -\frac{n_1}{n_3}$$

$$Rt_2 = -\frac{n_1}{n_3}, y, n_3 = -\frac{n_1}{Rt_2}$$

$$Rt_2 = -\frac{Z_3}{Z_1} \quad (15)$$

## 2.8 Elementos mecánicos de mando

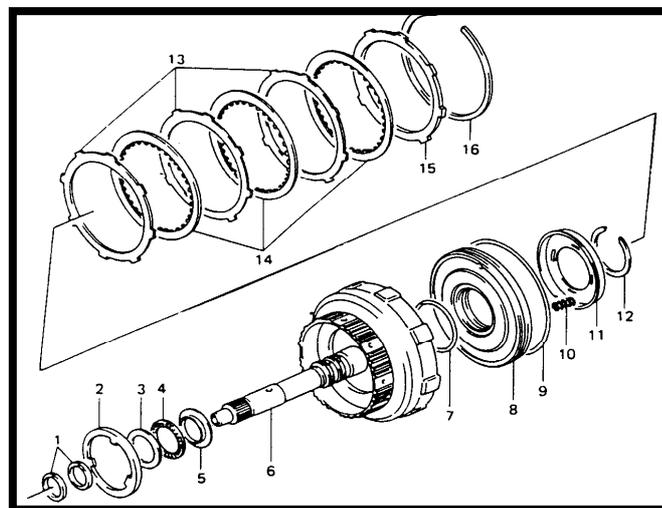
Los elementos mecánicos son indispensables en una transmisión automática, como los sistemas de embrague y frenado, rueda libre y rueda de aparcamiento como los más

indispensables para la conexión de las posibles relaciones de velocidades que ofrece el mecanismo de una caja automática, sin embargo, no son los únicos elementos mecánicos de mando.

**2.8.1 Embragues.** Los embragues son los encargados de conectar el movimiento del motor a los trenes epicicloidales de la caja.

El embrague dispone de dos tipos de discos como pueden verse en la Figura 31 los guarnecidos (14), unidos al elemento que recibe el giro desde la turbina del convertidor de par, y los de acero (13), solidarios al elemento a arrastrar. Cuando se requiere embragar ambos elementos, el circuito hidráulico proporciona la presión necesaria para desplazar el pistón (8) y con ello oprimir las parejas de discos hasta que por rozamiento los guarnecidos arrastren a los de acero sin deslizamiento relativo. Cuando no actúa la presión, un muelle antagonista retira el pistón y elimina el empuje de éste el número de frenos y embragues depende de las relaciones de transmisión que tenga la caja.

Figura 31. Embrague de marcha adelante



Fuente: GENERAL MOTORS. MX1 - OVERHAUL & DIAGNOSIS. p. 74

**2.8.2 Frenos.** La única diferencia entre frenos y embragues es que unos de los discos no giran con el eje de entrada a la caja, sino que están fijados a la carcasa. Por lo demás la tecnología y el concepto de funcionamiento son los mismos. También pueden encontrarse frenos que emplean para detener el elemento giratorio la fricción de una cinta que lo rodea. (BEREZIARTUA, y otros, 2010)

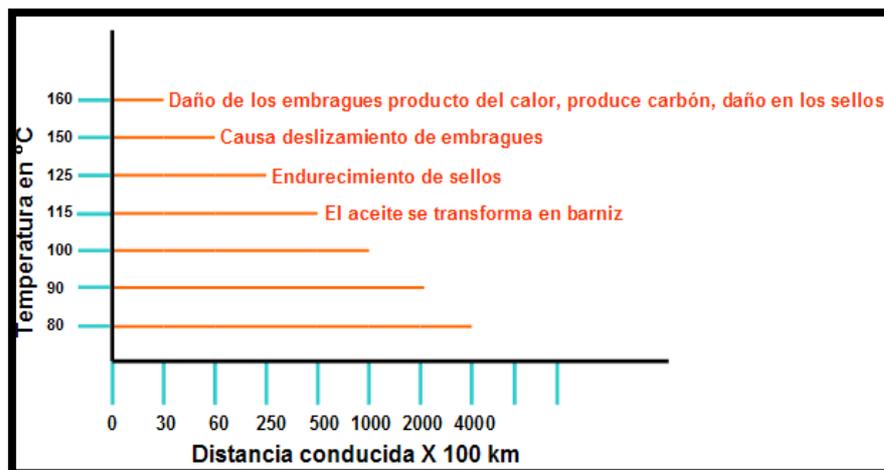
## 2.9 Fluido de la transmisión automática ATF

Los fluidos para transmisión automática son lubricantes muy sofisticados ya que requieren de un excelente equilibrio entre los aceites base y aditivos para cubrir los severos requisitos de operación de las modernas transmisiones automáticas.

En los mecanismos podemos mencionar las siguientes:

- Actuar como fluido hidráulico
- Lubricar todos los componentes mecánicos en movimiento tales como engranes, bujes, etc.
- Impartir características de fricción especiales para regular eficazmente el funcionamiento de los diferentes componentes del sistema.
- Ayudar en el enfriamiento de la transmisión disipando gran cantidad de calor de las zonas de mayor temperatura y carga.
- Ser compatible y proteger los materiales no metálicos.
- Operar eficientemente en un amplio rango de temperaturas (-40°C a 200°C).
- Excelente resistencia a la oxidación para evitar su degradación.
- Evitar la formación de espuma para que no exista compresibilidad del fluido y pérdida de potencia.
- Brindar protección anti desgaste y no ser corrosivo a ninguno de los elementos de la transmisión (VILLALOBOS, 2012).

Figura 32. Relación entre la temperatura y el envejecimiento del fluido ATF



Fuente: <http://www.slideshare.net/victorhruizortiz/transmision-automtica-1>

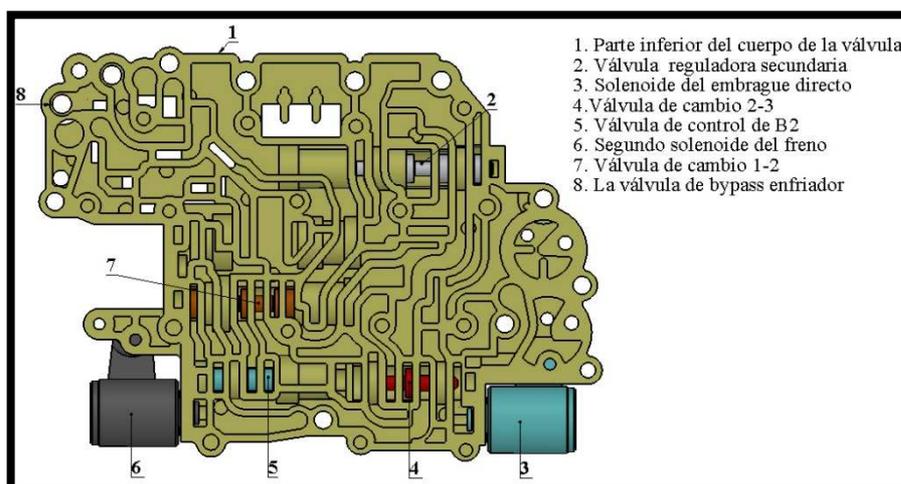
## CAPÍTULO III

### 3. ESTUDIO DEL CUERPO DE VÁLVULAS Y CIRCUITO DEL FLUIDO

#### 3.1 Cuerpo de válvulas

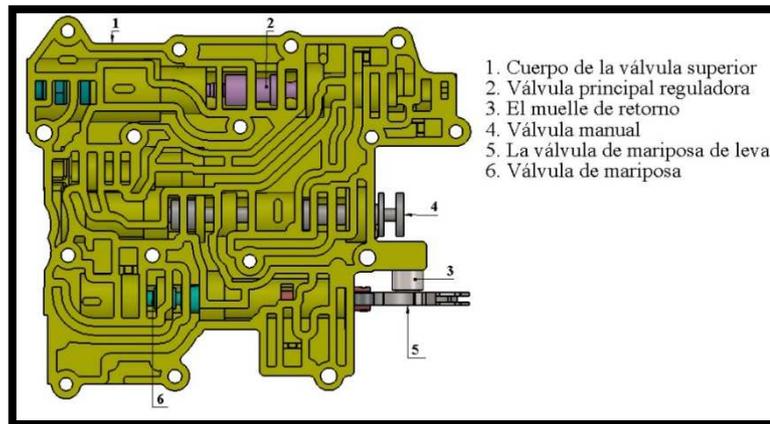
El cuerpo de válvulas está instalado en el cárter de aceite y tiene válvulas de control de presión. En los conductos de aceite de éste cuerpo están ubicadas las electroválvulas, muelles, entre otros elementos de control.

Figura 33. Parte inferior del cuerpo de válvula



Fuente: Autores

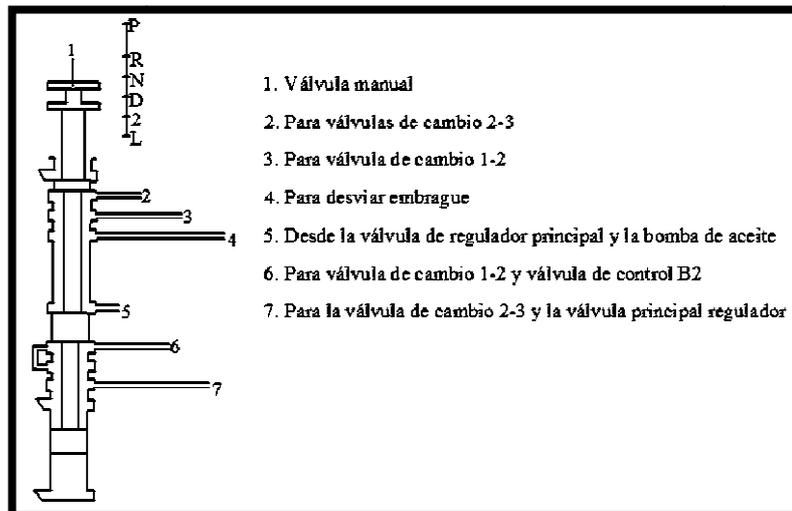
Figura 34. Parte superior del cuerpo de válvula



Fuente: Autores

**3.1.1 Válvula manual.** La válvula manual está conectada directamente con la palanca de cambios. Abre y cierra el paso de aceite mecánicamente para formar los respectivos circuitos de presión de aceite de "L", "2", "D", "N", "R", "P", según el movimiento de la palanca selectora.

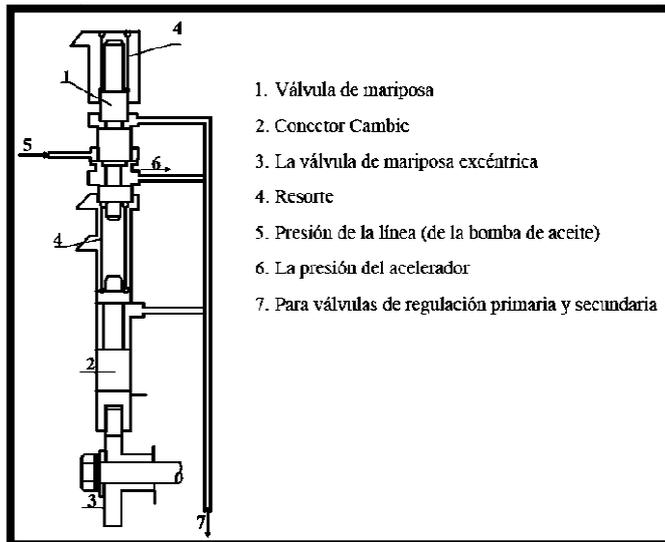
Figura 35. Válvula manual



Fuente: Autores

**3.1.2 Válvula de mariposa.** Esta válvula está conectada directamente al pedal del acelerador, la función de ésta es liberar presión en el sistema a medida en que se pisa el pedal del acelerador.

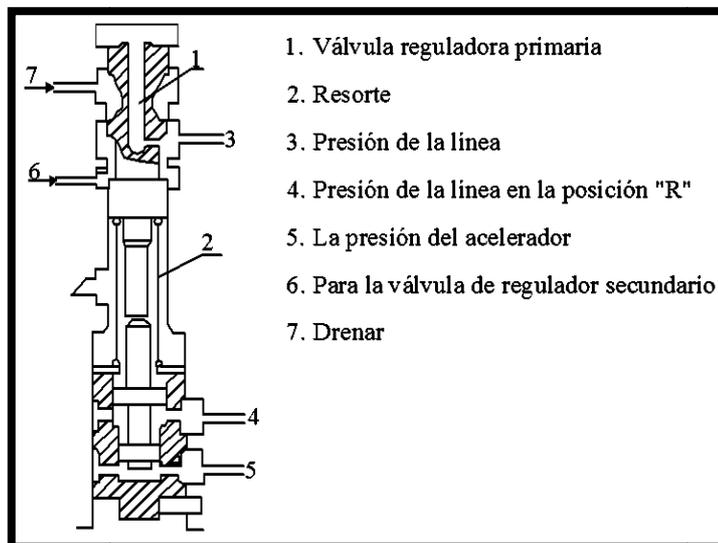
Figura 36. Válvula de mariposa



Fuente: Autores

**3.1.3** *Válvula principal regulador.* Esta válvula regula la presión de aceite producida por la bomba para que no haya una sobre presión. Es activada por la presión de línea del acelerador, cuando se activa la marcha inversa y los muelles correspondientes, para brindar una presión de trabajo.

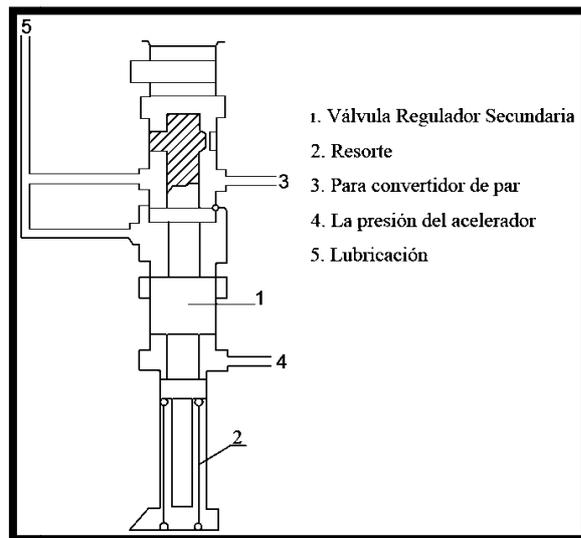
Figura 37. Válvula principal reguladora



Fuente: Autores

**3.1.4** *Válvula regulador secundaria.* Esta válvula regula la presión del aceite al convertidor de par y lubricar cada parte de la transmisión por medio de la presión del acelerador y el resorte.

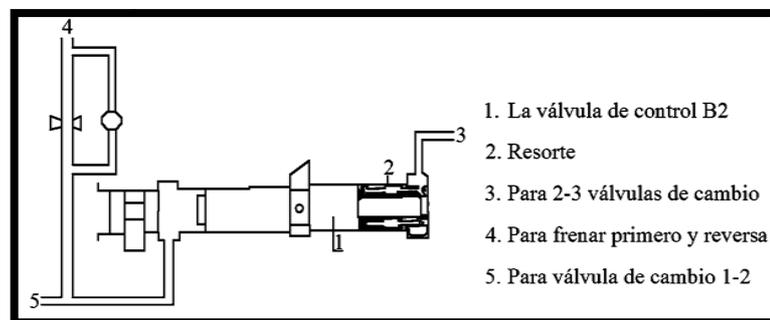
Figura 38. Válvula regulador secundaria



Fuente: Autores

**3.1.5** *La válvula de control B2.* Cuando se encuentra en la posición "L", la válvula controla la presión de línea que actúa sobre el freno de primera y retro para reducir los golpes.

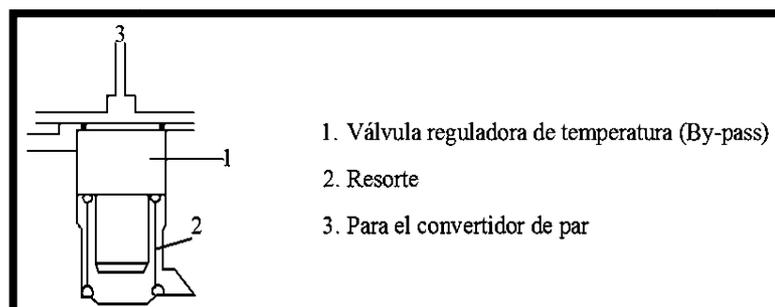
Figura 39. La válvula de control B2



Fuente: Autores

**3.1.6** *Válvula reguladora de temperatura (By-pass).* La función de esta válvula es proporcionar aceite, en forma constante al convertidor de par.

Figura 40. Válvula reguladora de temperatura

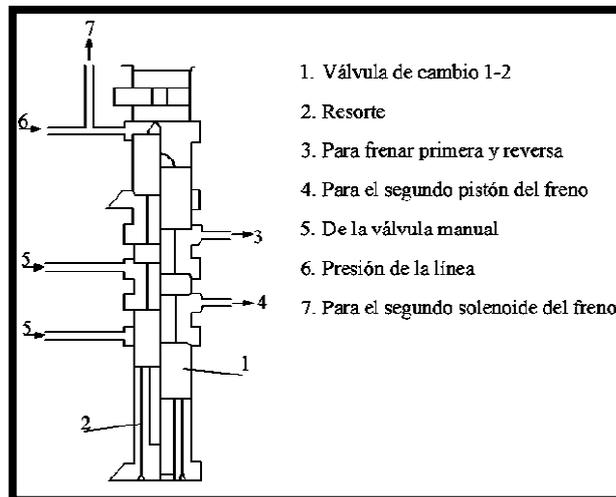


Fuente: Autores

**3.1.7** *Válvula de cambio 1-2.* Esta válvula realiza el cambio de marcha entre primera y segunda. Cuando se opera el segundo solenoide del freno, la presión de línea se aplica a la válvula de cambio y la válvula se mueve para permitir que la presión necesaria pase segunda de freno y por lo tanto la transmisión cambia a 2ª velocidad.

Cuando se alivia la presión de aceite para el segundo solenoide del freno, la válvula de cambio vuelve por medio de la fuerza del resorte y la caja de cambios en la 1ª velocidad. En "L" o "R", la presión de aceite se aplica al freno de primera y retro cuando opera el segundo solenoide del freno.

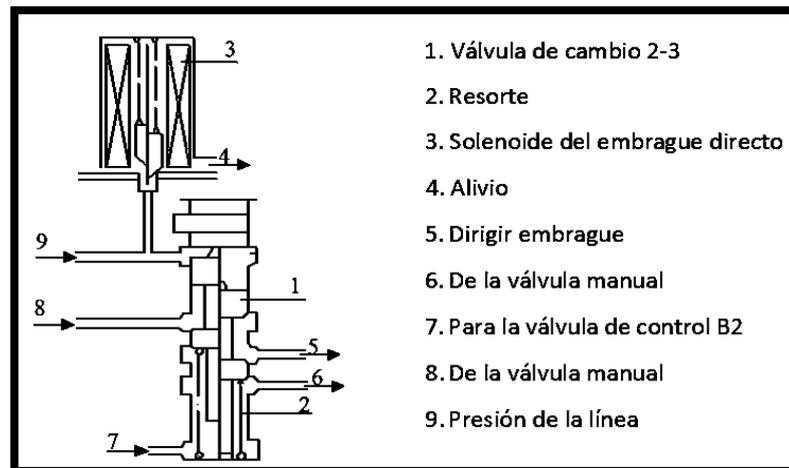
Figura 41. Válvula de cambio 1-2



Fuente: Autores

**3.1.8** *Válvulas de cambio 2-3.* Esta válvula realiza el cambio de entre el 2ª y 3ª velocidad. Cuando opera el solenoide del embrague directo, la presión de línea se aplica a la válvula de cambio y la misma se mueve para permitir que esta presión de se aplique al embrague directo y por lo tanto la transmisión se desplace desde el segundo engranaje a la tercera. Cuando se alivia la presión de aceite al solenoide la válvula de cambio vuelve por medio de la fuerza del resorte y la caja de cambios en la 2ª velocidad.

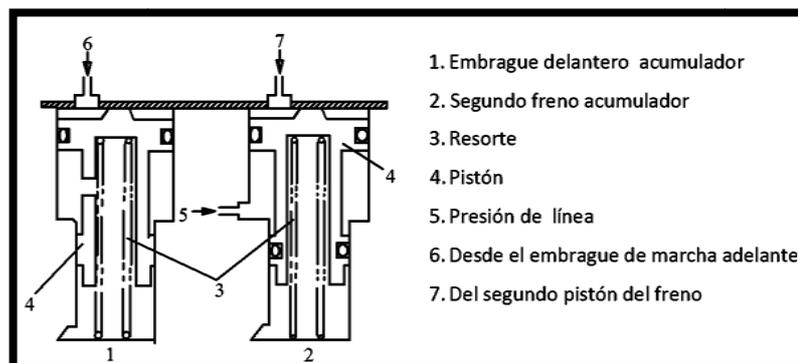
Figura 42. Válvula de cambio 2-3



Fuente: Autores

**3.1.9 Acumulador.** Este elemento sirve para reducir un choque en cada cambio de marcha. Hay dos acumuladores, uno para el embrague de marcha adelante y el otro para el segundo freno.

Figura 43. Acumulador

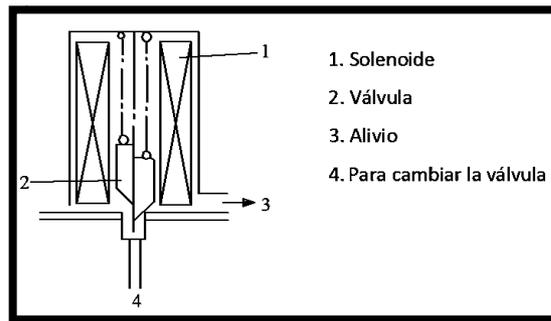


Fuente: Autores

**3.1.10 Embrague directo y segundo solenoide de freno.** Estos solenoides se activan y desactivan de acuerdo a las señales eléctricas emitidas desde el módulo de control. Sirven para controlar el cambio de marcha accionando las electroválvulas 1-2 y 2-3.

Cuando la electroválvula está activada, la válvula se mueve hacia arriba para aliviar la presión de línea y cuando está en OFF, la válvula se mueve hacia abajo y por lo tanto se aplica la presión de línea a la válvula de cambio.

Figura 44. Embrague directo y segundo solenoide de freno



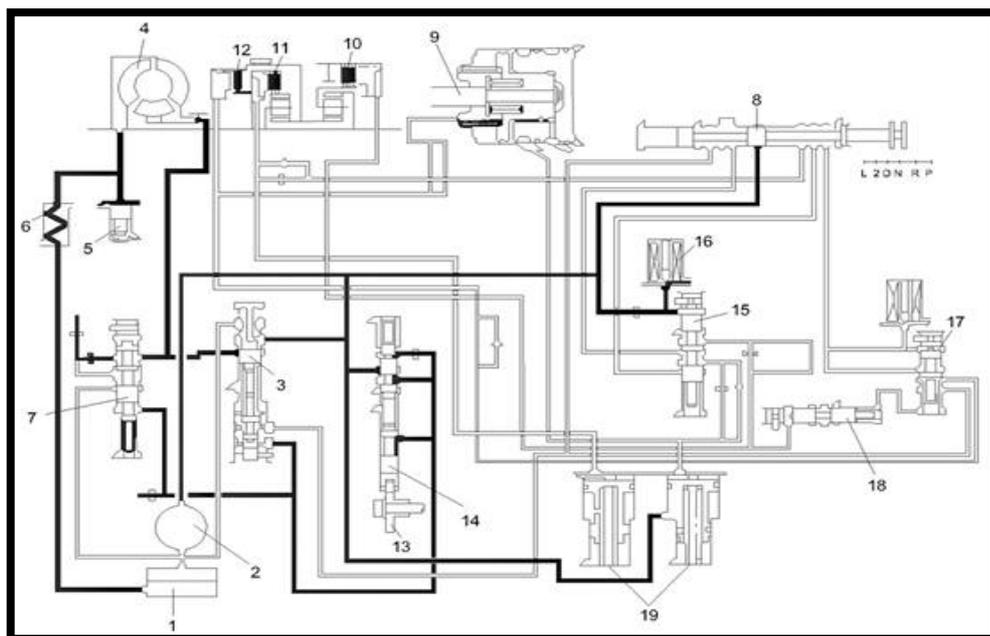
Fuente: Autores

### 3.2 Circuito de aceite de la transmisión automática

**3.2.1 Circuito de aceite rango "N".** Cuando se arranca el motor y la bomba de aceite empieza a funcionar, el aceite en el cárter pasa a través de la bomba de aceite, está regulada por la válvula de regulador primario y se envía al convertidor de par. Además, el aceite que está regulado adicionalmente por la válvula de regulador secundario lubrica cada parte de la transmisión.

En este intervalo, la presión del aceite no se aplica a cualquier embrague o freno como la presión de la línea de la válvula del regulador se detiene por medio de la válvula manual

Figura 45. Circuito de aceite rango "N"



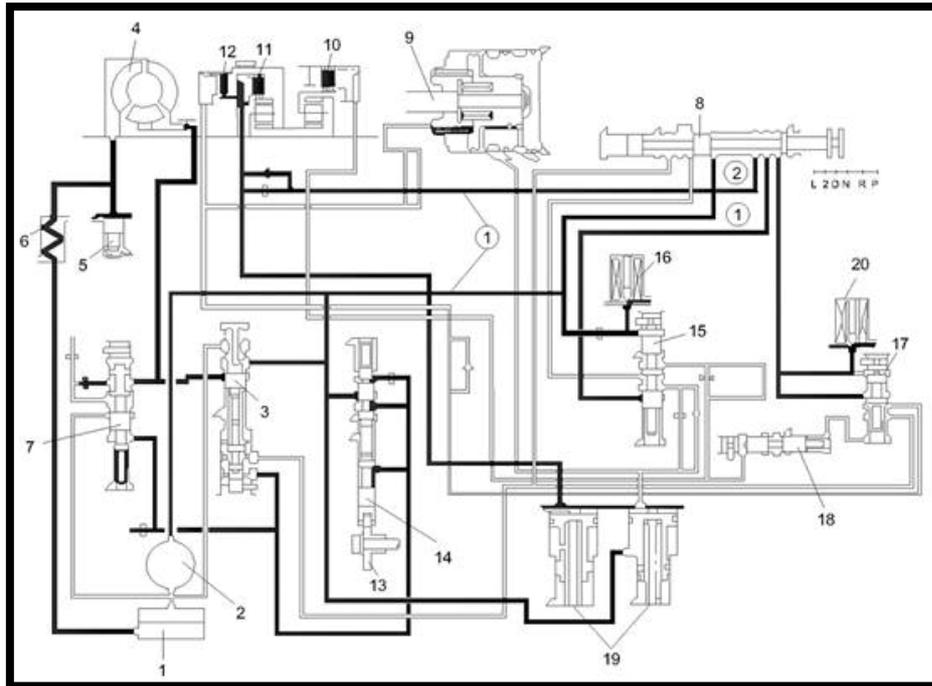
Fuente: Autores

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| 1. Cárter de aceite                    | 11. Embrague delantero             |
| 2. Bomba de aceite                     | 12. Embrague directo               |
| 3. Válvula reguladora primaria         | 13. Válvula de mariposa excéntrica |
| 4. Convertidor de par                  | 14. Válvula de mariposa            |
| 5. Válvula de by-pass del refrigerador | 15. Válvula de cambio 1-2          |
| 6. Enfriador de aceite                 | 16. Segundo solenoide del freno    |
| 7. Válvula de regulador de secundaria  | 17. Válvulas de cambio 2-3         |
| 8. Válvula manual                      | 18. Válvula de control de B2       |
| 9. Segundo pistón del freno            | 19. Acumulador                     |
| 10. Freno de primera y retro           |                                    |

**3.2.2** *Circuito de aceite en rango "D" o "2" (1ª velocidad).* La presión de la línea que ha pasado a través de la válvula manual se aplica directamente sobre el embrague de marcha adelante. Como esto hace que el embrague se acople, la 1ª velocidad se desplaza. La presión de la línea también se aplica al acumulador para reducir los choques en el momento de la conexión del embrague.

Como el embrague directo y los solenoides de segundo freno reciben la señal eléctrica desde el controlador, es decir, que se encienden, alivian la presión de la línea. Por lo tanto, ni la válvula de cambio 1-2, 2-3 no opera debido a la presión de aceite.

Figura 46. Circuito de aceite en rango "D" o "2" (1ª velocidad)



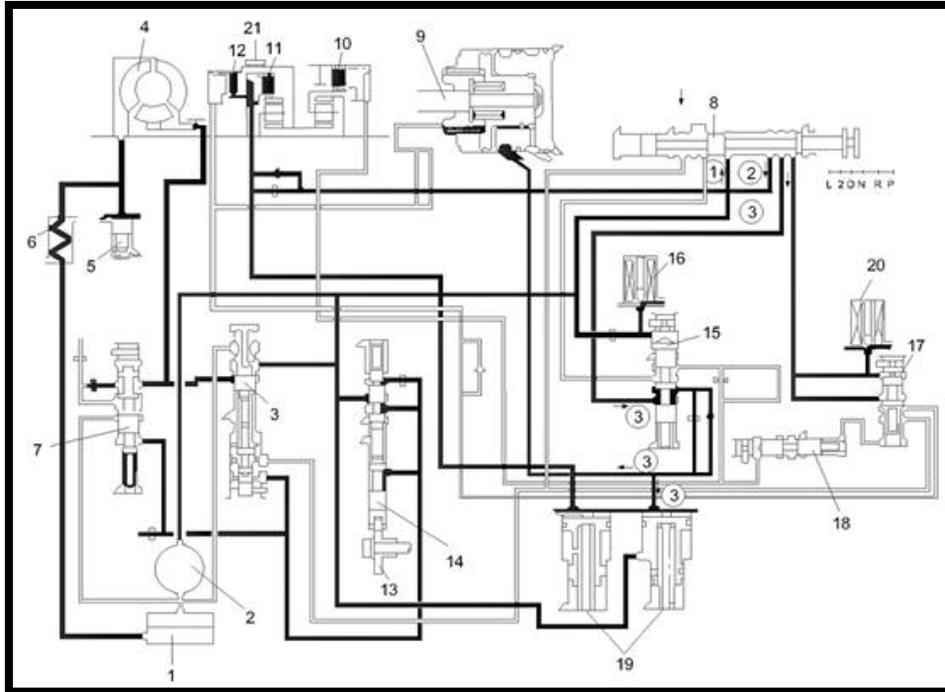
Fuente. Autores

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1. Cárter de aceite                    | 12. Embrague directo                  |
| 2. Bomba de aceite                     | 13. La válvula de mariposa excéntrica |
| 3. Válvula reguladora primaria         | 14. Válvula de mariposa               |
| 4. Convertidor de par                  | 15. Válvula de cambio 1-2             |
| 5. Válvula de by-pass del refrigerador | 16. Segundo solenoide del freno       |
| 6. Enfriador de aceite                 | 17. Válvulas de cambio 2-3            |
| 7. Válvula de regulador de secundaria  | 18. Válvula de control de B2          |
| 8. Válvula manual                      | 19. Acumulador                        |
| 9. Segundo pistón del freno            | 20. Solenoide del embrague directo    |
| 10. Freno de primera y retro           |                                       |
| 11. Embrague delantero                 | 1 - 2 Línea de presión                |

**3.2.3** *Circuito de aceite en "D" o rango "2" (2ª velocidad).* A medida que la velocidad del coche se acelera en la 1ª velocidad y llega al segundo punto de cambio de marcha, el segundo solenoide del freno se apaga y se cierra el circuito de alivio. Esto hace que la presión de la línea 1 actúe sobre la válvula de cambio 1-2. A continuación, la válvula se mueve para permitir que se alcance la presión de la línea 3 para ser aplicada a la segunda de freno y el segundo engranaje; en este momento, la presión de la

línea 3 también se aplica al acumulador para reducir los choques que se produce cuando funciona el segundo freno.

Figura 47. Circuito de aceite en "D" (2ª velocidad)



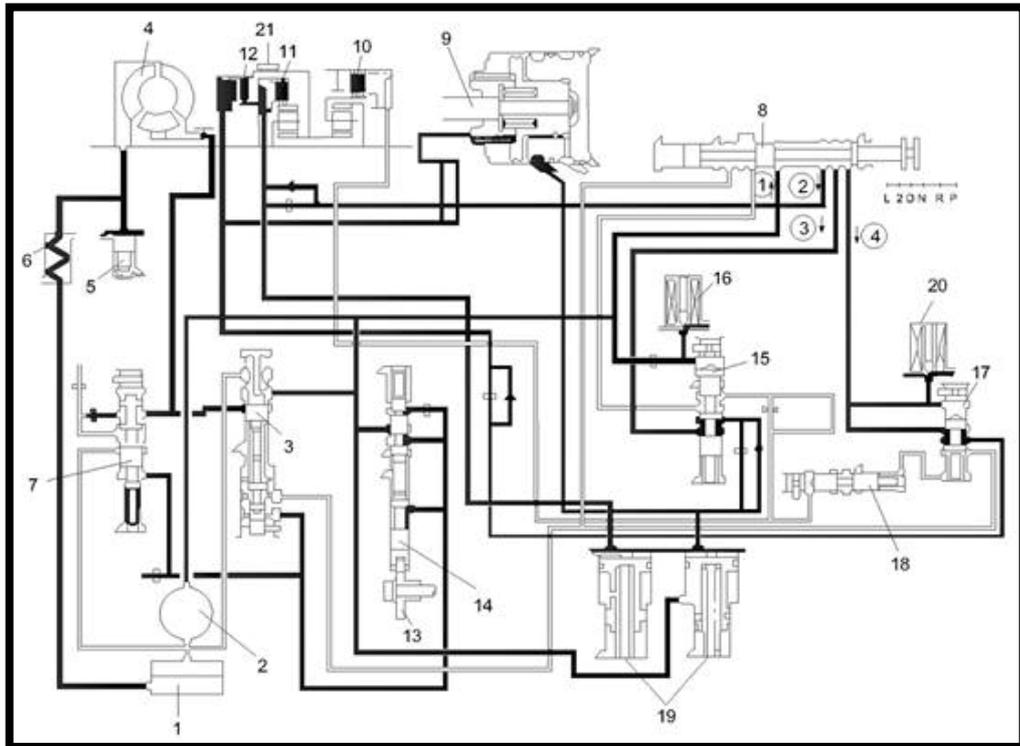
Fuente: Autores

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1. Cárter de aceite                       | 12. Embrague directo               |
| 2. Bomba de aceite                        | 13. Válvula de mariposa excéntrica |
| 3. Válvula reguladora primaria            | 14. Válvula de mariposa            |
| 4. Convertidor de par                     | 15. Válvula de cambio 1-2          |
| 5. Válvula de derivación del refrigerador | 16. Segundo solenoide del freno    |
| 6. Enfriador de aceite                    | 17. Válvulas de cambio 2-3         |
| 7. Válvula de regulador de secundaria     | 18. Válvula de control de B2       |
| 8. Válvula manual                         | 19. Acumulador                     |
| 9. Segundo pistón del freno               | 20. Solenoide del embrague directo |
| 10. Freno de primera y retro              | 21. Segundo freno                  |
| 11. Embrague delantero                    | 1 - 2 - 3: Línea de presión        |

**3.2.4** *Circuito de aceite en la posición "D" (3ª velocidad).* A medida que la velocidad del coche se incrementa en la segunda marcha y llega al tercer punto de cambio de

marcha, el solenoide del embrague directo se apaga y se cierra el circuito de alivio, esto hace que varíe la presión de la línea 4 que se aplica a la válvula de cambio 2-3 y a continuación la presión de aceite se aplica al embrague directo para que sea activado.

Figura 48. Circuito de aceite en la posición "D" (3ª velocidad)



Fuente: Autores

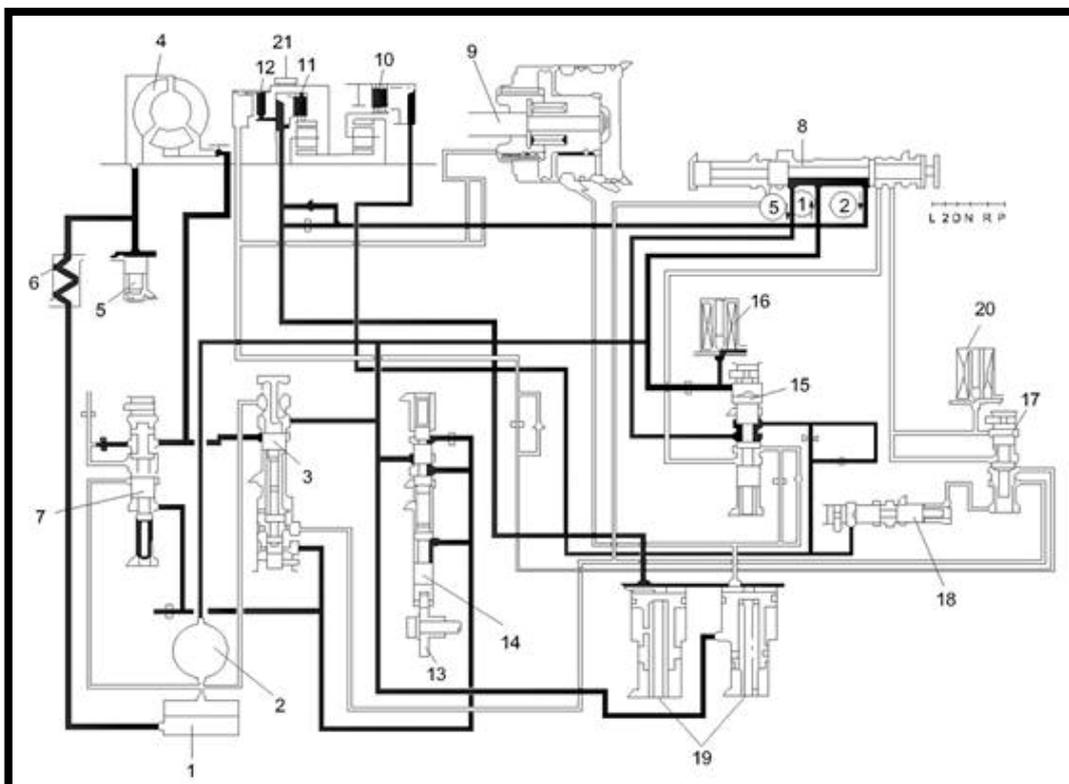
- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| 1. Cárter de aceite                    | 12. Embrague directo               |
| 2. Bomba de aceite                     | 13. Válvula de mariposa excéntrica |
| 3. Regulador de primaria               | 14. Válvula de mariposa            |
| 4. Convertidor de par                  | 15. Válvula de cambio 1-2          |
| 5. Válvula de by-pass del refrigerador | 16. Segundo solenoide del freno    |
| 6. Enfriador de aceite                 | 17. Válvula de cambio 2-3          |
| 7. Válvula de regulador de secundaria  | 18. Válvula de control de B2       |
| 8. Válvula manual                      | 19. Acumulador                     |
| 9. Segundo pistón del freno            | 20. Solenoide del embrague directo |
| 10. Freno de primera y retro           | 21. Segundo freno                  |
| 11. Embrague delantero                 |                                    |
- 1 – 2 – 3 – 4: Línea de presión

Al mismo tiempo, actúa la presión de aceite, como una presión hacia atrás, en el segundo pistón de freno. El pistón de este freno es empujado hacia atrás, el segundo

freno se libera y se logra la 3ª velocidad. En esta posición, el segundo solenoide del freno está apagado, y la válvula de cambio 1-3 está trabajando, y abre el paso de aceite al segundo freno, pero éste no está funcionando. Debido a que, la presión de aceite al segundo freno se equilibra con la anterior contrapresión mencionada, la fuerza del resorte de retorno empuja el pistón, para evitar que el segundo freno entre en funcionamiento.

**3.2.5 Circuito de aceite en el rango "L".** La presión de la línea 1, después de pasar a través de la válvula manual, sale como las presiones de línea 2 y 5.

Figura 49. Circuito de aceite en el rango "L"



Fuente: Autores

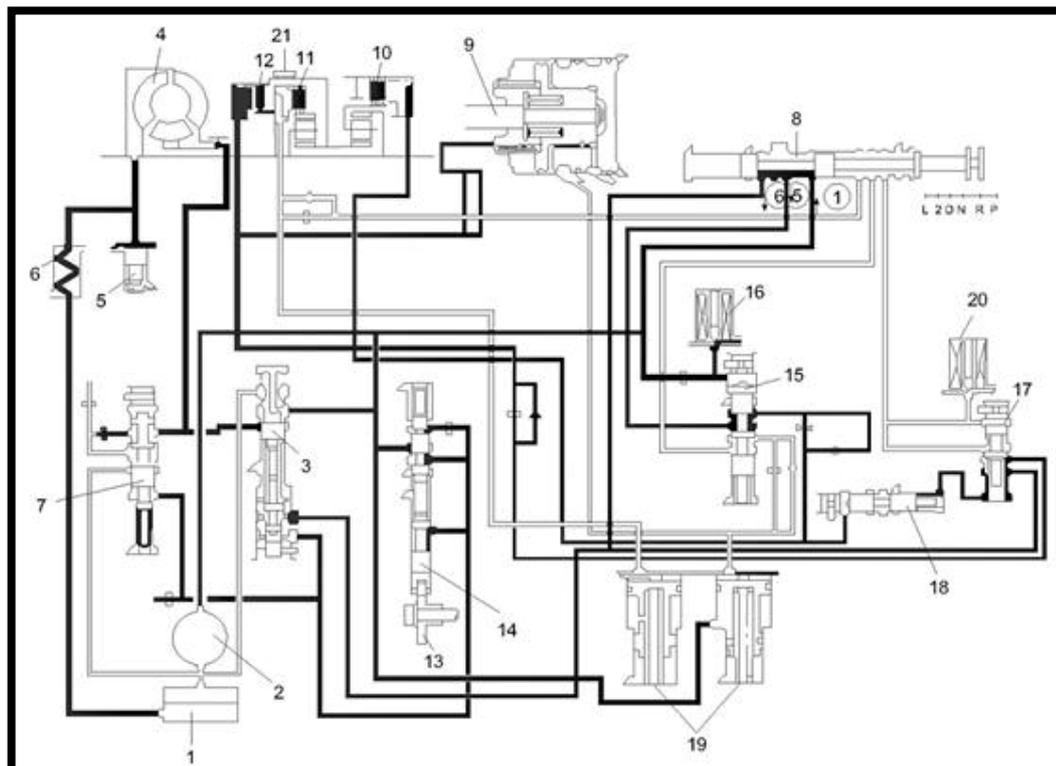
- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1. Cárter de aceite                    | 7. Válvula de regulador de secundaria |
| 2. Bomba de aceite                     | 8. Válvula manual                     |
| 3. Válvula reguladora primaria         | 9. Segundo pistón del freno           |
| 4. Convertidor de par                  | 10. Freno de primera y retro          |
| 5. Válvula de by-pass del refrigerador | 11. Embrague delantero                |
| 6. Enfriador de aceite                 | 12. Embrague directo                  |

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 13. Válvula de mariposa excéntrica | 18. Válvula de control de B2       |
| 14. Válvula de mariposa            | 19. Acumulador                     |
| 15. Válvula de cambio 1-2          | 20. Solenoide del embrague directo |
| 16. Segundo solenoide del freno    | 21. Segundo freno                  |
| 17. Válvulas de cambio 2-3         | 1 – 2 – 5 Presión de línea         |

La presión línea 2 se aplica al embrague de marcha adelante. En este estado, como el segundo solenoide de freno está apagado, ya que no está cargada eléctricamente desde el controlador, la presión de la línea 1 se aplica a la válvula de cambio 1-2. La presión de línea se aplica a la línea 1 de freno de primera y retro. Por lo tanto se obtiene la 1ª velocidad.

**3.2.6** *Circuito de aceite en el rango "R".* La presión de la línea 1, después de pasar por la válvula manual sale como las presiones de línea 5 y 6.

Figura 50. Circuito de aceite en el rango "R"



Fuente: Autores

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| 1. Cárter de aceite | 2. Bomba de aceite |
|---------------------|--------------------|

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| 3. Válvula reguladora primaria         | 13. Válvula de mariposa excéntrica |
| 4. Convertidor de par                  | 14. Válvula de mariposa            |
| 5. Válvula de by-pass del refrigerador | 15. Válvula de cambio 1-2          |
| 6. Enfriador de aceite                 | 16. Segundo solenoide del freno    |
| 7. Válvula de regulador de secundaria  | 17. Válvulas de cambio 2-3         |
| 8. Válvula manual                      | 18. Válvula de control de B2       |
| 9. Segundo pistón del freno            | 19. Acumulador                     |
| 10. Freno de primera y retro           | 20. Solenoide del embrague directo |
| 11. Embrague delantero                 | 21. Segundo freno                  |
| 12. Embrague directo                   | 1 – 5 – 6 Presión de la línea      |

En este estado, como el segundo solenoide del freno está en OFF, la presión de la línea 1 se aplica a la válvula de cambio 1-2, y la presión de la línea 5 se aplica al freno de primera y retro, después de pasar a través de la válvula de control de B2. Por otro lado, la presión de la línea 6 se aplica al embrague directo a través de la válvula de cambio 2-3, lo que resulta en la marcha atrás. También una parte de la presión en la línea 6 actúa sobre la válvula principal regulador para regular la presión de la línea 1.

## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO

#### 4.1 Diseño del acople caja y motor

La transmisión automática al no ser la original de este motor, los pernos de unión no coincidieron, por esta razón se diseñó una plancha para ensamblar la caja de cambios y el motor, para esto se utilizó una plancha de 6 mm de espesor.

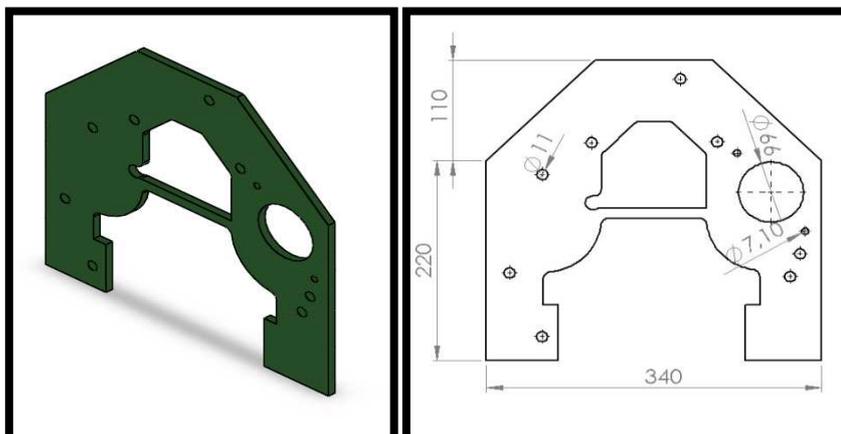


Figura 51. Acople de la caja al motor

Fuente: Autores

Los parámetros a tomar en cuenta para nuestro diseño serán, el factor de seguridad del perno y la fuerza en las reacciones en cada uno, para las fuerzas de reacción se analizó en los pernos de la caja.

**4.1.1** *La carga resultante en los pernos de la caja.* Se encontró el centro de gravedad, para esto se utilizó la Figura 52 donde se muestra los centros de gravedad de las distintas figuras geométricas regulares para facilitar el cálculo.

En la Tabla 1 se encuentra detallado los centros de gravedad de cada figura geométrica con sus respectivos valores, tanto en X como en Y.

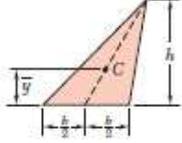
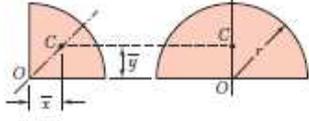
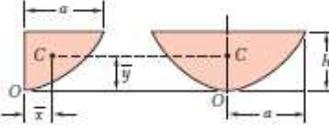
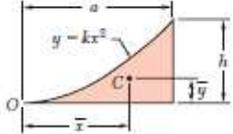
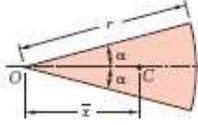
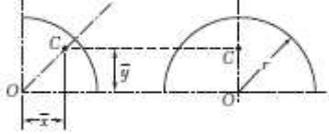
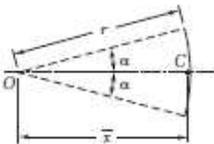
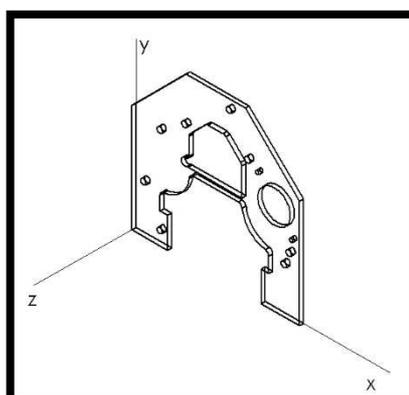
Shape		$\bar{x}$	$\bar{y}$	Area
Triangular area			$\frac{h}{3}$	$\frac{bh}{2}$
Quarter-circular area		$\frac{4r}{3\pi}$	$\frac{4r}{3\pi}$	$\frac{\pi r^2}{4}$
Semicircular area		0	$\frac{4r}{3\pi}$	$\frac{\pi r^2}{2}$
Semiparabolic area		$\frac{3a}{8}$	$\frac{3h}{5}$	$\frac{2ah}{3}$
Parabolic area		0	$\frac{3h}{5}$	$\frac{4ah}{3}$
Parabolic spandrel		$\frac{3a}{4}$	$\frac{3h}{10}$	$\frac{ah}{3}$
Circular sector		$\frac{2r \sin \alpha}{3\alpha}$	0	$\alpha r^2$
Quarter-circular arc		$\frac{2r}{\pi}$	$\frac{2r}{\pi}$	$\frac{\pi r}{2}$
Semicircular arc		0	$\frac{2r}{\pi}$	$\pi r$
Arc of circle		$\frac{r \sin \alpha}{\alpha}$	0	$2\alpha r$

Figura 52. Coordenadas del centroide

Fuente: BEER F, y otros. VECTOR MECHANICS FOR ENGINEERS. p. 1328

Figura. 53. Cálculos del centro de gravedad



Fuente: Autores

Tabla 1. Cálculo del centro de gravedad de la plancha

Segmentos	$\bar{X}1 \text{ mm}$	$V1 \text{ mm}^3$	$\bar{X}1 * V1 \text{ (mm)}^4$	$\bar{Y}1 \text{ mm}$	$\bar{Y}1 * V1 \text{ (mm)}^4$
P1	170	673200,00	114444000,00	165	111078000,00
P2	167,55	-70110,00	-11746930,50	30,75	-2155882,50
P3	167,55	-125400,00	-21010770,00	109	-13668600,00
P4	82,666	16504,07	1364325,45	131,38	2168304,72
P5	253,47	15176,54	3846797,59	132,41	2009525,66
P6	170	-60705,00	-10319850,00	215	-13051575,00
P7	129,52	4402,97	570272,67	249,73	1099553,70
P8	210,48	4402,97	926737,13	249,73	1099553,70
P9	107,75	-1060,29	-114246,25	173,5	-183960,32
P10	288,75	-20527,17	-5927220,34	185,33	-3804300,42
P11	36,67	-36300,00	-1331121,00	293,33	-10647879,00
P12	303,33	-36300,00	-11010879,00	293,33	-10647879,00
P13	56,55	-570,20	-32244,75	26,5	-15110,27
P14	23,55	-570,20	-13428,19	96,5	-55024,20
P15	56,75	-570,20	-32358,79	204,5	-116605,70
P16	106,75	-570,20	-60868,74	239,5	-136562,66
P17	196,75	-570,20	-112186,65	309,5	-176476,59
P18	234,25	-570,20	-133569,12	240,5	-137132,86
P19	318,25	-570,20	-181465,83	117,5	-66998,38
P20	308,25	-570,20	-175763,84	92,5	-52743,41
P21	323,25	-237,55	-76788,04	142,5	-33850,88
P22	254,25	-237,55	-60397,09	228,17	-54201,78
		<b>358247,40</b>	<b>58812044,72</b>	<b>3926,16</b>	<b>62450154,81</b>

Fuente: Autores

$$\begin{aligned}
 \sum V1 &= 358247,40 & \bar{X} &= \mathbf{164,17 \text{ mm}} \\
 \sum \bar{X}1 * V1 &= 58812044,72 & \bar{Y}1 &= \frac{\sum \bar{Y}1 * V1}{\sum V1} = \frac{62450154,81}{358247,40} \quad (17) \\
 \sum \bar{Y}1 * V1 &= 62450154,81 & \bar{Y}1 &= \mathbf{174,32 \text{ mm}} \\
 \bar{X} &= \frac{\sum \bar{X}1 * V1}{\sum V1} = \frac{58812044,72}{358247,40} \quad (16)
 \end{aligned}$$

Cálculo de las reacciones en los puntos de apoyo de la caja y el motor en la plancha, para encontrar se tomó en cuenta el peso de la caja  $P_1 = 444,82 \text{ N}$  más el peso de la plancha  $P_2 = 62,27 \text{ N}$ .

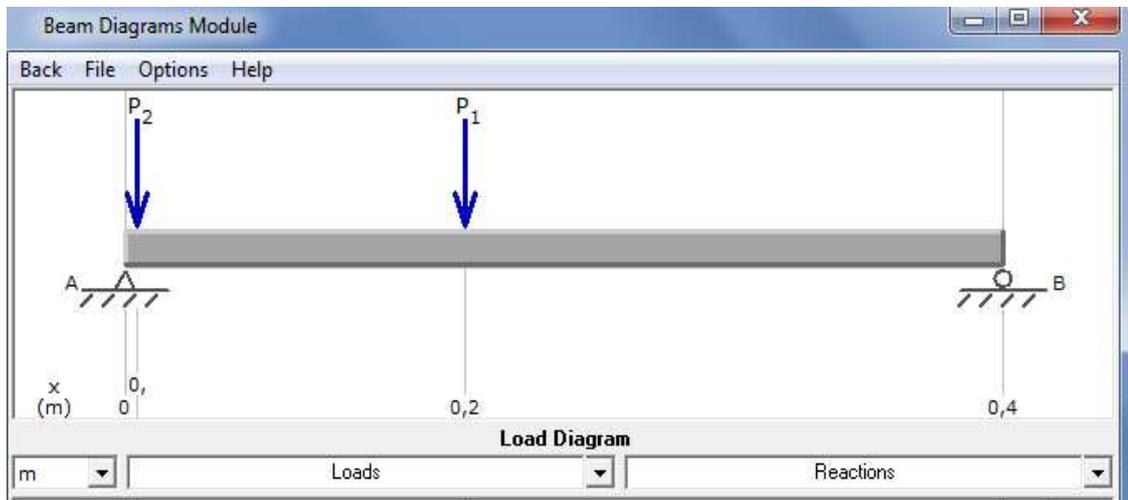


Figura 54. Reacciones en los puntos de apoyo de la caja

Fuente: Autores

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} - P_1 - P_2 = 0 \quad (18)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$0,44 \text{ m} * R_{By} - 0,17 \text{ m} * 444,82 \text{ N} - 0,006 * 62,27 \text{ N} = 0 \quad (19)$$

$$R_{By} = 172,71 \text{ N}$$

El valor de la ecuación (19) lo reemplazamos en la (18):

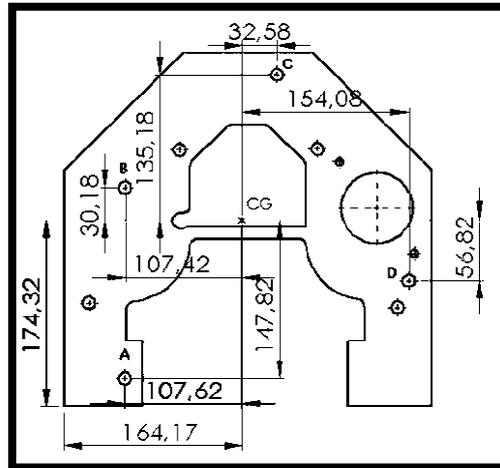
$$R_{Ay} = 334,38 \text{ N}$$

Según el análisis del banco la reacción cortante se da en el punto A por esta razón:

$$R_{Ay} = V = 334,38 \text{ N} \quad (20)$$

Calculamos el radio desde el centro de gravedad hasta el centro de los agujeros A, B, C y D de los pernos.

Figura 55. Distancias al centro de gravedad



Fuente: Autores

---



---



---



---

La carga cortante primaria por perno corresponde a:

—

Esfuerzo cortante

Número de pernos

\_\_\_\_\_

Momento con respecto al centro de gravedad:

Las fuerzas cortantes secundarias se encuentran remplazando los valores de (22) en la ecuación (23):

$$F''_A = \frac{M * R_A}{R_A^2 + R_B^2 + R_C^2 + R_D^2} \quad (23)$$

$$F''_A = \frac{75,62 \text{ N.m} * 0,2394 \text{ m}}{0,2394 \text{ m}^2 + 0,1115 \text{ m}^2 + 0,1390 \text{ m}^2 + 0,1642 \text{ m}^2}$$

$$F''_A = 156,03 \text{ N}$$

$$F''_B = \frac{75,62 \text{ N.m} * 0,1115 \text{ m}}{0,2394 \text{ m}^2 + 0,1115 \text{ m}^2 + 0,1390 \text{ m}^2 + 0,1642 \text{ m}^2}$$

$$F''_B = 72,66 \text{ N}$$

$$F''_C = \frac{75,62 \text{ N.m} * 0,1390 \text{ m}}{0,2394 \text{ m}^2 + 0,1115 \text{ m}^2 + 0,1390 \text{ m}^2 + 0,1642 \text{ m}^2}$$

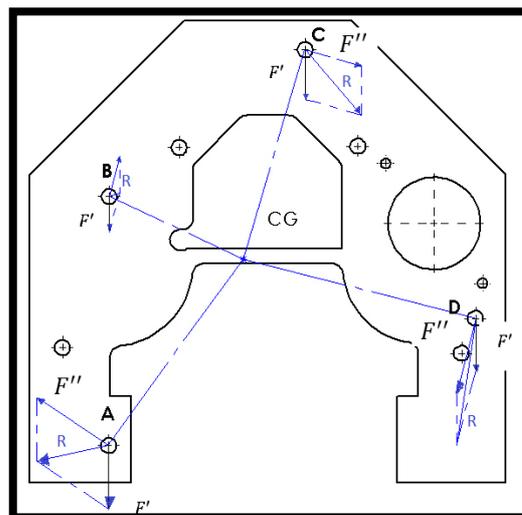
$$F''_C = 90,59 \text{ N}$$

$$F''_D = \frac{75,62 \text{ N.m} * 0,1642 \text{ m}}{0,2394 \text{ m}^2 + 0,1115 \text{ m}^2 + 0,1390 \text{ m}^2 + 0,1642 \text{ m}^2}$$

$$F''_D = 107,02 \text{ N}$$

Las fuerzas cortantes primarias y secundarias se grafican a escala en la Figura 56, comolas resultantes que se obtienen mediante la regla del paralelogramo. Se encuentra que las magnitudes mediante medición, estos análisis se hizo en los puntos de los pernos de la caja de la transmisión automática que van sujetos a la plancha.

Figura 56. Resultantes en los pernos



Fuente: Autores

$$R_A = 126,40 \text{ N}$$

$$R_C = 136,89 \text{ N}$$

$$R_B = 23,92 \text{ N}$$

$$R_D = 187,69 \text{ N}$$

**4.1.2** Análisis de los pernos que están fijos al motor. Para esta fuerza  $P = 50 \text{ lb}$ .

$$\sigma_a = \frac{n * C * P}{2 * 2b * At} \quad (24)$$

$At$  = Área trasera

$C$  = Constante de elasticidad

$P$  = Fuerza

$2b$  = Número de pernos

$n$  = Factor de seguridad

Tabla 2. Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC y UNF\*

Designación de tamaño	Diámetro mayor nominal pulg	Serie gruesa-UNC			Serie fina-UNF		
		Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_c$ pulg <sup>2</sup>	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_c$ pulg <sup>2</sup>
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{5}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{8}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{5}{8}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{3}{4}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{7}{8}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{4}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

Fuente: BUDYNAS R, y otros. Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley. p. 399

Las dimensiones del perno es  $\frac{3}{8} \times 1$  Pulg con este dato se puede se puede obtener los valores de la Tabla 2.

$$A_t = 0,0775 \text{ in}^2$$

$$A_c = 0,0678 \text{ in}^2$$

Con estos valores se podrá encontrar los esfuerzos de la plancha en el motor.

Tabla 3. Especificaciones SAE para pernos de acero

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
	$\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
	$1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

Fuente: BUDYNAS R, y otros. Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley. p. 418

Como el perno soporta cargas, fluctuaciones y vibraciones se asumió un perno de tornillo grado SAE 1 como se puede observar en la Tabla 3 tiene las siguientes características.

$$S_p = 33 \text{ kpsi}$$

$$S_{ut} = 60 \text{ kpsi}$$

$$S_y = 36 \text{ kpsi}$$

Fuerza de pretensión:

$$F_i = 0.6 * F_p = 0,6 S_p * A_t \quad (25)$$

$$F_i = 0,6 * 33000 \frac{\text{lb}f}{\text{in}^2} * 0,0775 \text{ in}^2$$

$$F_i = 1534,5 \text{ lb}f$$

Rigidez del perno:

$$Kb = \frac{A * \varepsilon}{Lb} \quad (26)$$

$A$  = Área de esfuerzo de tensión

$Lb$  = Longitud

$\varepsilon$  =Módulo de elasticidad

Tabla 4.Parámetros de la rigidez

Material usado	Relación de Poisson	Módulo de elasticidad,		A	B
		GPa	Mpsi		
Acero	0.291	207	30.0	0.787 15	0.628 73
Aluminio	0.334	71	10.3	0.796 70	0.638 16
Cobre	0.326	119	17.3	0.795 68	0.635 53
Hierro fundido gris	0.211	100	14.5	0.778 71	0.616 16
Expresión general				0.789 52	0.629 14

Fuente: BUDYNAS R, y otros.Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley. p. 416

Con los valores obtenidos en la Tabla 2 y4 remplazamos en la ecuación (26):

$$Kb = \frac{0,0775 \text{ in}^2 * 30 \times 10^6 \text{ lbf/in}^2}{1 \text{ in}}$$

$$Kb = 2,325 \times 10^6 \text{ lbf/in}$$

Cálculo de rigidez  $Km_1$  y  $Km_2$  con módulo de elasticidad de la Tabla 4 para la plancha 30 Mpsi.

$$Km_1 = \frac{\pi * \varepsilon * d * \tan\theta}{\ln \left( 5 * \frac{(L'+A)*B}{(L'+B)*A} \right)} \quad (27)$$

$$L' = e * \tan \theta \quad (28)$$

$$e = 0,2362 \text{ in}$$

$$L' = 0,2362 * \tan 30$$

$$L' = 0,1364 \text{ in}$$

$$A = 0,5 * d_b = 0,5 * 0,375 \quad (29)$$

$$A = 0,1875$$

$$B = 2,5 * d_b = 2,5 * 0,375 \quad (30)$$

$$B = 0,9375$$

Remplazamos los resultados (28), (29) y (30) en la ecuación (27):

$$Km_1 = \frac{\pi * (30 \times 10^6) * 0,375 * \tan 30}{\ln \left( 5 * \frac{(0,1364 + 0,1875) * 0,9375}{(0,1364 + 0,9375) * 0,1875} \right)}$$

$$Km_1 = 10,10 \times 10^6 \frac{lb}{in}$$

$$C_2 = 1 - 0,2362 \quad (31)$$

$$C_2 = 0,7638$$

$$A_2 = 0,1875$$

$$B_2 = 0,9375$$

$$L'_2 = 0,7638 * \tan 30 \quad (32)$$

$$L'_2 = 0,4410$$

El módulo de elasticidad para  $Km_2$  es  $E = 14503773,773 \text{ Psi}$  remplazamos en la ecuación (27) los valores de (28), (29), (30) y (32):

$$Km_2 = \frac{\pi * (14503773,773) * 0,375 * \tan 30}{\ln \left( 5 * \frac{(0,4410 + 0,1875) * 0,9375}{(0,4410 + 0,9375) * 0,1875} \right)} \quad (29)$$

$$Km_2 = 4,05 \times 10^6 \frac{lb}{in}$$

Con estos valores podemos obtener el desplazamiento total.

Para la resistencia total remplazamos los valores de (21) y (29) en (30):

$$\frac{1}{Km_T} = \frac{1}{Km_1} + \frac{1}{Km_2} \quad (30)$$

$$\frac{1}{Km_T} = \frac{1}{10,10 \times 10^6} + \frac{1}{4,05 \times 10^6}$$

$$Km_T = 5,05 \times 10^6 \frac{lb}{in}$$

Para encontrar la constante de elasticidad reemplazamos, los valores de (26) y (30) en (31):

$$C = \frac{Kb}{Km + Kb} \quad (31)$$

$$C = \frac{2,325 \times 10^6}{5,05 \times 10^6 + 2,325 \times 10^6}$$

$$C = 0,3153$$

Fatiga en los pernos de acero SAE grado 1 datos obtenidos de la Tabla 3.

$$Sp = 33 \text{ kpsi}$$

$$Sut = 60 \text{ kpsi}$$

$$Sy = 36 \text{ kpsi}$$

Límite de fatiga:

$$S_{Se} = kc * \frac{1}{kf} * s'_{Se} \quad (32)$$

Donde:

Para una confiabilidad de un 90%,  $kc = 0,897$

Para pernos laminados de grado 1,  $kf = 3$

$$Se' = 0,45(Sut) \quad (33)$$

$$Se' = 0,45 * (33000) = 14850 \text{ psi}$$

$$S_{Se} = 0,897 * \frac{1}{3} * 14850$$

$$S_{Se} = 4440,15 \text{ lb}/in^2$$

Reemplazamos la ecuación (24):

$$\sigma_a = \frac{n * 0,3153 * 50}{2 * 4 * 0,0775} = 25,43 n$$

$$\sigma_m = Fi + \frac{n * C * P}{2 * 2b * At} \quad (34)$$

Remplazamos en la ecuación (3):

$$\sigma_m = 1534,5 \text{ lbf} + 25,43 n$$

$$\frac{\sigma_a}{S_{Se}} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = 1 \quad (35)$$

$$\frac{25,43 n}{4440,15} + \frac{1534,5 \text{ lbf} + 25,43 n}{60000} = 1$$

$$n = 158,41$$

Por tracción los pernos no fallarán. La resistencia máxima al cortante, asume el mismo valor calculado:

$$\tau_A = \frac{Vc}{Ac} = \frac{64 \text{ lb}}{0,0678 \text{ in}^2} \quad (36)$$

$$\tau_A = 943,95 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$\eta = \frac{S_{SY}}{\tau_A} \quad (37)$$

$$S_{Sy} = \frac{0,577 S_y}{Z_b} \quad (38)$$

$$S_{Sy} = \frac{0,577 * 36000}{4}$$

$$S_{Sy} = 5193 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

Remplazamos los valores de la ecuación (38) y (36) en la (37):

$$n = \frac{S_{Sy}}{\tau_A} = \frac{5193 \text{ lbf/in}^2}{943,95 \text{ lbf/in}^2}$$

$$n = 5,5$$

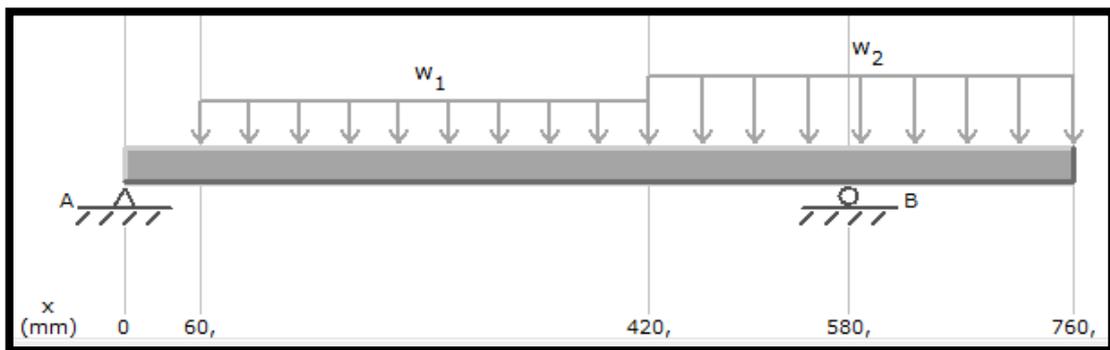
Para corte el factor de seguridad nos demuestra que no va a fallar, como se puede observar el esfuerzo de corte es el que más va a fallar

#### 4.2 Diseño de la estructura que soporta el banco

La estructura que soporte el banco didáctico debe ser resistente para soportar el peso de la transmisión automática y el motor.

Para esto se tomó en cuenta el peso de la transmisión  $W_T = 98 \text{ lb}$  y del motor  $W_M = 228 \text{ lb}$ , para encontrar las reacciones en las bases del motor y la base de la transmisión esta reacción se pudo encontrar gracias al programa *MDSolids 3.2* de diseño como se puede observar en la Figura 57.

Figura 57. Fuerzas distribuidas



Fuente: Autores

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} - P_1 - P_2 = 0$$

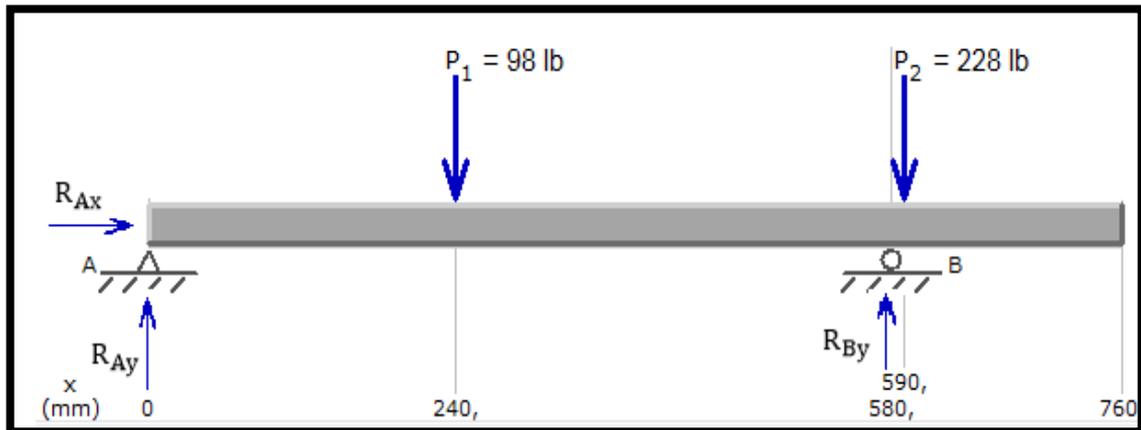
$$R_{Ay} + R_{By} = 98 + 228 \quad (39)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-98 * 240 - 228 * 590 + R_{By} * 580 = 0 \quad (40)$$

$$R_{By} = 272.48 \text{ lb}$$

Figura 58. Fuerzas concentradas



Fuente: Autores

La ecuación (40) en (39):

$$R_{Ay} = 98 + 228 - 272.48$$

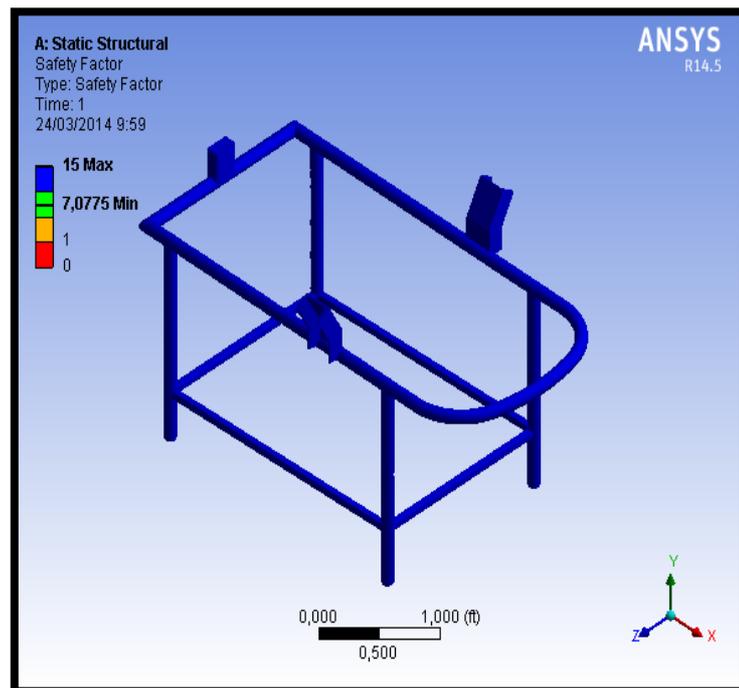
$$R_{Ay} = 53.52 \text{ lb}$$

La reacción en las bases del motor es  $136.24 \text{ lb}$  y la reacción en la base de la caja es  $53.52 \text{ lb}$ . Por esta razón se escogió un tubo estructural, norma de fabricación ASTM A500 / NTE INEN 2415, el cual nos garantizará que nuestro diseño soporte todas las cargas a las cuales va a ser sometido, y además tenga diseño estético. Luego de haber realizado el estudio de la estructura nos muestra los siguientes resultados, como se puede ver en las Figura 59 y 60.

Para el diseño de la estructura se utilizó un software de modelación mecánica, para simular el comportamiento de los productos manufacturados y procesos industriales en el mundo real. Las soluciones de ANSYS abarcan desde la simulación del comportamiento de dinámica de fluidos, electromagnetismo, resistencia de materiales, etc.

En la Figura 59, tenemos el factor de seguridad de la estructura que nos da 15 se puede observar que la estructura está estable.

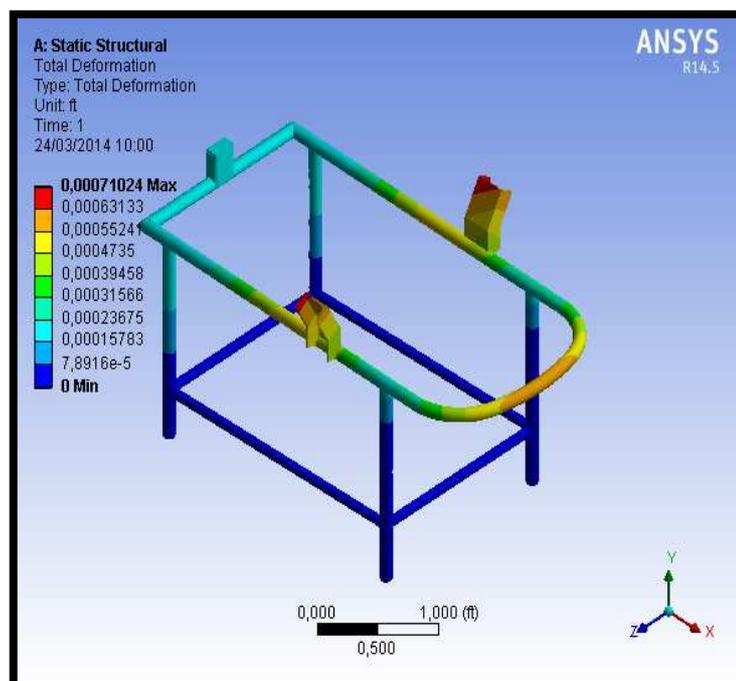
Figura 59. Factor de seguridad



Fuente: Autores

Para la Figura 60, que corresponde al desplazamiento total podemos observar un desplazamiento de 0.00071 ft. En dos lugares en las bases del motor.

Figura 60. Desplazamiento total



### **4.3      Diseño del circuitoy selección de elementos eléctricos**

**4.3.1**    *Elementos eléctricos.* Los elementos eléctricos forma parte indispensable para el funcionamiento y la comprensión de nuestro banco didáctico, como también para el control de velocidad, activación y desactivación de las electroválvulas, etc.

**4.3.1.1** *Microcontroladores.* Los microcontroladores se puede decir que son circuitos integrados, que nos proporciona todos los recursos necesarios para realizar operaciones digitales conforme a un programa cargado en su memoria. Disminuyendo enormemente la cantidad de componentes necesarios para realizar una aplicación. Un microcontrolador contiene una unidad aritmética lógica (ALU), que se encarga de realizar operaciones sencillas, sumas, restas, AND, OR, XOR, rotaciones y poco más convirtiéndose en un elemento indispensable en los circuitos electrónicos de control.

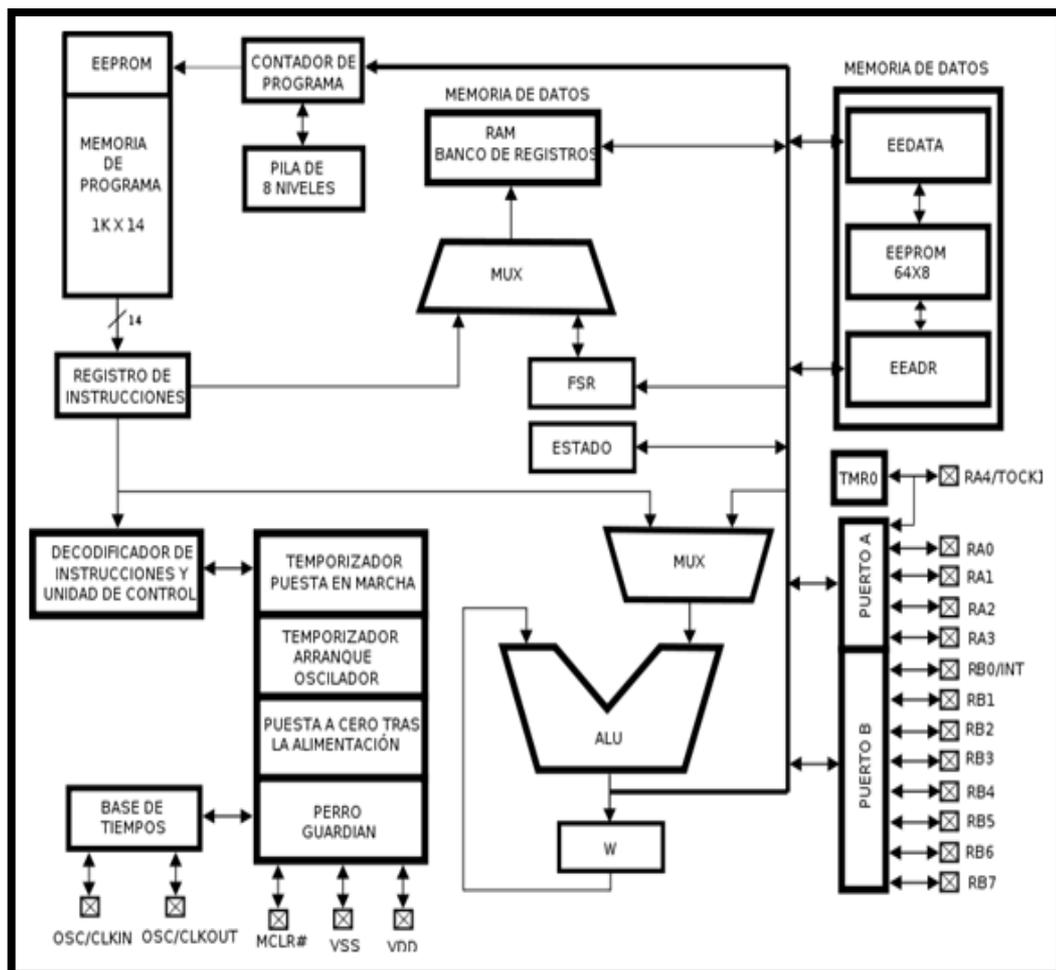


Figura 61. Estructura de un microcontrolador

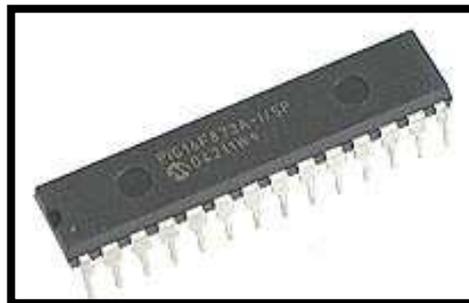
Fuente: [http://es.wikiversity.org/wiki/Estructura\\_del\\_microcontrolador](http://es.wikiversity.org/wiki/Estructura_del_microcontrolador)

Además de la unidad de cálculo, disponen en general de otros elementos, una memoria de programa, donde se almacenan las instrucciones que queremos realizar, una memoria RAM o también denominada registros de propósito general y en la mayoría de dispositivos también una memoria ROM. También cuenta con dispositivos de entrada y salida, que permitirán al microcontrolador interactuar directamente con el exterior, estos pueden ser desde puertos digitales hasta conversores analógicos.

El microcontrolador PIC 16F873A, tiene memoria de programa tipo FLASH, lo que brinda gran facilidad en el desarrollo de prototipos y en su aprendizaje ya que no es necesario borrarlo con luz ultravioleta como las versiones EPROM sino, permite reprogramarlo sin ser borrado anteriormente.

El PIC16F873 es un Microchip Technology fabricado en tecnología CMOS, el consumo de potencia es muy bajo y es completamente estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden. El encapsulado para este PIC es el DIP (Dual In-line Pin) de 28 pines, propio para usarlo en experimentación. La referencia completa es 16F873-04 para el dispositivo que utiliza cristal oscilador de hasta 4 MHz, 16F873-20 para el dispositivo que utiliza cristal oscilador de hasta 20 MHz o 16F873A-I para el dispositivo tipo industrial que puede trabajar hasta a 20 MHz.

Figura62.PIC16F873

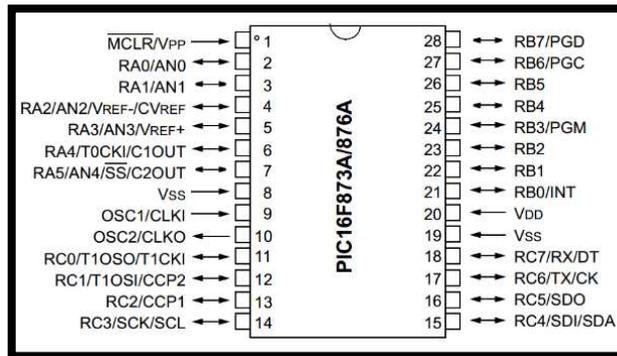


Fuente: <https://www.futurlec.com/Microchip/PIC16F876Apr.shtml>

### *Características*

- 28-pin Low Power Microcontroller
- Flash Program Memory: 8192 bytes
- EEPROM Data Memory: 256 bytes
- SRAM Data Memory: 368 bytes
- I/O Pins: 22
- Timers: Two 8-bit / One 16-bit
- A/D Converter: 10-bit Five Channel
- PWM: 10-bit Two Modules
- SSP: SPI and I<sup>2</sup>C Support
- USART: Full Duplex with 9-bit Address Detection
- External Oscillator: up to 20MHz(DUQUE, 2009).

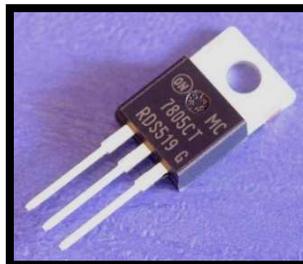
Figura 63. Diagrama de pines



Fuente: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>

**4.3.1.2 Regulador de voltaje 7805.** Este regulador de voltaje es muy común, y muy usado en diseño empotrados. Puede venir en varios tipos de encapsulados. Para corrientes de salida hasta de 1A existen dos tipos de encapsulados: TO-220 (vertical) y D-PAK (horizontal)(ESCALANTE, 2011).

Figura 64.Regulador de voltaje 7805



Fuente: <http://microcontroladores195.blogspot.com/>

Estos reguladores que vienen con un disipador de calor son capaces de transportar más de 1 A. Tiene protección por sobrecarga térmica y contra cortocircuitos. Para un diseño que no excede los 100 mA de consumo puede elegir un regulador del tipo LM78L05.

**4.3.1.3 Relé.** Es un dispositivo electromagnético que, estimulado por una corriente eléctrica muy débil, abre o cierra un circuito en el cual se disipa una potencia mayor que en el circuito estimulador en otras palabras se puede controlar voltajes muy altos con un pequeño voltaje.

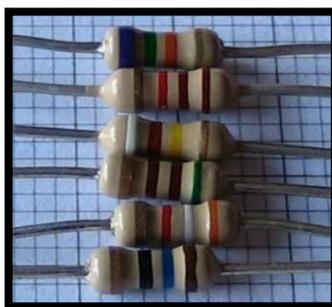
Figura 65.Relé



Fuente: Autores

**4.3.1.4** *La resistencia.* Al conectar una batería a un material conductor, la corriente fluirá a través del material la corriente depende de la tensión de la batería, de las dimensiones de la muestra y de la conductividad del propio material. Se utilizan para controlar la corriente en los circuitos electrónicos. Están fabricados de carbono, láminas metálicas o hilo de resistencia, y cuentan de dos cables de conexión. Su comportamiento se rige por la ley de Ohm.

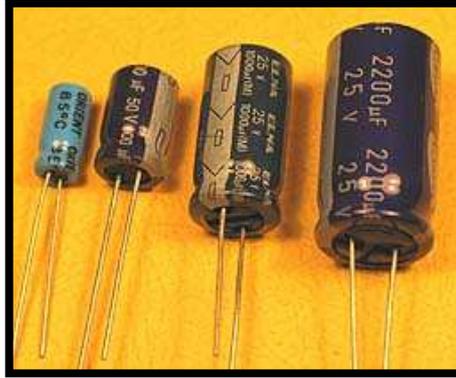
Figura.66.Resistencias



Fuente: <http://www.hangar.org/wikis/lab/doku.php?id=osmosis:resistencias>

**4.3.1.5** *Los condensadores.* Es un componente electrónico diseñado para almacenar cargas eléctricas, y utilizarlas en un circuito en el momento adecuado. Su arquitectura es básicamente, un par de armaduras separadas por un material aislante denominado dieléctrico.

Figura. 67.Condensadores



Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/9055596/Componentes-electronicos-todo-sobre-ellos.html>

**4.3.1.6 El diodo.** Las propiedades de los materiales semiconductores como en un diodo, es la de permitir el paso de corriente en una dirección determinada, por lo que se emplea en algunas aplicaciones.

Figura 68.Diodo Zener

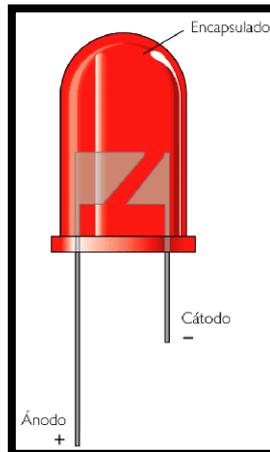


Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/9055596/Componentes-electronicos-todo-sobre-ellos.html>

El diodo Zener es el encargado de mantener el voltaje estable a la salida, así haya variación de voltaje en la entrada. La particularidad es que este diodo funciona en forma inversa a la flecha de dirección de corriente, si se conecta en la dirección de la flecha funciona como un diodo rectificador.

Los diodos emisores de luz tienen un comportamiento parecido al de un diodo rectificador sin embargo, su tensión de umbral, se encuentra entre 1,3V y 4V dependiendo del color del diodo.

Figura 69.LED



Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/9055596/Componentes-electronicos-todo-sobre-ellos.html>

Tabla 5. Identificación de los LED

Color	Tensión en directo
Infrarrojo	1,3V
Rojo	1,7V
Naranja	2,0V
Amarillo	2,5V
Verde	2,5V
Azul	4.0V

Fuente: Autores

**4.3.1.7 LCD 16X2.** Tiene una pantalla de cristal líquido es un elemento micro controlado para visualizar presentaciones en caracteres. Para este caso dispone de 2 filas y 16 caracteres cada uno y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 pixeles.

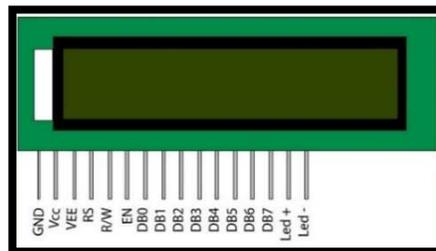
Estos dispositivos están interiormente controlado por un microcontrolador que regula todos los parámetros de presentación este modelo es el más comúnmente utilizado.

Las características generales de un módulo LCD 16x2 son las siguientes:

- Consumo de energía reducido de 7.5mW.

- Pantalla de caracteres ASCII, además de los caracteres japoneses Kanji, caracteres griegos y símbolos matemáticos.
- Memoria de 40 caracteres por línea de pantalla, visualizándose 16 caracteres por línea.
- Movimiento del cursor y cambio de su aspecto.
- Permite que el usuario pueda programar 8 caracteres.
- Desplazamiento de los caracteres hacia la izquierda o a la derecha.

Figura 70.LCD 16X2



Fuente: <http://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet>

A continuación se presenta la descripción de señales empleadas por el módulo LCD así como el número de patilla a la que corresponden(PAYÁ, 2011).

Tabla 6.Pin de la LCD 16X2

Pin N°	Símbolo	Descripción
1	$V_{SS}$	Pin de tierra de alimentación
2	$V_{DD}$	Pin de alimentación de 5 V
3	$V_O$	Pin de contraste del cristal líquido. Normalmente se conecta a un potenciómetro a través del cual se aplica una tensión variable entre 0 y +5V que permite regular el contraste del cristal líquido.
4	RS	Selección del registro de control/registro de datos: RS=0 Selección del registro de control RS=1 Selección del registro de datos

Tabla 6. (Continuación)

5	R/W	Señal de lectura/escritura R/W=0 El módulo LCD es escrito R/W=1 El módulo LCD es leído
---	-----	--

6	E	Señal de activación del módulo LCD: E=0 Módulo desconectado E=1 Módulo conectado
7-14	D0-D7	Bus de datos bi-direccional. A través de estas líneas se realiza la transferencia de información entre el módulo LCD y el sistema informático que lo gestiona

Fuente: <http://isa.umh.es/asignaturas/sea/PRÁCTICAS 2C/P7/practica7.pdf>

**4.3.1.8 Sensor de efecto Hall.** Fue descubierto por Edwin Herbert Hall en 1879, en actualidad se emplean en gran variedad de aplicaciones como lectores de tarjetas magnéticas, detectores de proximidad, sensores de velocidad, medidores de potencia eléctrica, brújulas electrónicas, sistemas de ignición, etc. Con la variación de la corriente se producirá el campo magnético que influye sobre el sensor de efecto Hall. El circuito del sensor está formado por una fuente de corriente para la polarización del sensor que está en el rango de los 10mA DC.

Figura 71.Sensor CKP



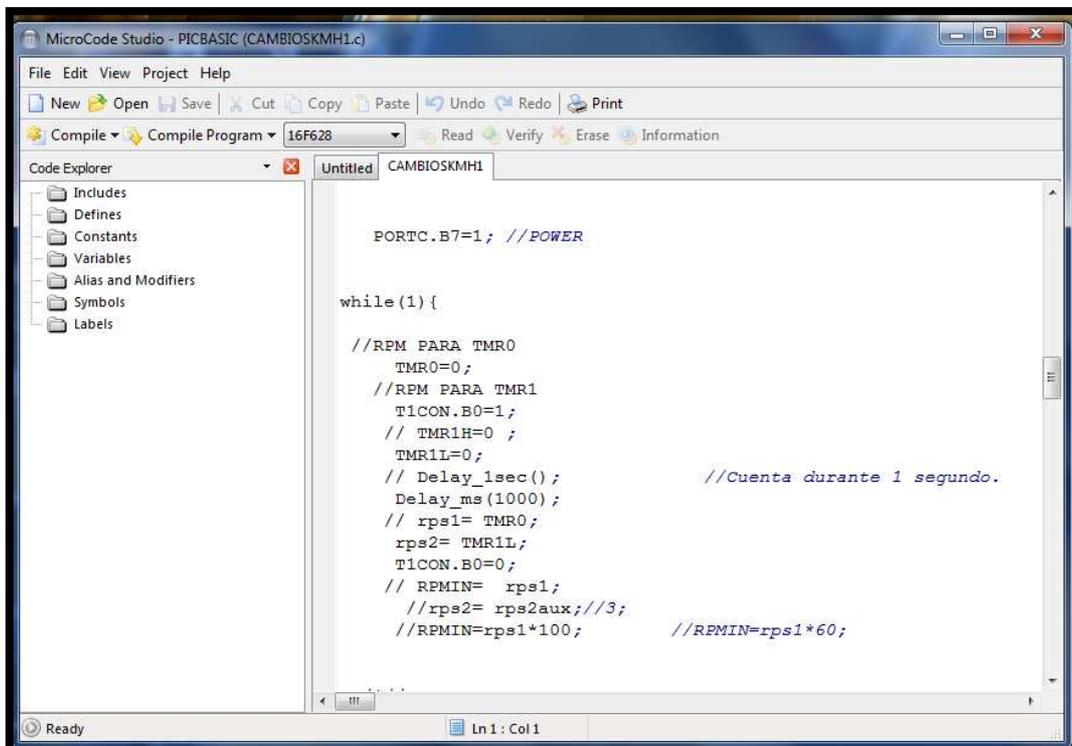
Fuente: <http://victorefren1.blogspot.com/2013/06/sensores-ckp-y-cmp-y-sus-tipos.html>

Sensor CKP de efecto Hall. Es un detector magnético o de efecto Hall, el cual envía a la computadora (ECM) información sobre la posición del cigüeñal y las RPM del motor. Este sensor se encuentra ubicado a un costado de la polea del cigüeñal o volante. La función de este elemento es seguir la secuencias de las ranuras hechas en el plato del convertidor de torsión para que junto con el dato del sensor (CMP), la computadora ubique la posición del cilindro no. 1, y la generación de chispa e inyección pueda ser sincronizada con el motor(REYES, 2013).

**4.3.2 Diseño del módulo de control.** Para un funcionamiento óptimo de la caja automática necesitamos un módulo de control, que pueda captar las RPM a la salida de la transmisión, por motivo de programación seleccionamos un sensor CKP este sensor nos da una forma de honda cuadrada, nos servirá para medir las revoluciones del cigüeñal, pero nosotros lo utilizaremos para la velocidad del vehículo, parámetros que nos sirve, para que el módulo active y desactive las electroválvulas sincronizadamente. El módulo también debe recibir la señal de la posición de la palanca de cambios, por medio del switch inhibidor. Para que estos datos sean proyectados en una LCD.

**4.3.2.1 Programación del microcontrolador PIC 16F873A.** Para programar el PIC se utilizó MicroCode Studio, es una interface en el cual se escribe el código del programa y se corrigen errores de sintaxis. El MicroCode queda enlazado con el PICBASIC y el IC-PROG, de manera, que una vez que termina el programa, compila y genera el archivo.

Figura 72. Captador de pulsos



```
MicroCode Studio - PICBASIC (CAMBIOSKMHL.c)
File Edit View Project Help
New Open Save Cut Copy Paste Undo Redo Print
Compile Compile Program 16F628 Read Verify Erase Information
Code Explorer
Includes
Defines
Constants
Variables
Alias and Modifiers
Symbols
Labels

Untitled CAMBIOSKMHI

PORTC.B7=1; //POWER

while(1){

//RPM PARA TMR0
TMR0=0;
//RPM PARA TMR1
T1CON.B0=1;
// TMR1H=0 ;
TMR1L=0;
// Delay_1sec(); //Cuenta durante 1 segundo.
Delay_ms(1000);
// rps1= TMR0;
rps2= TMR1L;
T1CON.B0=0;
// RPMIN= rps1;
//rps2= rps2aux;//3;
//RPMIN=rps1*100; //RPMIN=rps1*60;
```

Fuente: Autores

Como primer paso para la programación, definimos los pines a utilizar del LCD y declaramos las variables que se van a utilizar en el programa. El sensor nos da una señal

de pulsos que reconoce como 0 y 1 al ser imantados la punta del sensor, este dato cuenta como una vuelta de la llanta, hay que recalcar que el PIC puede contar las rpm en 1 segundo, por esta razón el sistema se actualiza cada segundo. Para encontrar la velocidad se multiplica por el perímetro de un neumático original para nuestros cálculos fue 1,67 m. En la LCD nos da también el número de rps que sale de la caja.

Figura 73.Reconocimientos de pulsos

```

MicroCode Studio - PICBASIC (CAMBIOSKMHI.c)
File Edit View Project Help
New Open Save Cut Copy Paste Undo Redo Print
Compile Compile Program 16F628 Read Verify Erase Information
Code Explorer CAMBIOSKMHI
Includes
Defines
Constants
Variables
Alias and Modifiers
Symbols
Labels
PORTC.B7=1; //POWER

while(1){

//RPM PARA TMR0
TMR0=0;
//RPM PARA TMR1
T1CON.B0=1;
// TMR1H=0 ;
TMR1L=0;
// Delay_1sec(); //Cuenta durante 1 segundo.
Delay_ms(1000);
// rps1= TMR0;
rps2= TMR1L;
T1CON.B0=0;
// RPMIN= rps1;
//rps2= rps2aux;//3;
//RPMIN=rps1*100; //RPMIN=rps1*60;

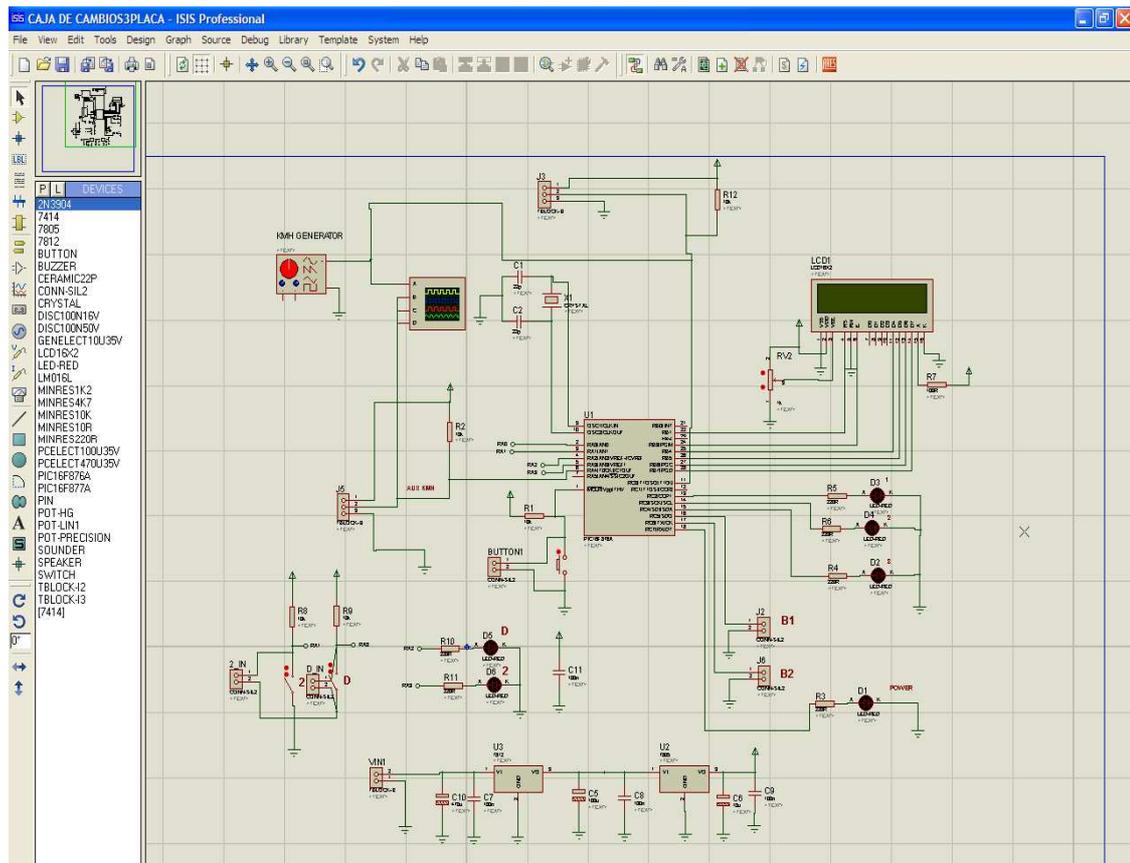
```

Fuente: Autores

Por medio de estos datos, se envía una señal de activación y desactivación de los LED de anuncio de la marcha, en la que se encuentra la caja automática, los parámetros que se toma en cuenta es la velocidad (0 a 50) km/h, (50 a 100) km/h y más de 100 km. Comparando el pulso que del switch inhibitor dependiendo de la posición de la palanca de cambios

Terminando de programar se procede a realizar el circuito electrónico mediante la utilización del software PROTEUS. Este programa ayudará en la elaboración del circuito esquemático. Como se puede observar la Figura 74 se muestra el circuito final del controlador.

Figura 74. Circuito final del controlador



Fuente: Autores

#### 4.4 Construcción y ensamble del banco

**4.4.1 Equipos utilizados para la construcción.** En este subcapítulo se dará a conocer en forma general los equipos que se utilizaron para la construcción de los diferentes elementos que constituyen el banco didáctico

**4.4.1.1 Amoladora.** Utilizaremos la amoladora angular para cortar la plancha, pulir irregularidades y quitar el exceso de solda, también la amoladora recta que es de uso muy versátil, proporciona resultados precisos y se puede utilizar en lugares de difícil acceso.

Por lo general las amoladoras cuentan con los discos compuestos para material blando, también se utilizan para pulido y para sacar brillo sobre metales, este material puede ser el esmeril.



Figura 75. Amoladora recta y angular

Fuente: Autores

**4.4.1.2** *Suelda oxicorte.* Se utilizará la suelda oxicorte para cortar la plancha de metal ya que tiene un espesor considerable, que posteriormente nos ayudará a acoplar la caja automática al motor. El oxicorte consta de dos etapas: en la primera, el acero se calienta a alta temperatura de  $900^{\circ}\text{C}$  con la llama producida por el oxígeno y un gas combustible; en la segunda, una corriente de oxígeno corta el metal y elimina los óxidos de hierro producidos.

Figura 76. Suelda oxicorte



**4.4.1.3** *Suelda por arco eléctrico SMAW.* La soldadora eléctrica utilizaremos para la unión de varias piezas que van a conformar el tablero y toda la estructura que soportara en banco didáctico.

Este tipo de soldadura se basa en la unión de dos materiales, usualmente logrado a través de la coalescencia, en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y

pudiendo agregar un material de relleno fundido, para conseguir un baño de material fundido (el baño de soldadura) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.

Figura 77. Suelda eléctrica



Fuente: Autores

**4.4.1.4 Taladro de columna.** Con este taladro realizaremos el mecanizado de agujeros en el banco didáctico. El taladro de columna es la versión estacionaria del taladro convencional. Realiza la función de un taladro insertado en el soporte vertical. Las diferencias de estos taladros van en función de la potencia del motor y de la longitud de la columna.

Figura 78. Taladro de columna



**4.4.1.5 Taladro de mano.** Utilizaremos este taladro para mecanizar algunos agujeros en los cuales haya una mayor dificultad de acceso que no se pueda realizar con el taladro

de columna. Los agujeros se hacen por un proceso de arranque de material mediante unas herramientas llamadas brocas.

Figura 79. Taladro de mano



Fuente: Autores

**4.4.2** *Construcción de la plancha de soporte de la caja al motor.* Para la construcción de este acople utilizamos la oxicorte para dar forma a esta pieza para los detalles se utilizó una amoladora recta para dar forma a lugares de difícil acceso y dejar un mejor acabado en nuestro acople, para los agujeros de los pernos se utilizó un taladro de columna.





Figura 80. Plancha de acople al motor

Fuente: Autores

**4.4.3** *Construcción de la estructura de soporte.* Para la construcción del banco se empezó cortando y doblando los tubos, se utilizó una suelda SMAW que nos da las características esperadas para nuestro banco.



Figura 81. Construcción de la estructura de soporte

Fuente: Autores

En este proceso también se construyó las bases del motor y de la caja de cambios, para mejorar la apariencia de nuestra estructura se utilizó una amoladora para eliminar óxidos y excesos en cordones de soldadura.

**4.4.4 Construcción del tablero.** Para el tablero se utilizó dos tipos de planchas, para los costados una plancha de 0.79 mm y para la tapa una de 3 mm, donde soporta los elementos eléctricos, estas planchas tiene las siguientes norma técnica: NTE INEM 115/ASTM A 1008 CS. Utilizados especialmente para construcción de piezas metálicas, hornos, tanques, carrocerías.

Para la construcción de esta estructura se empezó cortando el tubo estructural cuadrado con la norma ASTM A-500 y sus dimensiones son de 2 mm. Las planchas fueron remachadas y soldadas. El proceso se realizó cortando las planchas con una amoladora con disco de corte y otra para eliminar restos de soldadura, la mayor parte del proceso se realizó doblando la plancha.

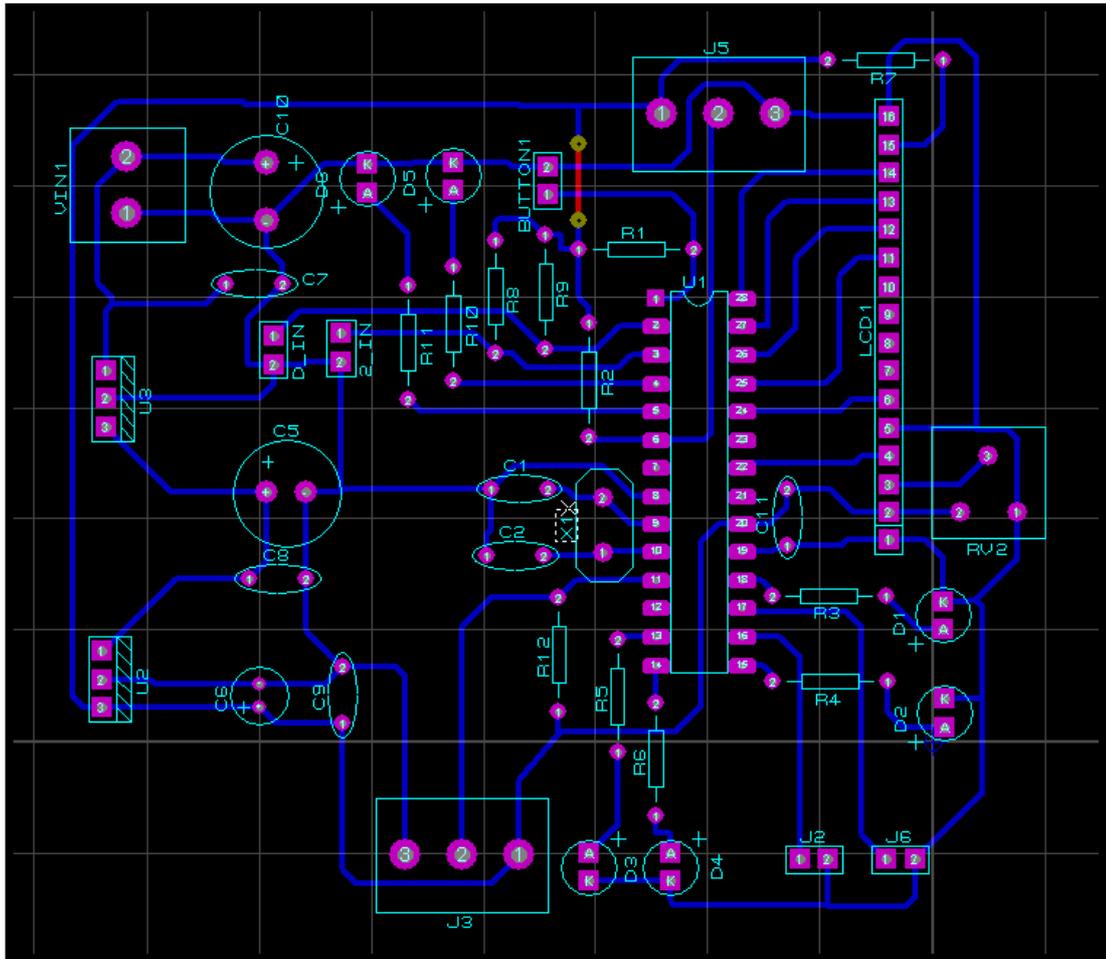


Figura 82. Construcción del tablero

Fuente: Autores

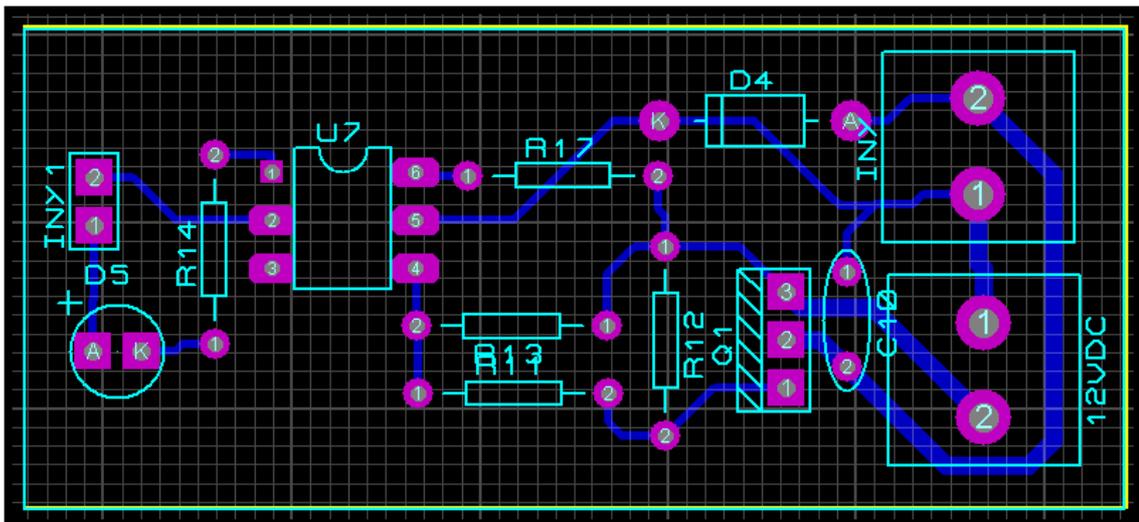
**4.4.5** *Construcción de los elementos eléctricos.* Después de haber terminado con el diseño del circuito, en el software PROTEUS utilizamos una herramienta de este mismo programa como ARES para visualizar la placa a ser quemada. En la Figura 84 se puede apreciar la placa del control de la electroválvula, en la Figura 83 se encuentra el controlador de todo el sistema.

Figura 83. Circuito del controlador



Fuente: Autores

Figura 84. Circuito de activación de la electroválvula



Fuente: Autor

El código que va a efectuar las funciones el PIC se lo realizó en MicroCode y para su simulación se lo hace en el software PROTEUS se imprimió el circuito en el papel

transfer o fotográfico para la impresión de este circuito utilizamos una impresora láser luego se pegó el circuito en la baquelita para estampar el circuito utilizamos una plancha a una temperatura de 90°C, pasamos la plancha caliente sobre este por un corto periodo de tiempo, cortamos la baquelita con una sierra de arco a una medida de 7X10 cm<sup>2</sup> después la sumergimos en una solución de ácido sulfúrico con agua, para sacar el cobre excesivo.

Lavar la placa con agua fría este procedimiento permite retirar partículas de papel de las pistas, quedando lista para el siguiente procedimiento. Perforar la baquelita para este procedimiento utilizamos un taladro de mano, con una broca de 1/4 in.



Figura 85. Elaboración de la placa electrónica

Fuente: Autores

## 4.5 Ensamble de los elementos mecánicos y eléctricos

**4.5.1** *Ensamble de la caja automática.* Para el ensamble de la transmisión empezamos colocando el freno de primera y retro con sus respectivos resortes, platos, discos y seguros.



Figura 86. Instalación del freno de primera y retro

Fuente: Autores

Después instalamos el segundo tren epicicloidial que está compuesto por la corona, portasatélite, el embrague de una sola vía que está sobre el portasatélite con sus respectivos seguros.



Figura 87. Tren epicicloidial posterior

Fuente: Autores

Después se instala el tren epicicloidial delantero con el planetario común en el interior del portasatélite posterior, también el portasatélite delantero en el planetario común al mismo tiempo la corona dentada.



Figura 88. Tren epicicloidial delantero

Fuente: Autores

Después acoplamos el embrague directo en el embrague hacia adelante y luego en la corona delantera del tren epicicloidial, teniendo mucho cuidado para que engrane en todos los dientes de los embragues.

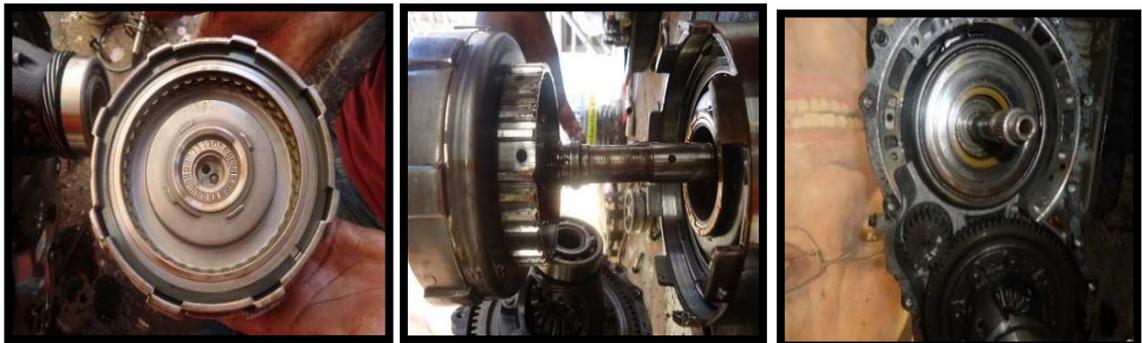


Figura 89. Ensamble de los embragues

Fuente: Autores

Después se instala la bomba de aceite, el cuerpo de válvulas, el pistón para activar el freno delantero con esto ya está armada la caja completa.

Figura 90. Caja automática armada totalmente



Figura 90. (Continuación)



Fuente: Autores

**4.5.2** *Ensamble de la caja automática al motor.* Para esto se acopla la rueda flexible donde engrana el motor de arranque al cigüeñal del motor, esta misma rueda está unida al convertidor de par por medio de pernos, por último fijamos la caja automática al motor por medio de la plancha.



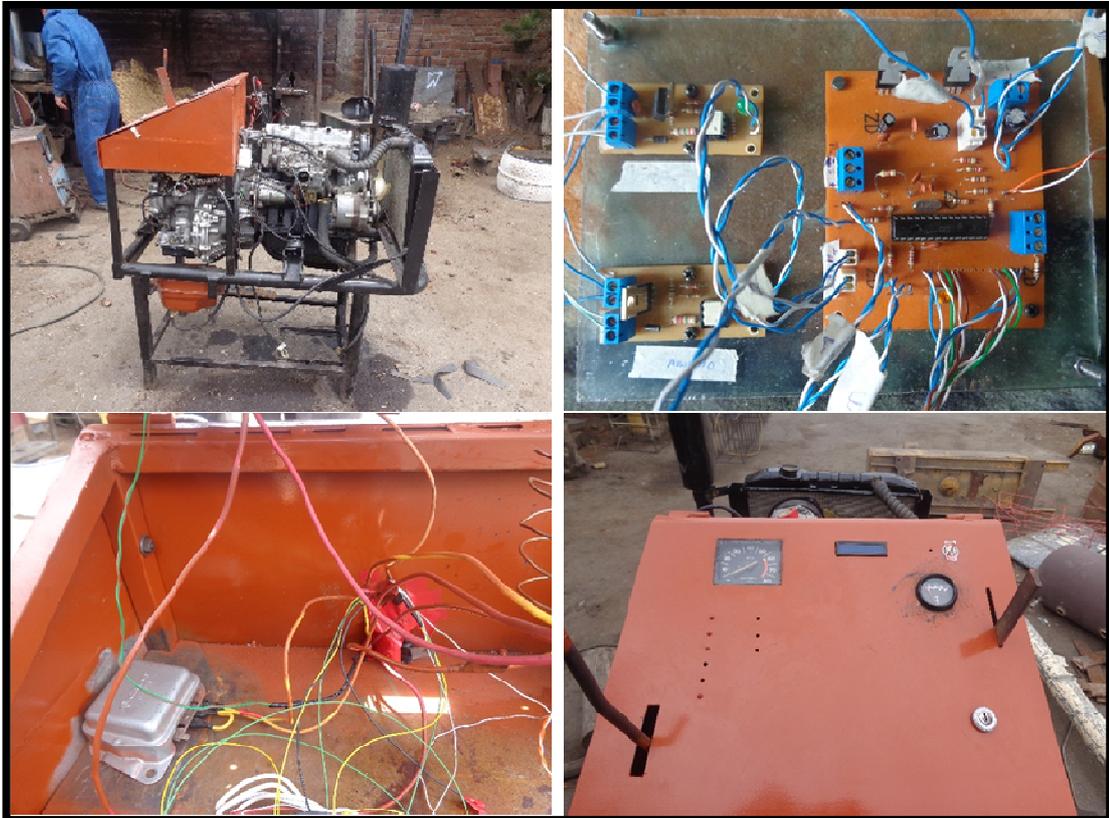
Figura 91. La caja automática fija al motor

Fuente: Autores

**4.5.3** *Ensamble del banco completo.* La transmisión automática armada completamente fija al motor y el tubo de escape con el silenciador se instaló en la estructura que soporta los elementos más pesados, en el tablero de control se instaló los elementos de mandos como el acelerador, palanca de cambios, y por último se instaló el

circuito electrónico y algunos detalles con esto se termina de armar el banco didáctico completo.

Figura 92. Banco didáctico



Fuente: Autores

#### 4.6 Peso del banco didáctico

Para determinar el peso del banco didáctico, primero debemos calcular el peso de la estructura de soporte, mediante la siguiente fórmula:

Dónde:

P.tubo = Peso del tubo en Kg/m

L = Longitud del material utilizado

Tubo redondo:

$$P_{tubor} = 2.41 \frac{Kg}{m} * 4.68m = 11.28Kg$$

$$P_{tubor} = 11.28Kg$$

Tubo cuadrado:

$$P_{tuboc} = 1.06 \frac{Kg}{m} * 5.92m$$

$$P_{tuboc} = 6.26Kg$$

Se reemplaza en la ecuación (41):

$$P_{estructura} = 171.96N$$

Posteriormente debemos conocer el peso de los elementos de la transmisión y del motor, sumando el peso del tablero de control, peso de la batería.

$$P_{transmisión} = P_{engranajes} + P_{carcasa} + P_{embragues} + P_{convertidor de par} \quad (42)$$

$$P_{transmisión} = 21.7 kg + 7.49Kg + 6.87Kg + 7.54Kg = 43.6Kg$$

$$P_{transmisión} = 427 N$$

También se debe calcular el peso total de los otros elementos como: motor, radiador, dispositivos eléctricos y electrónicos.

$$P_{otros} = P_{motor} + P_{radiador} + P_{electrónico} \quad (43)$$

$$P_{otros} = 103.63Kg + 4.71Kg + 2Kg = 110.34Kg$$

$$P_{otros} = 1081N$$

Una vez obtenido los pesos parciales, obtenemos el peso real del banco.

$$P_{banco didáctico} = P_{estructura} + P_{transmisión} + P_{otros} \quad (44)$$

$$P_{banco didáctico} = 17.54Kg + 43.6Kg + 2Kg = 110.34Kg = 171.48Kg$$

$$P_{banco didáctico} = 1681.17N$$

## CAPÍTULO V

### 5. CÁLCULOS DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

#### 5.1 Cálculo de relación de transmisión de la caja automática

**5.1.1** *Relación de transmisión en la posición "D" (1ª velocidad).* Como se aplica presión de aceite al embrague de marcha adelante la corona delantera del eje de entrada y están acoplados. Esto permite girar el eje de entrada en sentido a las manecillas del reloj que se transmite directamente a la corona y luego a través del portasatélite frontal al eje de salida. Por otra parte, los satélites que se acoplan con el planetario frontal gira en sentido anti horario. Ya que estas revoluciones se transmite a los piñones del engranaje planetario trasero, el portasatélites trasero también gira hacia la izquierda. Sin embargo, siendo sujetado por el embrague de una sola vía, no puede girar. Por esta razón los satélites giren en sentido horario sobre sus ejes y esto hace que la corona giren en sentido horario.

Para la primera marcha tenemos la siguiente relación de transmisión.

$$Rt_{D1} = \frac{n_{C1}}{n_{S1}} + \frac{n_{C1}}{n_{P1}} \cdot \frac{n_{P2}}{n_{C2}} \quad (45)$$

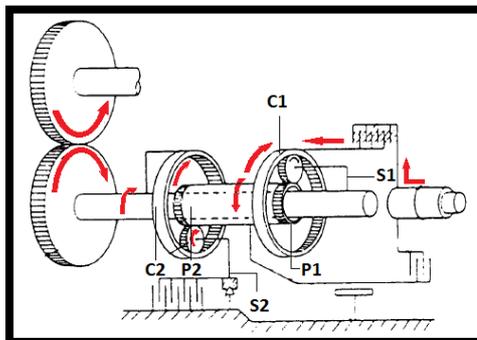


Figura 93. Relación de transmisión 1ª velocidad en "D"

Fuente: GENERAL MOTORS. MX1 - OVERHAUL & DIAGNOSIS. p. 10

C1 = Corona delantera  
S1 = Portasatélite delantero  
P1 = Planetario delantero  
C2 = Corona posterior  
S2 = Portasatélite posterior  
P2 = Planetario posterior

Para  $\frac{n_{C1}}{n_{S1}}$  tenemos la ecuación  $Rt = \frac{n_3}{n_2}$  y  $Rt = 1 + \frac{Z_1}{Z_3}$  por lo tanto:

Para  $Z_1 = Z_{P1}$  y  $Z_3 = Z_{C1}$

$$\frac{n_{C1}}{n_{S1}} = 1 + \frac{Z_1}{Z_3} = 1 + \frac{Z_{P1}}{Z_{C1}}$$

Para  $\frac{n_{C1}}{n_{P1}}$  tenemos  $Rt_2 = \frac{n_1}{n_3}$

$$\frac{Z_3}{Z_1} = -\frac{n_1}{n_3}$$

$$\frac{n_{C1}}{n_{P1}} = \frac{n_3}{n_1} = -\frac{Z_1}{Z_3} = -\frac{Z_{P1}}{Z_{C1}} \quad (46)$$

Para  $\frac{n_{P2}}{n_{C2}}$  es la misma ecuación  $Rt_2 = \frac{n_1}{n_3}$

$$\frac{Z_3}{Z_1} = -\frac{n_1}{n_3} = \frac{n_{P2}}{n_{C2}} = -\frac{Z_{C2}}{Z_{P2}} \quad (47)$$

Por lo tanto reemplazamos (46) y (47) en la (45):

$$Rt_{D1} = \left(1 + \frac{Z_{P1}}{Z_{C1}}\right) + \left(-\frac{Z_{P1}}{Z_{C1}}\right) \left(-\frac{Z_{C2}}{Z_{P2}}\right)$$

$$Rt_{D1} = \left(1 + \frac{39}{71}\right) + \left(-\frac{39}{71}\right) \left(-\frac{62}{27}\right)$$

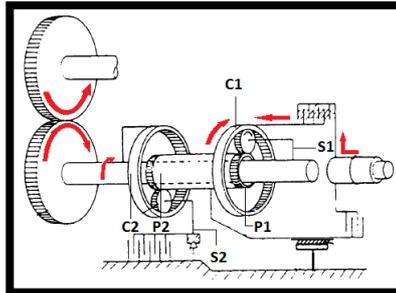
$$Rt_{D1} = 1.549 + 1.261$$

$$Rt_{D1} = \mathbf{2.810:1}$$

**5.1.2 Relación de transmisión en la posición “D” (2ª velocidad).** Como se aplica presión de aceite al embrague de marcha adelante, la corona dentada del engranaje planetario frontal del eje de entrada está conectado. Esto permite que las revoluciones

del eje de entrada se transmitan directamente a la corona, haciendo que el portasatélite delantero girar en sentido horario. En este estado, el planetario, estando acoplado con los satélites delanteros que gire hacia la izquierda. Sin embargo, el segundo freno se encuentra en funcionamiento y evita que gire. Como resultado, los satélites dan la vuelta, con el portasatélite delantero alrededor del planetario.

Figura 94. Relación de transmisión de la 2ª velocidad en "D"



Fuente: GENERAL MOTORS. MX1 - OVERHAUL & DIAGNOSIS. p. 11

Por lo tanto reemplazamos en la ecuación (12):

$$Rt_{D2} = 1 + \frac{Z_{P1}}{Z_{C1}}$$

$$Rt_2 = 1 + \frac{39}{71}$$

$$Rt_{D2} = 1.549:1$$

**5.1.3 Relación de transmisión en la posición "D" (3ª velocidad).** Como se aplica presión de aceite al embrague hacia delante y el embrague directo, El eje de entrada está directamente conectado a la propia unidad de engranaje planetario como resultado, los piñones del engranaje planetario están bloqueados y por lo tanto la revolución del eje de entrada se transmite directamente al eje de salida.

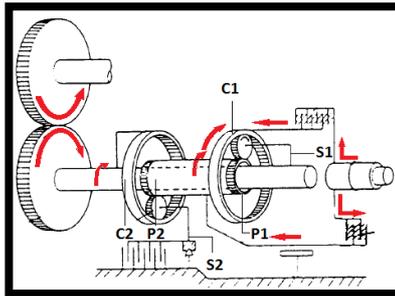


Figura 95. Relación de transmisión de la 3ª velocidad en "D"

Fuente: GENERAL MOTORS. MX1 - OVERHAUL & DIAGNOSIS. p. 12

Por lo tanto la relación de transmisión es:

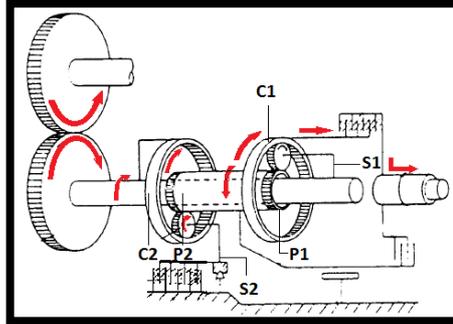
$$Rt_{D3} = 1:1$$

**5.1.4** *Relación de transmisión en la posición "L"*. El flujo de par de torsión desde el motor es la misma que en la primera marcha en "D" o rango de "2", el freno de primera y retro se pone en funcionamiento para evitar que el portasatélite posterior gire en sentido de las agujas del reloj que se produce cuando se aplica freno motor.

En otras palabras, cuando se conduce en "D" o "2", la revolución en sentido antihorario del portasatélite posterior se detiene por medio del embrague unidireccional, pero cuando se aplica el freno motor, el par en sentido horario del eje de salida actúa para prevenir que entre en funcionamiento el embrague unidireccional y los portasatélites posteriores en ralentí.

Esto pone el freno de primera y retro en funcionamiento con el fin de mantener el portasatélite trasero fijo. Por lo tanto se proporciona una fuerza de frenado del motor.

Figura 96. Relación de transmisión posición "L"



Fuente: GENERAL MOTORS. MX1 - OVERHAUL & DIAGNOSIS. p. 13

La relación de transmisión es:

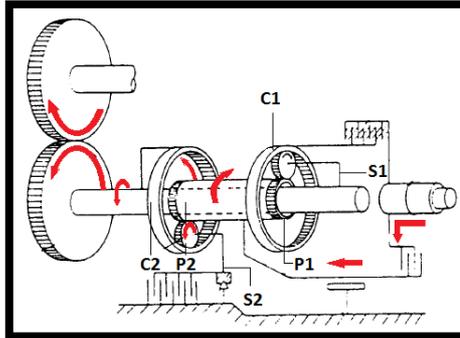
$$Rt_{L1} = 2.810: 1$$

**5.1.5** *Relación de transmisión para la posición "R".* A medida que se aplica presión de aceite al embrague directo, el eje de entrada está conectado con el planetario. Esto permite que el par y el movimiento se transmita directamente desde el eje de entrada al planetario.

El freno de primera y retro también está trabajando y por lo tanto el portasatélite posterior se mantiene fijo. En este estado, los satélites no giran alrededor del planetario, pero giran en sentido contrario sobre sus ejes y causan que la corona gire hacia la izquierda.

El eje de salida es estriado montado en la corona posterior, que también gira en sentido anti horario, con lo que el coche se desplaza hacia atrás.

Figura 97. Relación de transmisión posición "R"



Fuente: GENERAL MOTORS. MX1 - OVERHAUL & DIAGNOSIS. p. 14

Por lo tanto remplazamos en la ecuación (14):

$$Rt_R = -\frac{Z_{C2}}{Z_{P2}}$$

$$Rt_R = -\frac{62}{27}$$

$$Rt_R = -2.296:1$$

En signo negativo nos indica que el giro es contrario al movimiento de entrada.

## CAPÍTULO VI

### 6. FUNCIONAMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

#### 6.1 Descripción del tablero de mandos

**6.1.1** *Tablero completo.* En la Figura se muestra el tablero de mando con cada uno de los componentes de que cuenta el banco, a continuación se detallarán cada uno de ellos:

Figura 98. Tablero completo



Fuente: Autores

**6.1.2** *Switch del sistema.* Es el encargado de admitir o no el paso de corriente desde la fuente de energía a todos los componentes electrónicos del banco como al LCD, tacómetro y módulo de control.

Figura 99. Switch del sistema



Fuente: Autores

**6.1.3** *Posiciones de la palanca de cambios.* Estos LED nos permiten observar en qué posición esta la palanca (switch inhibidor). En la Figura se muestra las designaciones de cada posición.

Figura 100. Posición de la palanca de cambios



**6.1.4** *Tacómetro.* El  permite observar las rpm del motor, y las revoluciones en donde se realiza el cambio de marcha de la transmisión.

Figura 101. Tacómetro



Fuente: Autores

**6.1.5** *Switch de encendido.* Este switch es igual al de un vehículo, en el banco didáctico nos permite encender el motor, y también con el switch abierto permite el paso de corriente a los componentes electrónicos del sistema.

Figura 102.Switch de encendido



Fuente: Autores

**6.1.6** *Manómetro.* Con la ayuda del manómetro podremos visualizar la presión del fluido de la transmisión en todas las condiciones de funcionamiento, de acuerdo a las distintas presiones del ATF podemos dar un diagnóstico del estado de la transmisión.

Figura 103.Manómetro



Fuente: Autores

**6.1.7** *Palanca del acelerador.* Esta palanca nos permite acelerar el motor, de esta manera aumentamos o disminuimos la velocidad de salida, para que puede realizar las diferentes relaciones de transmisión.

Figura 104. Palanca del acelerador



Fuente: Autores

**6.1.8** *Pantalla LCD.* Aquí visualizamos la velocidad de la salida de la transmisión, también podemos ver la rpm, y podremos determinar a qué velocidad se realiza el cambio de marchas.

Figura 105. Velocidad de salida



Fuente: Autores

**6.1.9** *Electroválvulas.* Mediante los LED visualizamos el solenoide de embrague directo y el segundo solenoide de freno, en el momento en que se activan o desactiva durante el funcionamiento del banco, así podemos entender de una mejor manera el funcionamiento de una transmisión automática.

Figura 106.LED de las electroválvulas



Fuente: Autores

**6.1.10** *LED de power.* Nos permite visualizar si existe paso de corriente al sistema electrónico, mediante el cambio de posición del switch del sistema.

Figura 107.Power



Fuente: Autores

## 6.2 Prueba de presión

Esta prueba consiste en comprobar el sistema de presión de aceite para la operación, mediante la medición de la presión en la línea de presión del ATF. Asegúrese de realizar la prueba sólo cuando el fluido de la transmisión esté a temperatura de funcionamiento.

Además, revise lo siguiente antes de la prueba.

- Nivel de fluido de la transmisión automática este entre las marcas "LOW HOT" y "FULL HOT" en el indicador del nivel de aceite.
- La transmisión automática esté libre de fugas.

El procedimiento de la prueba es el siguiente:

1. Con el motor detenido, retire el enchufe como se muestra en la Figura 108 y conecte el manómetro de aceite en el orificio roscado desocupado.
2. Con la palanca de selección en la posición "P" arrancar el motor.
3. Desplazar la palanca selectora en la posición "D " y compruebe la presión de aceite con el motor a ralentí y a la velocidad de calado respectivamente.
4. Repita el mismo control que en el paso 3 con la palanca selectora desplazado a la gama "R".
5. Si la presión de línea medida está dentro de las especificaciones correspondientes en la Tabla 7, el sistema de presión de aceite se encuentra en buenas condiciones.



Figura 108. Prueba de presión

Fuente: Autores

NOTA: No hacer funcionar el motor por más de 5 segundos, la temperatura del aceite puede aumentar excesivamente.

Tabla 7. Rango de presiones

La velocidad del motor	Línea de presión	
	Posición "D"	Posición "R"
Velocidad en ralentí (850 rpm)	2 – 4 kg/cm <sup>2</sup>	5.5 – 8 kg/cm <sup>2</sup>
	28.5 – 56.8 psi	78.2 – 113.7 psi
	200 – 400 k Pa	550 – 800 k Pa
Velocidad de calado (2100-2300 rpm)	2 – 4 kg/cm <sup>2</sup>	10.5 – 14 kg/cm <sup>2</sup>
	28.5 – 56.8 psi	149.3 - 199.1 psi
	200 – 400 k Pa	1050 – 1400 k Pa

Fuente: Autores

6. Compruebe en la Tabla 8, las causas de una presión de línea, esté fuera de las especificaciones. Compruebe cada parte que se sospecha que es la causa.
7. Vuelva a instalar el tapón y apretarlo a 0,6-0,9 kg.cm (6-9 N.m, 4,5-6.5lb.ft).

NOTA: Asegúrese de realizar la prueba sólo cuando el fluido de la transmisión esté a temperatura de funcionamiento.

Tabla 8. Análisis de resultados

Presión de la línea medido	Posible causa
----------------------------	---------------

Superior a las especificaciones en "D" y "R".	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ La válvula reguladora defectuosa.</li> <li>○ Acelerador válvula defectuosa.</li> <li>○ Cable del acelerador y el cable de control de la presión de aceite defectuoso.</li> </ul>
Inferior a las especificaciones en "D" y "R".	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bomba de aceite defectuosa.</li> <li>○ La válvula reguladora defectuosa.</li> <li>○ Válvula del acelerador defectuosa.</li> <li>○ Cable del acelerador y el cable de control de la presión de aceite mal calibrado.</li> </ul>
Menor que la especificación sólo en la posición "D".	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fuga de presión de aceite en el embrague delantero.</li> <li>○ Está perdiendo presión de aceite en la posición "D".</li> </ul>
Menor que la especificación sólo en el posición de "R".	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fuga de presión de aceite en el circuito de embrague directo.</li> <li>○ Freno de primera y retro, fuga de aceite en el circuito.</li> <li>○ Está perdiendo presión de aceite en la posición "R".</li> </ul>

Fuente: Autores

Tabla 9. Posibles causas de pérdida de velocidad

Medir velocidad de calado	Las posibles causas
Inferior a la especificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia del motor insuficiente.</li> <li>• Convertidor de par defectuoso.</li> </ul>
Superior a las especificaciones en la posición "D"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El deslizamiento del embrague de avance.</li> <li>• Un de embrague defectuoso.</li> </ul>
Superior a la especificación en "R"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El deslizamiento del embrague directo.</li> <li>• Deslizamiento del freno de primera y retro.</li> </ul>

Fuente: Autores

### 6.3 Desplazar la palanca de mando

Verificación del circuito del interruptor de la palanca de cambios (switch inhibidor). Coloque la palanca en "P", "R", "N", "D", "2" y "L" y en cada posición verifique la continuidad entre los cables de la Tabla 10 donde se encuentra los colores.

Los conectores que se obtiene del switch son dos uno de ellos son de parqueo compartiendo con neutro y retro. El otro conector nos da la señal de "D", "2", "1".

Tabla 10. Continuidad en la palanca selectora

Posición	Color de los cables para la pruebas en el interruptor de la palanca							
	Negro / Rojo	Negro / Amarillo	Amarillo	Rojo	Negro	Verde / Rojo	Verde	Verde/ Azul
P	●	●						
R			●	●				
N	●	●						
D					●	●	●	●
2					●	●		
L					●	●	●	

Fuente: Autores



Figura 109. Maso de cables

Fuente: Autores

#### 6.4 Desplazar la palanca del interruptor de verificación de unidad

1. Desplazar la palanca selectora como se describe en los siguientes pasos. Con la palanca selectora en la posición "P" o "N" en función de cada etapa, gire el interruptor de arranque "ON" y compruebe que esto hace contacto con el motor de arranque.

2. Desplazar la palanca selectora a la posición "P" y conectar el interruptor de encendido "ON".
3. Desplazar la palanca selectora de "P" a "N" y gire el interruptor de arranque "ON".
4. Desplazar la palanca selectora de "N" a "L" y luego de regreso a "N" de nuevo y encienda el interruptor de arranque "ON"
5. Desplazar la palanca selectora de "N" a "P" y conectar el interruptor de encendido "ON".
6. Si hay falla en cualquiera de los pasos (1), (2), (3) y (4) en el control en el paso 2, las 2 tuercas de la palanca de cambios manual, pueden eventualmente estar flojas. Volver apretar las dos tuercas y luego realizar nuevamente el paso dos.

Figura 110. Las tuercas de la palanca de cambio manual



Fuente: Autores

7. Después de los controles en el paso 2, desplace la palanca selectora en "D", "2", "L" y "R", uno tras otro. En cada uno de estos gire el interruptor de encendido "ON" y compruebe que el motor de arranque no funcione.
8. Si el fallo no se ha corregido aún después de haber apretado las tuercas 2 tal como se describe en el paso 3 o defectuosa en el paso 4 para comprobar, afloje el interruptor de la palanca de cambio y, a continuación, los tornillos de fijación, con la palanca de selección desplace a la posición "N", mover la palanca de cambios de mano como se muestra en la siguiente Figura. El interruptor de la palanca de cambio en la posición donde se escucha un "clic" en el interruptor, y, a

continuación, volver a apretar el tornillo de fijación. Asegúrese de realizar controles en el paso 2 y el paso 4 después de haber apretado tornillo de fijación.

Figura 111. Ajuste de posición interruptor de palanca de cambio



Fuente: Autores

9. Si la condición defectuosa persiste incluso después de ajustar la posición de interruptor de palanca de cambios como se describe en el paso 5, posiblemente haya un mal contacto en el interruptor de palanca de cambios. Compruebe si hay continuidad en el interruptor de la siguiente manera.
  - a) Desconectar los acopladores de 2 interruptores de palanca de cambio.
  - b) Desplazar la palanca selectora por todas las posiciones. En cada posición verificar la continuidad entre la palanca de cambios que se muestran, los cables del acoplador de la Tabla 10 utilizando un ohmímetro. Si se encuentra defectuoso, sustituir interruptor de palanca de cambio.

## 6.5 Solenoides de embrague directo y de segundo freno

Comprobar el circuito del solenoide:

1. Con el interruptor de encendido en “OFF”, desconectar los solenoides.
2. Medir la resistencia entre los siguientes terminales del acoplador. Ambos circuitos deben registrar alrededor de 14 ohmios.

Tabla 11. Pruebas en el solenoide

Solenoide	Color de cables
Embrague directo	Rojo y Carcaza

Segundo freno	Amarillo y Carcasa
---------------	--------------------

Fuente: Autor



Figura 112. Conector de los solenoides

Fuente: Autores

***Compruebe la unidad de solenoide:***

1. Drenar el líquido de transmisión.
2. Retire el colector de aceite de la transmisión.
3. Desconecte cada uno de los solenoides.

Figura 113. Los acopladores de solenoide

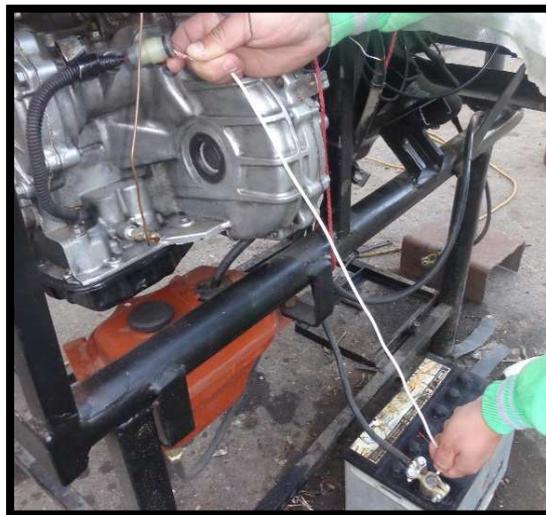


Fuente: Autores

- 1) Los acopladores de solenoide.
- 2) Solenoide de embrague directo.
- 3) Segundo solenoide del freno.
- 4) Filtro aceite.

4. Conecte el multímetro entre terminal de la válvula solenoide y el cuerpo de la electroválvula y medir resistencia de la válvula de solenoide. Alrededor de  $14 \Omega$  si existe resistencia, la electroválvula está en buen estado.
5. Conecte el terminal positivo de la batería de 12 V al terminal del solenoide y el terminal negativo al cuerpo del solenoide o la carcasa de la transmisión automática. Compruebe que emita un sonido de funcionamiento al realiza la conexión.

Figura 114. Prueba de solenoide con la batería



Fuente: Autores

6. Si falla en el paso 4 o 5, sustituir la electroválvula.
7. Después de la comprobación, conecte el acoplador de solenoide.
8. Después de instalar el cárter de aceite, colocar el ATF en la transmisión.

*NOTA:* Asegúrese de no invertir los terminales positivo y negativo de la batería al conectar el solenoide.

## CAPÍTULO VII

### 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 Conclusiones

Se diseñó y construyó un banco didáctico de una transmisión automática, para que los estudiantes que interactúen con él, estén en capacidad de conocer la arquitectura interna y externa, así como también el principio de funcionamiento.

Mediante el estudio de los tipos de transmisiones, se determinó que la mejor, para un manejo eficiente, confort y cuidado del medio ambiente, es la transmisión automática, además de poseer menos elementos mecánicos, y por ésta razón los intervalos de mantenimiento son sumamente mayores, con relación a otros tipos de transmisiones.

Analizamos la constitución del cuerpo de válvulas, y se dedujo que es el controlador directo de la transmisión automática, hoy en día tiene como agregados unos componentes llamados solenoides, en el cual se apoya el vehículo, y puede optimizar al máximo el rendimiento del combustible.

La estructura de soporte del banco didáctico y de pruebas, se diseñó con la ayuda del programa ANSYS, seleccionando materiales, que cumplan con las especificaciones de calidad, para brindar una garantía, obteniendo resultados satisfactorios, de resistencia y calidad de los materiales utilizados.

Se ha logrado establecer las suficientes guías de práctica, para optimizar la utilización del banco tales como: pruebas de presión, prueba de solenoides, switch inhibidor, entre otros.

La práctica y la teoría deben ir de la mano. No es suficiente solo “conocer” sino que es necesario también “entender” en si el funcionamiento de la transmisión automática, para lo cual se ha realizado este banco didáctico.

Se elaboró guías de usuario y de mantenimiento. A fin de evitar futuros inconvenientes, por una mala utilización del banco, por un desconocimiento del mismo.

## **7.2 Recomendaciones**

Leer detenidamente las especificaciones establecidas, para su operación antes de poner en funcionamiento el banco didáctico, y de esta manera evitar daños por manejo inapropiado de la transmisión.

Ventilar adecuadamente el lugar donde se va a realizar las prácticas de laboratorio, ya que el motor de combustión interna emana gases nocivos propios de su funcionamiento.

Almacenar y transportar el banco de pruebas, siguiendo los parámetros de seguridad establecidos, ya que sus componentes podrían averiarse e influir en su funcionamiento.

Evitar la manipulación del sistema electrónico, ya que contiene elementos muy sensibles, y son los que proporcionan los parámetros de funcionamiento de la transmisión.

Realizar el respectivo mantenimiento preventivo del sistema de lubricación, ya que el ATF es uno de los componentes importantes de la transmisión automática, se requiere un énfasis en el aceite que utilizamos. Pero sobre todo usar el aceite adecuado, que este caso es el DEXRON II, ya que el uso de un aceite inadecuado, puede perjudicar el rendimiento de la transmisión.

## BIBLIOGRAFÍA

**Aficionados a la Mecánica. 2014.** Cajas de Cambio. [En línea] Dani meganeboy, 14 de 01 de 2014. [Citado el: 14 de 02 de 2014.] <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>.

**BEER, Ferdinand, y otros. 2007.***VECTOR MECHANICS FOR ENGINEERS Statics and Dynamics*. New York : McGraw, 2007. pág. 1328.

**BEREZIARTUA, Iñaki, y otros. 2010.** CAJAS DE CAMBIO AUTOMÁTICAS. [En línea] 12 de 05 de 2010. [Citado el: 16 de 07 de 2013.] <http://biblioises.com.ar/Contenido/600/621/A%202%20caja%20autom.pdf>.

**BOSCH. 2005.***Manual de la técnica del Automóvil*. Stuttgart-Alemania : ROBERT BOSCH, 2005.

**BUDYNAS, Richard G y NISBETT, Keith. 2008.***Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley*. Octava. Mexico : McGraw Hill, 2008. págs. 395-430.

**DOMÍNGUEZ, Esteban José y FERRER, Julián. 2012.***Sistemas de transmisión y frenado*. Madrid : Editorial Editex, S. A., 2012.

**DUQUE, Edison. 2009.** El Microcontrolador PIC16F873. *Index of /~eduque/arquitec*. [En línea] Universidad Tecnológica de Pereira, 16 de Abril de 2009. [Citado el: 14 de Noviembre de 203.] <http://www.utp.edu.co/~eduque/arquitec/PIC16F873-v1.pdf>.

**ESCALANTE. 2011.** Microcontroladores. [En línea] Blogger, 12 de Febrero de 2011. [Citado el: 1 de Enero de 2014.] <http://microcontroladores195.blogspot.com/>.

**GARZON, Jeronimo. 2013.** EL AUTOMÓVIL AL DESNUDO. *SISTEMA DE TRANSMISIÓN EN VEHÍCULOS AUTOMÓVILES*. [En línea] Blogger, 02 de 06 de

2013. [Citado el: 15 de 01 de 2014.] <http://jeroitim.blogspot.com/2013/06/sistema-de-transmission-en-vehiculos.html>.

**GENERAL MOTORS. 2000.***GM MXI - OVERHAUL & DIAGNOSIS*. Miami : DADELAND BLVD, 2000. págs. 10-14.

**JESÚS. 2010.** TRANSMISION AUTOMATICA. [En línea] Blogger, 27 de 10 de 2010. [Citado el: 10 de 10 de 2013.] [http://mondragonaguilar.blogspot.com/2010\\_10\\_01\\_archive.html](http://mondragonaguilar.blogspot.com/2010_10_01_archive.html).

**JIMMY AUTOTRANSMISIONES. 2009.** Transmisión Automática. *HISTORIA Y DESARROLLO DE LA TRANSMISIÓN AUTOMATICA*. [En línea] TecnoDigitaL S.A., 20 de 08 de 2009. [Citado el: 12 de 12 de 2013.] <http://www.jimmystransmission.co.cr/historia.html>.

**PAYÁ, Luis. 2011.** El módulo LCD. *Ingeniería de Sistemas y Automática*. [En línea] 25 de Enero de 2011. [Citado el: 11 de Julio de 2013.]

**REYES, Victor. 2013.** Sistema electro del automóvil. *Sensor CKP*. [En línea] 4 de Junio de 2013. [Citado el: 12 de Febrero de 2014.] <http://victorefren1.blogspot.com/2013/06/sensores-ckp-y-cmp-y-sus-tipos.html>.

**SÁNCHEZ, Víctor. 2004.***La Caja Automática*. Quito : Ediciones América, 2004.

**TARINGA. 2011.** Componentes electricos. [En línea] 13 de Junio de 2011. [Citado el: 11 de Enero de 2014.] <http://www.taringa.net/posts/info/9055596/Componentes-electronicos-todo-sobre-ellos.html>.

**THIESSEN, Frank.J y DALES, Davis N. 1998.***Manual de Reparaciones de Transmisiones Automáticas y Manuales, Tomo II*. Mexico : Litografica Ingramex S.A de C.V., 1998. págs. 230-233.

**VILLALOBOS, Carlos. 2012.** Transmisión Automática 1. [En línea] 12 de Mayo de 2012. [Citado el: 13 de Junio de 2013.] <http://www.slideshare.net/victorhruizortiz/transmisin-automtica-1>.