

ESPEL

Diseño Y Construcción De Un Mando Secuencial Electrónico Neumático
En Una Caja De Cambios Manual Para Un Vehículo De Competencias

2009



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO

SEDE LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MANDO SECUENCIAL
ELECTRÓNICO NEUMÁTICO EN UNA CAJA DE CAMBIOS
MANUAL PARA UN VEHÍCULO DE COMPETENCIAS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO
AUTOMOTRIZ**

**GABRIEL ANDRÉS CÓRDOVA ALVARADO
JUAN PABLO TAMAYO BENAVIDES**

Latacunga, JULIO 2009

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
SEDE - LATACUNGA



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

PROYECTO DE GRADO

“Diseño y construcción de un mando secuencial electrónico neumático en una caja de cambios manual para un vehículo de competencias.”

REALIZADO POR:

**GABRIEL ANDRÉS CÓRDOVA ALVARADO.
JUAN PABLO TAMAYO BENAVIDES**

LATACUNGA-ECUADOR

JULIO 2009

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que me permitió llegar a la E.S.P.E.-L, a mis padres por el sacrificio hecho para poderme dar una profesión, en especial a mi Madre quien estuvo a mi lado en todo momento y a mis profesores por todos los conocimientos impartidos que han hecho de mi un profesional a carta cabal.

Juan Pablo

DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis va dedicado a la memoria de mi Padre Marco Tamayo

Juan Pablo

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su infinita bondad, A mis Padres, por el amor y apoyo incondicional, A mi Hermano, por su alegría y entusiasmo, A mi Esposa, por ser mi inspiración, A mi Hijo(a) por la fuerza con que impulsa mis actos, Al ing. Juan Castro y al Ing. Julio Acosta por sus acertada tutoría, Al ing. German Erazo por su amistad y enseñanza. A los maestros, amigos y compañeros por el espíritu fraternal que me brindaron.

Gabriel

DEDICATORIA

A los locos amantes de la ciencia y la competición.

Gabriel

RESUMEN

Considerando que en la actualidad la industria automotriz avanza a la par con la electrónica, hemos querido demostrar que los componentes mecánicos que no están provistos de mandos electrónicos pueden ser mejorados al implementarse dispositivos de control.

El presente proyecto se ha dividido en 5 capítulos donde se señalan los aspectos más sobresalientes para el desarrollo del mismo.

Así en el capítulo I consta de toda la información teórica para el desarrollo de la parte práctica del proyecto, como es la parte del desarrollo y evolución de las transmisiones secuenciales, los sistemas de control para el sistema neumático.

En el capítulo II tenemos la parte del análisis y diseño de los circuitos tanto eléctrico como neumático además de aspectos relevantes al momento de ingresar las marchas en una caja de transmisión.

El capítulo III abarca la construcción del mando electrónico y el circuito neumático, también se incorpora los requerimientos básicos para la programación del microcontrolador.

Posteriormente en el capítulo IV se indican los resultados obtenidos antes de la implementación del proyecto y los obtenidos después de la implementación del mismo además del manual de utilización del módulo de control.

Finalmente en el capítulo V tenemos lo que son las conclusiones, recomendaciones y anexos del proyecto.

PRESENTACIÓN

Este trabajo ha sido realizado como un precedente en el desarrollo tecnológico de las transmisiones manuales dirigido a estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército que se interesen en las innovaciones y personalización de los sistemas automotrices.

Tomando en cuenta el campo de la competición este sistema busca optimizar los tiempos de cambio de marcha garantizando la estabilidad de control del vehículo, brindando precisión y seguridad de funcionamiento.

En el diseño y construcción se ha dejado la posibilidad para el sistema trabaje en todo vehículo que tenga una caja de cambios manual acoplándose muy bien con las señales de sensores en automóviles con gestión electrónica permitiendo un desarrollo continuo e ilimitado en la evolución del sistema.

El sistema implementado en autos de competencia permitirá extraer al máximo la potenciación realizada al automotor. El sistema implementado en la maqueta garantizará a los estudiantes una investigación efectiva y análisis de resultados confiables y completamente similares a los arrojados en tiempo real.

Para finalizar, la detección de averías y mantenimientos preventivos son de fácil realización por personas capacitadas en mecánica automotriz.

RESUMEN	viii
PRESENTACIÓN.....	ix
I.- MARCO TEÓRICO	10
1.1.- SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	10
1.1.1.- HISTORIA DE LA TRANSMISIÓN SECUENCIAL	10
1.1.2.- ¿QUÉ ES UNA TRANSMISIÓN SECUENCIAL?	10
1.1.3.- ¿QUÉ ES UNA TRANSMISIÓN DE MANDO SECUENCIAL?.....	11
1.1.4.- VENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN SECUENCIAL.....	12
1.1.5.- TIPOS DE TRANSMISIONES SECUENCIALES.....	14
1.1.5.1.- El Cambio Automático Speedgear	15
1.1.5.2.- "Easytronic": Automático y Manual	15
1.1.5.3.- La caja de cambios SMG:.....	16
1.1.5.4.- Cambio F-1 (FERRARI)	17
1.1.5.5.- Cajas de variación continua CVT (Continuos Variable Transmisión).....	18
1.1.5.6.- Nissan Extroid CVT	20
1.1.6.- COMPONENTES PRINCIPALES Y SUS FUNCIONES BÁSICAS	22
1.1.7.- CAJA DE CAMBIOS MANUAL.....	23
1.1.7.1.- Unidad de engranajes	24
1.1.7.2.- Engranajes helicoidales	25
1.1.7.3.- Relaciones de transmisión	25
1.1.7.4.- Acoplamiento constante	26
1.1.7.5.- Sincronizadores.....	27
1.1.7.6.- Sistemas de mando de las cajas de velocidades.....	28
1.1.8.- EMBRAGUE DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN	29
1.1.8.1.- El embrague de fricción.....	30
1.1.8.2.- Mecanismo de embrague	32
1.1.8.3.- El embrague de diafragma.....	33
1.1.8.4.- Accionamiento del embrague	34
1.1.8.5.- Embrague de accionamiento hidráulico	35
1.1.8.6.- Embrague mecánico pilotado automáticamente	36
1.1.9.- TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA.....	39

1.1.9.1.-	Funciones y Componentes de la Transmisión Automática	40
1.1.9.2.-	Convertidor de torsión.....	42
1.1.9.3.-	Impulsor de la Bomba	43
1.1.9.4.-	Rodete de la Turbina	43
1.1.9.5.-	Estator.....	43
1.1.9.6.-	Operación del Embrague Unidireccional	44
1.1.9.7.-	Transmisión de Potencia.....	45
1.1.9.8.-	Multiplicación del Torque	46
1.1.9.9.-	Convertidor de Torsión.....	47
1.2.-	SISTEMAS DE CONTROL.....	47
1.2.1.-	CONTROL Y REGULACIÓN.....	47
1.2.1.1.-	Generalidades.....	47
1.2.1.2.-	Control.....	47
1.2.1.3.-	Regulación	49
1.2.1.4.-	Tipos de control	50
1.3.-	SISTEMA NEUMÁTICO.....	51
1.3.1.-	GENERALIDADES.....	51
1.3.1.1.-	Tipos de Compresores	51
1.3.2.-	SIMBOLOGÍA NEUMÁTICA	52
1.3.3.-	CUERPO DE VÁLVULAS.....	56
1.3.4.-	ACUMULADOR	56
1.3.5.-	VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN.....	57
1.3.6.-	VÁLVULAS DE SECUENCIA	58
1.3.7.-	VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS.....	58
1.3.8.-	ELECTRO VÁLVULAS.....	59
1.3.9.-	VÁLVULAS DE CAUDAL.....	60
1.3.10.-	TIPOS DE VÁLVULAS REGULADORAS DE CAUDAL.....	61
1.3.10.1.-	Válvula de caudal regulable.....	61
1.3.10.2.-	Válvula reguladora de caudal de dos vías	61
1.3.10.3.-	Válvula reguladora de caudal de tres vías	62
1.3.11.-	CILINDROS	62
1.3.11.1.-	Cilindros de simple efecto	63

1.3.11.2.- Cilindros de doble efecto	63
1.3.11.3.- Tipos de construcción especiales de cilindros	64
1.4.- ESTABILIDAD DE MARCHA Y SEGURIDAD EN LOS VEHÍCULOS DE TRACCIÓN TRASERA	65
1.4.1.- EFECTOS DE LA DERIVA SOBRE LOS NEUMÁTICOS	65
1.4.1.1.- Ondas Permanentes	66
1.4.1.2.- Hidroplaneo	67
1.4.1.3.- Rendimiento de Virajes	68
1.4.2.- ESTABILIDAD DE MARCHA DEL VEHÍCULO	70
1.4.3.- FUERZAS ACTUANTES SOBRE LA SUSPENSIÓN	72
1.4.4.- SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA	75
1.4.4.1.- Seguridad activa.....	75
1.4.4.2.- Seguridad Pasiva	76
1.5.- EFECTOS DEL CAMBIO DE MARCHAS EN EL VEHÍCULO	77
1.5.1.- CONSUMO DE COMBUSTIBLE	77
1.5.2.- FATIGA DE LOS MATERIALES POR LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE LA CAJA DE VELOCIDADES.	82
1.5.2.1.- Requerimientos de los materiales de fricción para discos de embrague.	82
1.5.2.2 Materiales de fricción.	83
1.5.2.3 Efectos torsionales.....	84
1.5.3.- FALLOS TÍPICOS DEL SISTEMA DE EMBRAGUE DE FRICCIÓN.....	85
1.5.3.1 Fallos en el material de fricción de los discos de embrague.....	85
1.5.3.2.- Fallos en otros componentes.....	86
1.6.- MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO.....	87
1.6.1.- ¿QUÉ SON LOS MÓDULOS DE CONTROL ELECTRÓNICO?.....	87
1.6.2.- PARTES PRINCIPALES DEL MÓDULO DE CONTROL	88
1.6.2.1.- Unidad aritmética lógica.....	88
1.6.2.2.- Unidad de memoria	89
1.6.2.3.- Unidad de entrada	90
1.6.2.4.- Unidad de salida.....	91

1.6.2.5.-	Interfases.....	91
1.6.2.6.-	Unidad de control.....	91
1.6.2.7.-	Unidad Central de proceso (CPU)	92
1.6.3.-	CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC).....	93
1.6.3.1.-	Componentes de un PLC	94
1.6.3.2.-	Hardware	94
1.6.3.3.-	Software.....	95
1.6.3.4.-	Sensores	95
1.6.3.5.-	Actuadores	95
1.6.3.6.-	Equipo Programador	96
1.6.3.7.-	Sistemas de programación.....	96
1.6.3.8.-	Equipos especiales de programación.....	97
1.6.4.-	MICROCONTROLADORES	97
1.7.-	NORMAS DE SEGURIDAD.....	99
1.7.1.-	TÉCNICAS PREVENTIVAS GLOBALES.....	99
1.7.1.1.-	Seguridad en el trabajo	99
1.7.2.-	PROTECCIÓN EN EL SISTEMA NEUMÁTICO	101
1.7.2.1.-	Líneas de presión del fluido.....	101
1.7.2.2.-	Bocas de descarga	101
1.7.2.3.-	Válvulas de descarga.....	102
1.7.3.-	PROTECCIÓN PERSONAL.....	102
1.7.3.1.-	Protección para extremidades	103
1.7.3.2.-	Protección de la cabeza	104
1.7.3.3.-	Protección de la cara	105
1.7.3.4.-	Protección auditiva.....	205
1.7.3.5.-	Protección respiratoria.....	106
1.7.4.-	EQUIPO PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS.....	106
II.-	ANÁLISIS Y DISEÑO.....	107
2.1.-	DETERMINACIÓN DE FUERZAS DE ACCIONAMIENTO.....	107
2.1.1.-	CÁLCULO DE ESFUERZOS DE ACCIONAMIENTO DEL EMBRAGUE.....	107
2.1.1.1.-	Embrague de fricción de conexión axial	107

2.1.1.2.-	Cálculos del embrague	110
2.1.2.-	CÁLCULO DE ESFUERZOS DE SINCRONIZACIÓN DE MARCHAS.....	116
2.1.3.-	DISTANCIAS DE RECORRIDO REQUERIDAS PARA EL ACOPLAMIENTO.....	119
2.1.3.1.-	Distancia de acoplamiento del disco de embrague	119
2.1.3.2.-	Distancia de acoplamiento de los sincronizadores de marcha.....	120
2.2.-	TIEMPOS DE ACCIONAMIENTO	120
2.2.1.-	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CAMBIO DE MARCHA.....	121
2.2.1.1.-	Tiempo de reacción de los cilindros:.....	121
2.2.1.2.-	Estabilidad de conducción	126
2.2.1.3.-	Tipos de conducción.....	129
2.2.1.4.-	Tipos de terreno	130
2.3.-	DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO.....	131
2.3.1.-	DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO TEÓRICO DE LOS CILINDROS.....	131
2.3.2.-	DETERMINACIÓN DE LAS VÁLVULAS NEUMÁTICAS.	132
2.3.3.-	ELECCIÓN DE CILINDROS NEUMÁTICOS.....	134
2.3.3.1.-	Materiales de construcción.	134
2.3.3.2.-	Presión de trabajo.....	134
2.3.3.3.-	Garantía del fabricante.	135
2.3.3.4.-	Velocidad de accionamiento.....	135
2.3.3.5.-	Carrera del pistón.	135
2.3.4.-	CAÑERÍAS	135
2.4.-	ANÁLISIS DE POSIBLES EFECTOS NEGATIVOS	137
2.4.1.-	ESFUERZOS MECÁNICOS DE LA TRANSMISIÓN	137
2.4.1.1.-	Cálculos de transmisiones	137
2.4.1.2.-	Relación de transmisión	137
2.4.1.3.-	Cálculo del número de revoluciones	139
2.4.1.4.-	Análisis de fuerzas para engranajes	139
2.4.2.-	CAMBIOS BRUSCOS DE MOVIMIENTO	140

2.5.-	DISEÑO DEL MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO	141
2.5.1.-	SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS	141
2.5.1.1.-	Pic 16F877A	141
2.5.1.2.-	Puente H	144
2.5.1.3.-	Diodos.....	146
2.5.1.4.-	Oscilador Externo.....	146
2.5.1.5.-	Capacitores	147
2.5.1.6.-	Resistores.....	147
2.5.1.7.-	Transistores.....	148
2.5.1.8.-	Circuito Integrado AND TTL 7408	149
2.5.1.9.-	Diseño de las Tareas del Sistema	150
2.5.2.-	DISEÑAR EL CIRCUITO ELECTRÓNICO.....	151
2.5.2.1.-	Ingreso de Datos.....	152
2.5.2.2.-	Mando de Embrague.	153
2.5.2.3.-	Mando de Marchas.	155
2.5.2.4.-	Visualización de Información.	155
2.5.2.5.-	Visualización del Circuito Completo.	156
2.5.3.-	DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS ...	157
2.5.4.-	LEVANTAMIENTO DE LA ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA	159
2.5.5.-	SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN	161
III.-	CONSTRUCCIÓN DEL MANDO SECUENCIAL DE LA TRANSMISIÓN.....	162
3.1.-	CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO NEUMÁTICO	162
3.1.1.-	GENERACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO Y SU TRATAMIENTO.....	162
3.1.1.1.-	Compresor.....	162
3.1.1.1.1	<i>Compresor de Émbolo Oscilante</i>	162
3.1.1.2.-	Tratamiento del aire.....	164
3.1.2.-	DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO	171
3.1.3.-	CILINDROS NEUMÁTICOS	172
3.1.4.-	VÁLVULAS	175
3.1.5.-	CONEXIONADO	175
3.1.6.-	EQUIPOS UTILIZADOS	179

3.1.7.-	ESQUEMA DEL CIRCUITO NEUMÁTICO	181
3.2.-	PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO	181
3.2.1.-	CONFIGURACIÓN DEL PWM (MÓDULO PARA MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO).....	185
3.3.-	ADAPTACIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS Y EMBRAGUE.....	187
3.4.-	COMPROBACIÓN DE FUGAS EN EL SISTEMA.....	189
IV.-	COMPARACIONES Y COMPROBACIONES	191
4.1.-	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	191
4.1.1.-	COMPROBACIÓN DE PRESIONES	191
4.1.2.-	VERIFICACIONES DE TENSIONES Y CORRIENTES ELÉCTRICAS.....	191
4.1.3.-	CRONOMETRACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE MARCHAS EN CARRETERA.....	192
4.1.4.-	CAÍDA DE REVOLUCIONES EN EL MOTOR A MÁXIMA POTENCIA.	192
4.2.-	COMPARACIÓN DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE ...	193
4.3.-	ALCANCES Y LIMITACIONES DEL SISTEMA	194
4.4.-	MANUAL DE OPERACIÓN.....	194
4.4.1.-	PARA EL SISTEMA NEUMÁTICO	194
4.4.2.-	PARA EL MODULO DE CONTROL.....	195
V.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	196
5.1.-	CONCLUSIONES	196
5.2.-	RECOMENDACIONES	196
	BIBLIOGRAFÍA.....	198
	ANEXOS	200

RESUMEN

Considerando que en la actualidad la industria automotriz avanza a la par con la electrónica, hemos querido demostrar que los componentes mecánicos que no están provistos de mandos electrónicos pueden ser mejorados al implementarse dispositivos de control.

El presente proyecto se ha dividido en cinco capítulos donde se señalan los aspectos más sobresalientes para el desarrollo del mismo.

Así en el capítulo I consta de toda la información teórica para el desarrollo de la parte práctica del proyecto, como es la parte del desarrollo y evolución de las transmisiones secuenciales, los sistemas de control para el sistema neumático.

En el capítulo II tenemos la parte del análisis y diseño de los circuitos tanto eléctrico como neumático además de aspectos relevantes al momento de ingresar las marchas en una caja de transmisión.

El capítulo III abarca la construcción del mando electrónico y el circuito neumático, también se incorpora los requerimientos básicos para la programación del microcontrolador.

Posteriormente en el capítulo IV se indican los resultados obtenidos antes de la implementación del proyecto y los obtenidos después de la implementación del mismo además del manual de utilización del módulo de control.

Finalmente en el capítulo V tenemos lo que son las conclusiones, recomendaciones y anexos del proyecto.

PRESENTACIÓN

Este trabajo ha sido realizado como un precedente en el desarrollo tecnológico de las transmisiones manuales dirigido a estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército que se interesen en las innovaciones y personalización de los sistemas automotrices.

Tomando en cuenta el campo de la competición este sistema busca optimizar los tiempos de cambio de marcha garantizando la estabilidad de control del vehículo, brindando precisión y seguridad de funcionamiento.

En el diseño y construcción se ha dejado la posibilidad para el sistema trabaje en todo vehículo que tenga una caja de cambios manual acoplándose muy bien con las señales de sensores en automóviles con gestión electrónica permitiendo un desarrollo continuo e ilimitado en la evolución del sistema.

El sistema implementado en autos de competencia permitirá extraer al máximo la potenciación realizada al automotor. El sistema implementado en la maqueta garantizará a los estudiantes una investigación efectiva y análisis de resultados confiables y completamente similares a los arrojados en tiempo real.

Para finalizar, la detección de averías y mantenimientos preventivos son de fácil realización por personas capacitadas en mecánica automotriz.

I.- MARCO TEÓRICO

1.1.- SISTEMA DE TRANSMISIÓN

1.1.1.- HISTORIA DE LA TRANSMISIÓN SECUENCIAL

Es muy publicitada la caja secuencial como una gran novedad en los automóviles, cuando en realidad se trata de un invento inherente a la caja automática de muy vieja data, pero de poca difusión. De hecho, este sistema lo inventó en 1910 el ingeniero alemán Hermann Föttinger. Su caja tenía sólo tres marchas adelante y funcionaba con correas.

“La Transmisión Secuencial es herencia de la Fórmula 1, así este tipo de transmisión semi-automática fue desarrollada para la F1, donde es justo reconocer a Ferrari el ingenio de ser los impulsores de este tipo de cajas de cambio en competición. Comenzaron el desarrollo en 1989, en el auto de Nigel Mansell que ganó el Gran Premio de Brasil y, aunque Ferrari no ganó el campeonato ese año, si demostró que estas cajas de cambios tenían muchas ventajas sobre las “manuales tradicionales”.¹”

1.1.2.- ¿QUÉ ES UNA TRANSMISIÓN SECUENCIAL?

Una caja secuencial es aquella en la cual los cambios solamente pasan en orden, es decir, primera a segunda, segunda a tercera, etc. Nunca cambian de primera a tercera o cuarta directamente, por ejemplo y mucho menos en el sentido inverso.

Las cajas mecánicas se pueden operar en el orden que el conductor quiera pues cada marcha tiene una posición única de la palanca y el piloto escoge cuál usar.

¹ <http://www.micoche.com>

Las secuenciales son como las de las motos. La palanca sólo tiene un movimiento hacia delante y atrás, o hacia los lados y cada vez que se hace una acción pasa al cambio siguiente o el anterior, pero no salta dos.



Fig. 1.1 Engranés transmisión secuencial

En ese sentido todas las cajas automáticas son secuenciales, desde la primera hasta la última.

En los sistemas modernos, las cajas semiautomáticas tienen dos posiciones. Una es la tradicional D, o drive, en la cual el carro hace todos los cambios solo y va asumiéndolos dentro de sus parámetros de torque y velocidad dependiendo de los impulsos o señales que mande el conductor con el acelerador y cómo los procese el computador. Es decir, como han funcionado toda la vida.

1.1.3.- ¿QUÉ ES UNA TRANSMISIÓN DE MANDO SECUENCIAL?

“Una caja de mando secuencial (o robotizado) es una caja manual normal en la que el embrague no es directamente actuado por nosotros sino que nosotros actuamos sobre un mando y hay un software y un sistema (normalmente neumático) que se encarga de embragar por nosotros. Esto implica, de algún

modo, que aunque el cambio es rapidísimo, existe un momento (entre desembragar y embragar) en el que la potencia del motor no se transmite a las ruedas y se pierde. Normalmente, los mandos secuenciales tienen varios modos y en modo sport se trata de que las marchas cambien cuanto antes para no perder aceleración y esto suele ser a costa del confort de marcha (algunas cajas producen tirones importantes en el modo más sport). En los carros de calle se encuentran en las transmisiones automáticas que cuentan con la opción manual. Con ellas se puede elegir el cambio sólo con oprimir una palanca o una leva detrás del volante (ver figura 1.2) y, como su nombre lo indica, suben o bajan las marchas de manera secuencial, por ejemplo de segunda a tercera, de tercera a cuarta o viceversa. No necesitan de embrague para realizar los cambios.”²



Fig. 1.2 Mando secuencial

1.1.4.- VENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN SECUENCIAL

Los beneficios de este tipo de cambio saltan a la vista al comparar los datos técnicos del Ford Fiesta 1.6 y 100 Cv. con y sin cambio automático secuencial de 5 velocidades: el secuencial es 1 km/h. más rápido y gasta 0,1 lt. menos que el manual cada 100 km.

² <http://www.mecanicavirtual.com>

Con cambio automático tradicional de cuatro velocidades, la velocidad máxima es de 4 km/h. más lento, tarda casi un segundo más en pasar de 0 a 100 y consume 1 litro más de gasolina cada 100 km.

A parte de esto existen ventajas de fabricación y potencia entregada:

- El cambio secuencial es más rápido. Por ejemplo, para ir a partir 2do a 3er engranaje en el patrón en "H", se tiene que empujar la palanca para arriba, encima y subir otra vez. Ese tiempo de las tomas. En una caja de engranajes secuencial, se empuja simplemente la palanca hacia arriba para cada cambio del engranaje.
- La localización de la mano es constante. Con una caja de engranajes secuencial, la palanca de la cambio está siempre en el mismo lugar para la cambio siguiente.
- El cambio secuencial no tiene ninguna sorpresa (por ejemplo, desplazando hacia abajo a 2do cuando usted significó ir a 4to), es posible una sobre revolución del motor, esto nunca puede suceder con una caja de engranajes secuencial.
- La palanca secuencial toma menos espacio en el interior del vehículo. Se necesita solamente el espacio para el movimiento de adelante/atrás de la palanca.
- El cambio secuencial es constante. Se empuja simplemente la palanca adelante/atrás es el mismo movimiento para cada cambio de velocidad.
- Pesa 4 Kg. menos que la misma caja en versión manual, el reducido tamaño y su bajo coste de fabricación

1.1.5.- TIPOS DE TRANSMISIONES SECUENCIALES

A continuación describiremos todos los tipos de cambios secuenciales que actualmente están en el mercado: manual con embrague automático, automático, automático secuencial, automático secuencial de doble embrague, robotizado o manual secuencial y de variador continuo (este último ya retirado).

1.1.5.1.- El Cambio Automático Speedgear

El Speedgear es un innovador cambio automático continuo de control electrónico. En este tipo de dispositivo un sistema de poleas con correa metálica permite obtener una relación de transmisión continuamente variable, garantizando una apertura del cambio (la relación entre la marcha más larga y la más corta) mucho más amplia que la de los "automáticos" tradicionales.

Por lo tanto, el conductor puede elegir siempre entre tres modos de conducción: dos en automático y uno manual (secuencial).

En este último caso se puede cambiar sin levantar el pie del acelerador, y las marchas disponibles son seis para el Punto ELX y siete para el Punto Sporting. Por otra parte, este último es el único auto del segmento que dispone de un cambio secuencial con séptima de potencia.

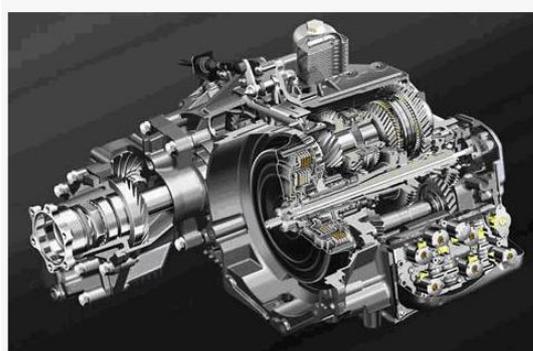


Fig. 1.3 Caja de Transmisión Speedgear

Además, el nuevo cambio Speedgear se completa siempre con un convertidor de par que sustituye al embrague electromagnético y que aporta considerables beneficios (ver figura 1.3). De hecho, permite reducir los consumos, aumentar el freno motor (gracias al bloqueo del convertidor controlado por la lógica del cambio), disfrutar de mayor progresividad en el arranque.

Finalmente, el control electrónico del dispositivo garantiza fluidez de funcionamiento y una gestión de los transitorios (las fases en que se acelera y se levanta el pie del acelerador) sin tirones, gracias a la posibilidad de filtrar la señal de accionamiento del acelerador.

1.1.5.2.- "Easytronic": Automático y Manual

"Easytronic" combina la facilidad de conducción de un cambio automático con la eficiencia y el carácter deportivo de un cambio manual. Es el primer sistema de este tipo que utiliza tres motores eléctricos para asegurar un cambio entre marchas rápido. Uno opera el embrague, los otros dos seleccionan la marcha y el cambio y un módulo electrónico, que acciona esos dispositivos en forma mucho más rápida que empleando cualquier sistema hidráulico. Como promedio, un cambio entre marchas dura 300 milisegundos; el mejor valor es de 240 milisegundos.



Fig. 1.4 Palanca de cambios Easytronic

La caja y el embrague (de disco seco) son convencionales, como en cualquier auto manual. Pero no hay pedal de embrague. Del esfuerzo que haría nuestro pie se encargan tres pequeños motores eléctricos, denominados "embrague robotizado". La ventaja y diferencia del Easytronic (figura 1.4) es que mediante la electrónica ofrece función automática, en la que los cambios se pasan solos. De esta manera, el juego de cambios de engranajes de la caja también está robotizado.

Para un rápido intercambio de datos, las unidades de control de la transmisión y del motor están enlazadas por un bus de datos CAN, lo que ofrece a los ingenieros que lo desarrollaron un amplio campo para poner a punto el sistema. "Easytronic", por ejemplo, reduce ligeramente el par motor - al igual que lo hace una transmisión automática tipo convertidor - durante el cambio en sí, lo que produce un cambio de marcha más suave y más cómoda. La rápida respuesta al "kick-down" (presión en el acelerador) representa una mayor seguridad: Por primera vez en este tipo de diseño, con "Easytronic" pueden saltarse varias marchas a la vez; pasar directamente de la económica quinta a la segunda marcha para adelantar a otro vehículo.

1.1.5.3.- La caja de cambios SMG:

Con esta caja, se cambia de marchas pulsando con los dedos las levas del volante o presionando la palanca de cambios ligeramente hacia delante o atrás. El embrague funciona automáticamente, por lo que no existe pedal de embrague.

Siendo un sistema shift-by-wire, es decir, sin conexión mecánica entre la palanca de cambios y la caja, es capaz de cambiar de marchas en apenas 150 milésimas de segundo. Las marchas se cambian secuencialmente, es decir, una después de otra.

Si el conductor quiere acelerar a tope, puede seguir pisando el acelerador mientras que la caja secuencial cambia de marchas. La moderna electrónica del motor se ocupa de interrumpir la tracción del motor durante unas milésimas de

segundo mientras que la unidad de control activa el sistema electrohidráulico para cambiar de marchas y para abrir y cerrar el embrague.

Once sensores del sistema SMG ejecutan las numerosas funciones especiales de la caja. Uno de ellos es un sensor de aceleración longitudinal mediante el cual es posible disponer de funciones tales como “ayuda en cuesta” o “detección de montaña”.

Estructuralmente la caja es igual: pares de engranajes movidos por un sistema hidráulico, y embrague monodisco de mando automático. Para cambiar, además de la palanca, tiene unos mandos detrás del volante, uno que aumenta marchas y otro que reduce.”³

1.1.5.4.- Cambio F-1 (FERRARI)

El recientemente aparecido modelo 575M Maranello, ofrece la última evolución de la caja de cambios F-1 (Figura 1.5). Se trata de una transmisión de seis velocidades con la posibilidad de un doble manejo:



Fig. 1.5 Caja Secuencial Ferrari

³ [http:// www.micoche.com](http://www.micoche.com)

Secuencial. Los cambios se pueden realizar bien a través del mando o por medio de unas levas en el volante. Existe un modo sport para conducción deportiva.

La versión automática incluye un modo de arrancada bautizado como launch control, en el que es preciso desconectar el control de tracción (ASR), mantener el pedal de freno pisado con el pie izquierdo y activar el modo sport de la suspensión-gestión del cambio. En estas condiciones el embrague sólo se libera al saltar el freno, al régimen de motor que se fije con el acelerador.

1.1.5.5.- Cajas de variación continua CVT (Continuos Variable Transmisión)

En teoría, las cajas de cambio de variación continua son el diseño perfecto, ya que varían la relación de velocidades continuamente, por lo que podemos decir que es una transmisión automática con un número infinito de relaciones. Como resultado, en cada caso se puede elegir la relación de transmisión más adecuada para obtener un rendimiento óptimo, tanto en aceleración como en consumo.

Nos podemos mover por la curva de potencia máxima, algo imposible con las cajas automáticas o manuales, en las que se producía un escalonamiento entre las diferentes velocidades.

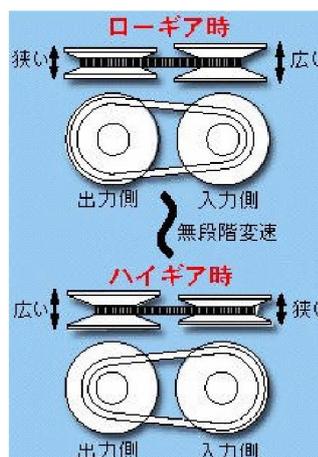


Fig. 1.6 Mecanismo por variación de la banda

El secreto está en una correa que transmite el movimiento entre dos poleas. La polea conductora es la que proviene de la salida del motor y la conducida es la que va al eje de transmisión. Las poleas no son fijas, si no que están constituidas por dos platos móviles que se ensanchan o se encogen tal y como se ven en la figura. Cuando abrimos el plato del eje del motor, la polea se mete entre los platos, por lo que la polea secundaria se cierra. El resultado es una relación de transmisión baja. Por el contrario, cuando se cierran los platos primarios, el radio de la órbita en la correa primaria es mayor, por lo que la relación de transmisión aumenta.

Por lo tanto, controlando la apertura de los platos de las poleas podemos obtener diferentes relaciones de velocidades. Además se trata de una relación continua, ya que podemos realizar desplazamientos de los platos tan pequeños como queramos. Cabe destacar que cuando el radio de una polea varía, también varía la otra, ya que la longitud de la polea es fija. Esto produce que el efecto de cambio de relación de velocidades se multiplique.

Sin embargo, este tipo de cajas de velocidades presente dos importantes inconvenientes en su implementación:

- a) La correa está sometida a unas tensiones muy elevadas.
- b) Es muy difícil conseguir un agarre perfecto entre poleas y correa.

Estos problemas se han solucionado con la introducción de cadenas en vez de poleas de goma. Las cadenas están constituidas por unas piezas transversales que se encargan de asegurar el agarre a las poleas y por otras piezas longitudinales, que consiguen aguantar la tensión a la que se ve sometida la cadena.

En los años 80 se utilizaba este sistema de cambios en autos de pequeña cilindrada, ya que la cadena solo resistía los esfuerzos producidos por motores de bajo par. En la actualidad se han conseguido cadenas que resisten los pares de motores de gran cilindrada.

1.1.5.6.- Nissan Extroid CVT

El sistema Extroid de las cajas de cambio de variación continua es toda una revolución dentro de este tipo de cajas. En vez de usar una correa o una cadena para variar la relación de cambio, se utiliza dos pares de rodillos. Se va a explicar su funcionamiento mediante la siguiente figura.

Como se puede observar, los rodillos unen el eje de entrada (que proviene del giro del motor) y el eje de salida (que va al eje de la transmisión). Variando el ángulo de los rodillos se pueden obtener diferentes relaciones de transmisión.

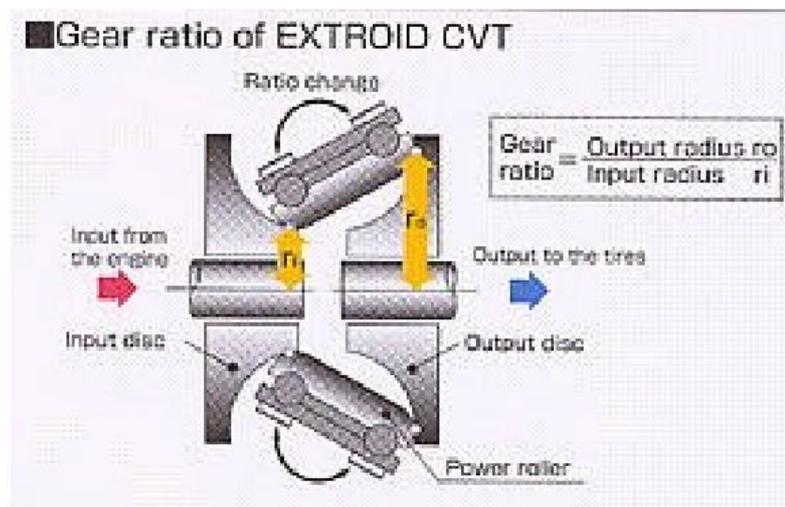


Fig. 1.7 Relación de transmisión Nissan Extroid

Por ejemplo, para unas relaciones bajas, el rodillo asienta en el disco de entrada cerca de su diámetro interior, el más pequeño, por lo que el rodillo asienta en el disco de salida en la periferia. Esto tiene como consecuencia que el disco de salida gire mucho más lentamente que el disco de entrada.

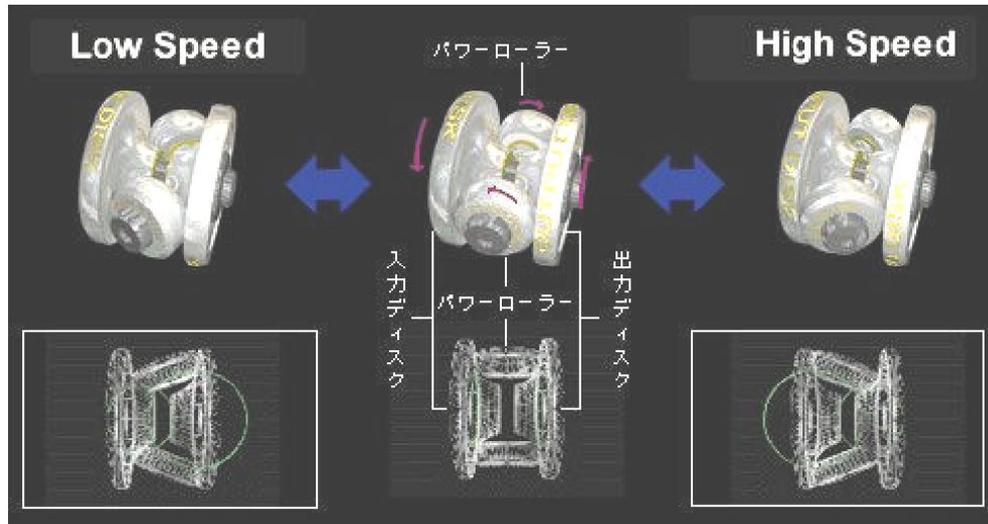


Fig. 1.8 Relación de velocidades

Si comparamos este sistema con los de correa o cadena, los rodillos pueden soportar un mayor par. Además como los ejes de entrada y salida son coaxiales, la caja de cambios es mucho más compacta, por lo que se puede montar longitudinalmente.

Un sistema electro-hidráulico se encarga del movimiento de los rodillos. Un aceite especialmente diseñado permite la transmisión de tracción entre los discos a la vez que reduce la fricción y el desgaste.

También existe la posibilidad de accionamiento secuencial con seis velocidades. El mayor problema de esta caja de cambios es su coste y la limitación en la relación de velocidades empleada.

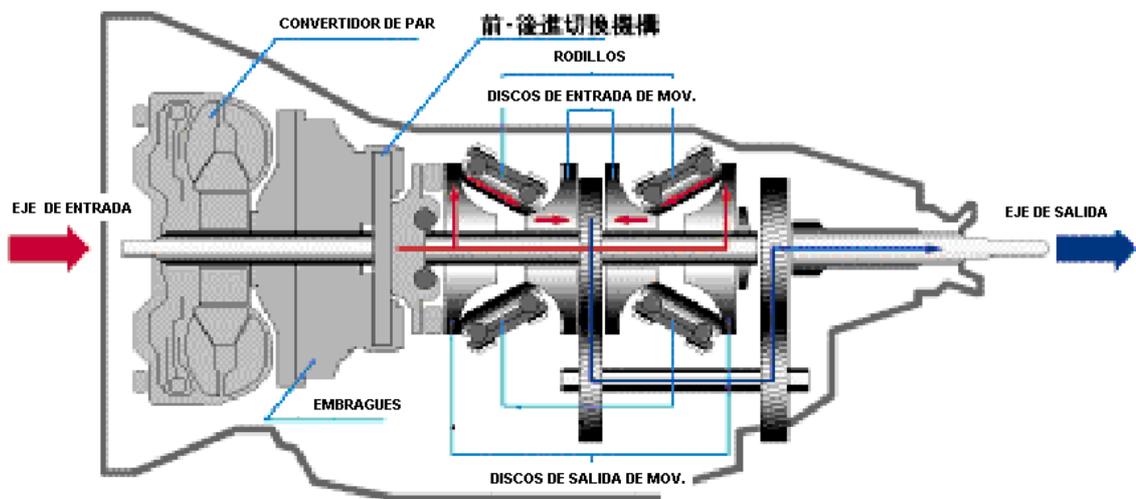


Fig. 1.9 Vista lateral caja de velocidades Nissan

1.1.6.- COMPONENTES PRINCIPALES Y SUS FUNCIONES BÁSICAS

El principio de funcionamiento de este tipo de transmisión se basa en el desplazamiento de engranajes.

Por medio de una varilla de mando, unida a un varillaje, se empujan o halan piñones que según su número de dientes y diámetro proporcionan una velocidad de salida del motor.

En las motocicletas se dispone de un mecanismo y accionamientos que permiten realizar el cambio de velocidad al empujar y a su vez jalar una palanca por medio del uso del pie.

A continuación se presenta un esquema demostrativo de las partes contenidas en este tipo de sistema.

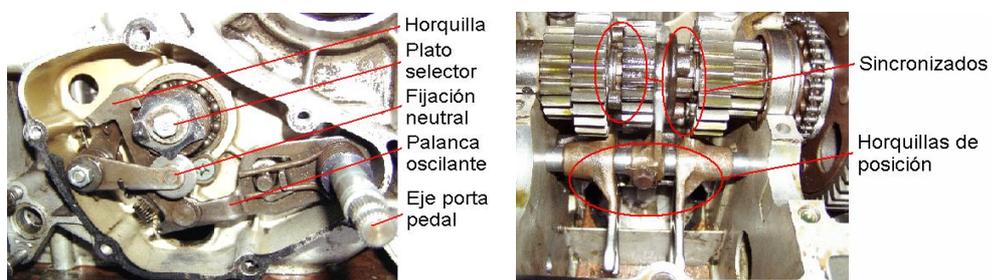


Fig. 1.10 Componentes de una transmisión

1.1.7.- CAJA DE CAMBIOS MANUAL

Los vehículos con motor delantero y tracción trasera utilizan transmisión y diferencial para conseguir las distintas relaciones de engranajes. Los vehículos con tracción delantera utilizan un transeje, que combina transmisión y diferencial en una sola unidad.

Los principios de operación de engranes, flechas, cojinetes y mecanismos de cambio en las transmisiones y transejes manuales son básicamente los mismos. La operación de la sección diferencial de un transeje es la misma que la de un diferencial de un eje de tracción trasero, salvo los engranes motores finales.

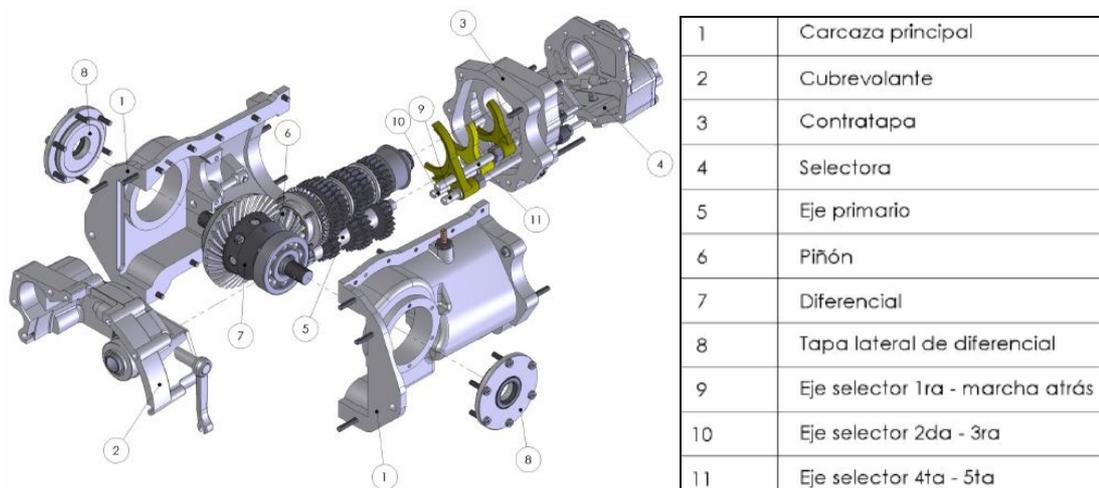


Fig. 1.11 Despiece de una transmisión manual

El motor del automóvil no tendría suficiente potencia para ponerlo en movimiento sin recurrir a las reducciones de engranes proporcionadas por la transmisión o transeje y el diferencial. Las reducciones de engranes permiten que el motor empiece a mover lentamente el automóvil y a continuación cambie a engranes mas altos, conforme la velocidad aumenta y se reducen las necesidades de potencia. Las funciones de la transmisión manual y del transeje son:

- 1 Proporcionar varias relaciones de engranes (combinaciones de potencia y velocidad) que permiten al conductor obtener la aceleración y la economía de combustible deseada
- 2 Proporcionar un engrane de reversa para mover el automóvil hacia atrás.
- 3 Proporcionar los medios para que el conductor pueda seleccionar el engranaje (hacia adelante o hacia atrás) y la relación de engranes deseada para todas las condiciones de operación.
- 4 En adición a las funciones de transmisión el transeje proporciona acción de diferencial, así como una reducción final de engranes que no se encuentra en transmisiones manuales.

1.1.7.1.- Unidad de engranajes

“Los engranes son ruedas redondas de metal, con dientes alrededor de su circunferencia.

Se utilizan para impulsar otros engranes o flechas. Los engranes se clasifican como de entrada (impulsores), de salida (impulsados) o Locos; pueden tener dientes rectos (engranes cilíndricos) o dientes inclinados (engranes helicoidales).

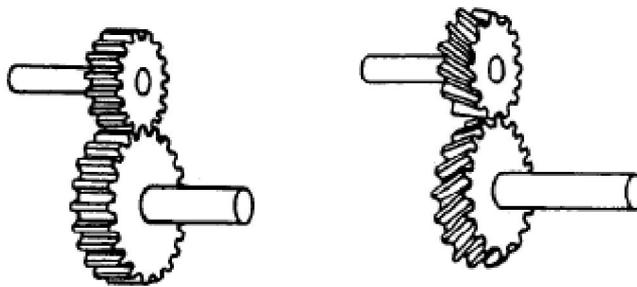


Fig. 1.12 Unidad de engranajes de entrada y salida

Los engranes reducen la velocidad de salida (reducción de engranes), aumentan la velocidad de salida (sobremarcha), o dan transmisión directa (igual velocidad

de entrada y de salida). Al reducir la velocidad de salida se consigue un aumento en el par motor, al aumentarla reduce el par motor. La relación entre los engranes de entrada y de salida determinan la velocidad de salida y el par motor de salida.

1.1.7.2.- Engranés helicoidales

Un engrane helicoidal tiene dientes cortados en ángulo en relación con el eje de rotación del engrane. Las ventajas de los engranes helicoidales incluyen el hecho de que en todo momento más de un solo diente está haciendo impulsión, lo que no es el caso tratándose de engranes rectos de tipo cilindro, Los engranes helicoidales también operan más silenciosamente, ya que tienen una acción de limpiado conforme se acoplan y desacoplan con los dientes de otro engrane. Una desventaja es que los dientes helicoidales de un engrane hacen que éste se mueva axialmente hacia adelante o hacia atrás sobre la flecha (dependiendo de la dirección del ángulo de los dientes del engrane). Este empuje axial debe ser absorbido por arandelas de empuje y por otros engranes de transmisión, flechas o por la caja de la transmisión.

1.1.7.3.- Relaciones de transmisión

La relación de engranaje es la diferencia proporcional en velocidad y par motor entre un engrane motor o impulsor un engrane impulsado. Cuando un engrane impulsor hace girar un engrane impulsado a la mitad de la velocidad del engrane impulsor, la relación de engranaje es de 2:1. Por ejemplo, si el engrane impulsor tiene 12 dientes y el engrane impulsado 24, la relación es 2:1. El engrane impulsor deberá efectuar dos giros para hacer que el engrane impulsado efectúe un giro. La relación se calcula así:

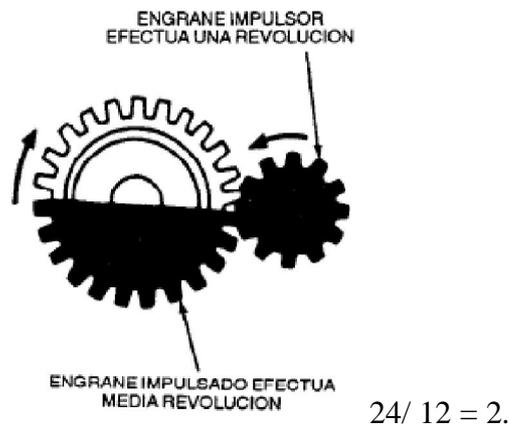


Fig. 1.13 Relación de transmisión

Para calcular cualquier relación de engranaje, siempre utilice la fórmula de “impulsado entre impulsor”, es decir, el (número de dientes del engrane impulsado dividido entre el número de dientes del engrane impulsor.)

Cuando fluye la potencia a través de una serie de engranes, la relación puede calcularse de manera similar. Por ejemplo, si un engrane impulsor de 20 dientes impulsa un engrane de grupo de 24 dientes, y el engrane de grupo de segunda velocidad tiene 16 dientes, que a su vez impulsan un engrane impulsado de segunda velocidad de 20 dientes, el resultado será una relación de 1.5:1. Esto se calcula como sigue:

$$\frac{\text{impulsado}}{\text{impulsor}} \times \frac{\text{impulsado}}{\text{impulsor}} \text{ o } \frac{24}{20} \times \frac{20}{16} = 1.5:1 \quad [1.1]$$

Lo que es una relación de engranaje aceptable para segunda velocidad.”⁴

1.1.7.4.- Acoplamiento constante

El término acoplamiento constante se refiere a aquellos engranes que se mantienen en acoplamiento entre sí y que no se acoplan o desacoplan en razón de acciones de la

⁴ Toyota Motor Corporation, Embrague transeje y transmisión, 1990

transmisión o del conductor al cambiar velocidades. Para acoplar o desacoplar engranes de acoplamiento constante se utilizan sincronizadores.

1.1.7.5.- Sincronizadores

Los sincronizadores se utilizan en transmisiones y en transejes para:

1. Llevar los miembros impulsores e impulsados a una misma velocidad de rotación, e impedir que los engranes se rocen al cambiarse.
2. Fijar el engrane impulsado a la flecha de salida o flecha principal cuando se cambie a dicha velocidad.

El tipo más común de sincronizador está formado por una maza, manguito, insertos, resorte de los insertos, y anillos de bloqueo. La maza de sincronizador está ranurada con la flecha principal y retenida con una chaveta circular. El manguito está ranurado a su vez sobre la maza o cubo, pero puede deslizarse sobre ella, la horquilla de cambios se ajusta en una ranura sobre el manguito y controla su posición. Cuando se selecciona una velocidad en particular, el manguito se desliza sobre la maza ranurada hacia el engrane impulsado requerido. El movimiento del manguito empuja los insertos contra el anillo de bloqueo de latón, poniéndolo en contacto con un cono existente en el engrane impulsado. La fricción entre ambas partes los pone a la misma velocidad de giro.

Llegando a este punto el manguito es capaz de pasar a un acoplamiento completo con los dientes del sincronizador del engrane impulsado. Esto impide que durante el cambio se golpeen los dientes del engrane. Debido a que se requiere la igualación de la velocidad de las partes en rotación para su acoplamiento, se requiere de tiempo suficiente durante el cambio para que ello ocurra. El cambio forzado puede dañar los sincronizadores y los engranes.

1.1.7.6.- Sistemas de mando de las cajas de velocidades

“El cambio de engranes se lleva a cabo mediante horquillas, que están colocadas en ranuras en los manguitos de sincronización. Las horquillas están conectadas a los rieles de cambio deslizantes o a levas operadas por flecha. Las flechas o las levas están operadas por acoplamientos de cable o de tipo de vajilla, conectadas por la palanca de cambio de velocidades; la palanca de cambio de velocidades puede, en algunas ocasiones, actuar en forma directa los rieles de cambio, sin ningún otro acoplamiento.

En este último caso, la palanca de cambio está montada directamente por encima de la caja de la transmisión, como se indica en la figura 1.14.

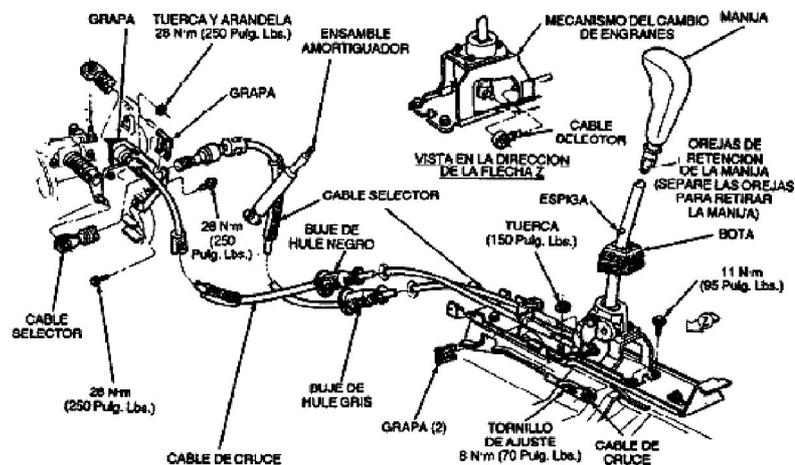


Fig. 1.14 Esquema Sistema de Mando de una Transmisión

La palanca de cambio de velocidades está montada de tal forma que es posible seleccionar el riel o leva de cambio deseado; a continuación el cambio se termina al mover la palanca hacia adelante o al jalarla para atrás. Los rieles o las flechas de cambio están equipadas con balas con carga de resorte, que se ajustan en ranuras sobre el riel de cambio una para cada una de las posiciones de engranes, incluyendo la neutral. Este dispositivo conocido como retén, ayuda a mantener el sincronizador o el engrane en la posición seleccionada.

También está incluido un dispositivo de enclavamiento, que imposibilita cambiar la transmisión a dos velocidades a la vez. El enclavamiento del sistema de rieles de cambio consiste por lo general en una placa o una espiga colocada en la caja entre los dos rieles o placas de cambio. La espiga o placa puede deslizarse hacia cualquiera de los rieles. La disposición de las ranuras en los rieles es de tal forma que la espiga se aprieta en una ranura en el riel estacionario o en la placa de selección, conforme se desplaza el otro riel. Esto imposibilita cambiar más de un riel de cambio a la vez.

En el dispositivo de leva y flecha una espiga de enclavamiento similar se incluye entre dos levas. También, para mantener la leva de cambios en la posición deseada, se utiliza un retén cargado con resorte.”⁵

1.1.8.- EMBRAGUE DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN

El embrague se sitúa entre el volante motor y la caja de cambios (ver figura 1.15) y es accionado por un pedal que maneja el conductor con su pie izquierdo (menos en los automáticos que el pedal se suprime). Con el pedal suelto el giro del motor se transmite directamente a las ruedas, es decir, el motor está embragado. Y cuando el conductor pisa el pedal de embrague el giro del motor no se transmite a las ruedas, y se dice que el motor está desembragado.

El embrague debe tener la suficiente resistencia como para lograr transmitir todo el par motor a las ruedas y lo suficientemente rápido y seguro como para realizar el cambio de velocidad en la caja de cambios sin que la marcha del vehículo sufra un retraso apreciable. También debe ser progresivo y elástico para evitar que se produzcan tirones ni brusquedades al poner en movimiento al vehículo, partiendo desde la situación de parado, ni tampoco cuando se varíe la velocidad del motor en las aceleraciones y retenciones.

Existen diversos tipos de embrague, aunque todos ellos pueden agruparse en tres grandes grupos. Los de fricción basan su funcionamiento en la adherencia de dos

⁵ **Toyota Motor Corporation, Embrague transeje y transmisión, 1990**

piezas, cuyo efecto produce una unión entre ellas y equivalen a una sola. También están los hidráulicos, cuyo elemento de unión es el aceite. Y por último los embragues electromagnéticos, que son los que menos se utilizan, que basan su funcionamiento en la acción de los campos magnéticos.

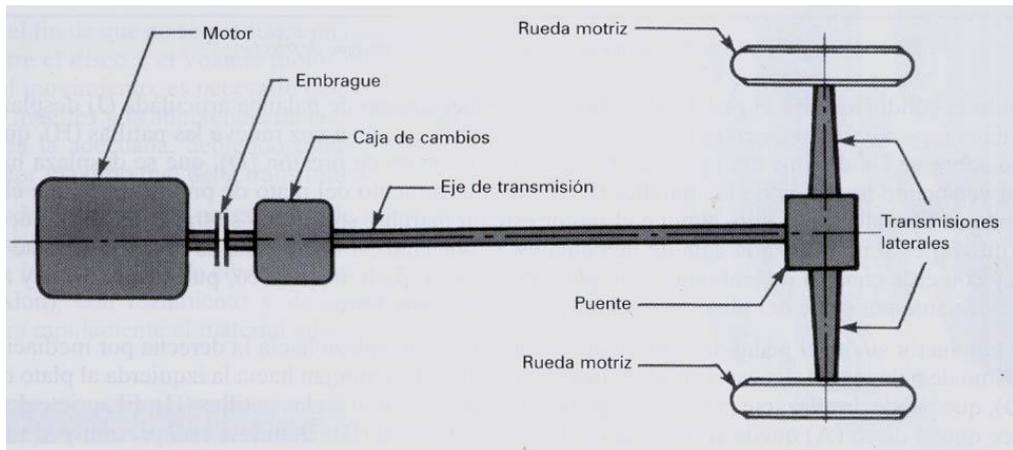


Fig. 1.15 Ubicación del Embrague

1.1.8.1.- El embrague de fricción

“El embrague de fricción está formado por una parte motriz (volante motor), que transmite el giro a la parte conducida, usando el efecto de adherencia de ambos componentes, a los cuales se les aplica una fuerte presión que los acopla fuertemente.

El eje primario de la caja de velocidades se apoya en el volante de inercia del motor por medio de un casquillo de bronce. Sobre este eje se monta el disco de embrague que es aplicado fuertemente contra el volante motor por el plato de presión, también conocido como maza de embrague. La maza de embrague es empujada por los muelles que van repartidos por toda su superficie. Al pisar el conductor el pedal de embrague, un mecanismo de palanca articulada desplaza el cojinete de embrague que mueve unas patillas que, basculando sobre su eje, tiran de la maza de embrague que libera al disco impidiendo que el motor le transmita movimiento, haciendo que tampoco llegue a la caja de velocidades aunque el motor esté en funcionamiento.

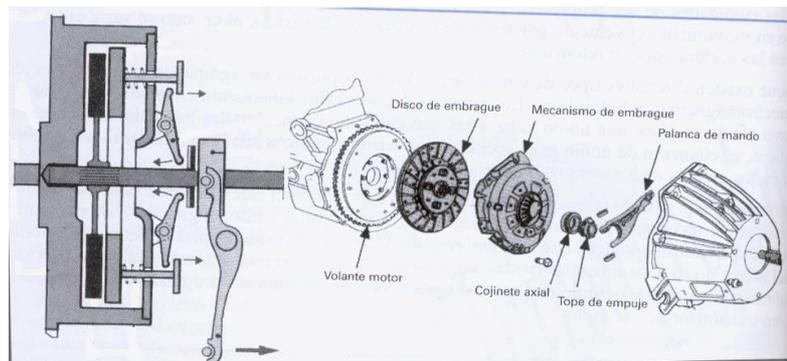


Fig. 1.16 Despiece de los componentes del Sistema de Embrague

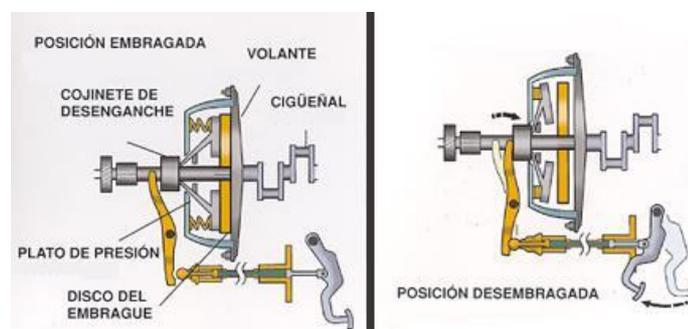


Fig. 1.17 Accionamiento de Embrague

El dimensionado del disco de embrague es un factor primordial que va en función del par a transmitir y del esfuerzo resistente, es decir, del peso del vehículo en cuestión. En este dimensionado se mencionan los valores del diámetro exterior y del espesor del conjunto de guarniciones.

Además, los discos de ferodo se unen al plato, que se enlaza con el cubo por medio de los muelles que están repartidos por toda la circunferencia de unión. De esta forma, la transmisión del giro desde el ferodo al núcleo se realiza de forma elástica, mediante los muelles.

Sin embargo, a pesar de este dispositivo de elasticidad del disco, se debe embragar progresivamente y con lentitud, para que exista resbamiento al principio con el fin de que el movimiento del motor se transmita progresivamente a las ruedas. Ya que si se pretende acoplar bruscamente dicho movimiento se

produciría el calado del motor, debido a que es mucha la potencia que debe de desarrollar para vencer la inercia y poner en marcha el vehículo.

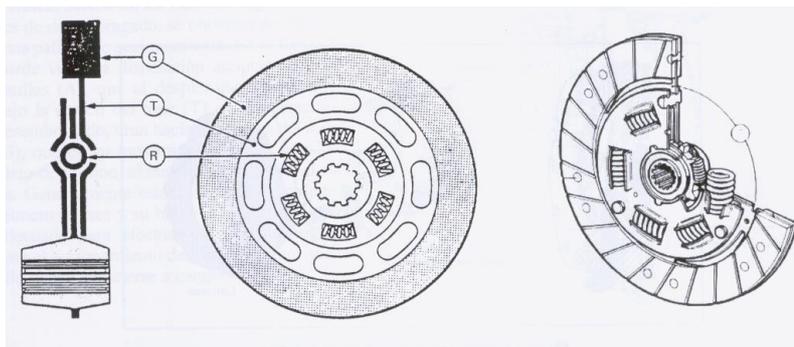


Fig. 1.17 Disco de embrague

El disco de embrague debe girar cada vez más rápido hasta alcanzar la velocidad de giro del motor.”⁶

1.1.8.2.- Mecanismo de embrague

El acoplamiento del disco de embrague contra el volante de inercia del motor se realiza por medio de un conjunto de piezas que recibe el nombre de mecanismo de embrague.

De este conjunto forma parte el plato de presión, también llamado maza de embrague, que es un disco de acero en forma de corona circular, que se acopla al disco de embrague por la cara opuesta al volante motor. Por su cara externa se une a la carcasa con interposición de muelles helicoidales que ejercen la presión sobre el plato para aplicarlo fuertemente contra el disco.

Los muelles realizan el esfuerzo necesario para aprisionar al disco de embrague entre el volante motor y la maza de embrague. Normalmente se disponen de seis

⁶ <http://www.bmwfaqclub.com>

muelles helicoidales dispuestos de manera circular consiguiendo así una presión uniforme sobre toda la superficie de la maza de embrague.

1.1.8.3.- El embrague de diafragma

El diafragma lo constituye un disco delgado de acero con forma de cono, provisto de unos cortes radiales, en el cual puede apreciarse una corona circular exterior y varios dedos elásticos, que hacen la función de las patillas en los embragues de muelles, transmitiendo la presión aplicada a sus extremos de la corona, que actúa sobre el plato de presión sustituyendo a los muelles de los embragues convencionales.

El plato de presión va unido a la carcasa de embrague mediante unas láminas elásticas que lo mantienen en posición y al mismo tiempo permiten el desplazamiento axial necesario para las acciones de embragado y desembragado. A la carcasa también se le une el diafragma por medio de remaches y aros de acero, emplazados ambos en la zona media del anillo circular que conforma el diafragma.

En otros modelos, la fijación del diafragma a la carcasa se realiza por medio de un engatillado, en el cual el diafragma se fija a la carcasa por medio de un engatillado que hace de punto de apoyo para los movimientos que realiza el diafragma durante las acciones de embragado y desembragado.

Las principales mejoras del embrague de diafragma frente al embrague convencional de muelles son:

- Resulta más sencilla su construcción.
- La fuerza ejercida sobre el plato de presión está repartida de manera más uniforme.
- Resulta más fácil de equilibrar.
- Se requiere un menor esfuerzo en la acción de desembragado.

1.1.8.4.- Accionamiento del embrague

Para realizar las maniobras de embrague, se dispone de un sistema de mando cuyo accionamiento puede ser puramente mecánico o bien neumático.

Los sistemas de accionamiento mecánico consisten en un cable de acero que va unido desde el pedal de embrague por un extremo, hasta la horquilla de mando del embrague en el otro extremo. Con este sistema se consigue que al pisar el pedal de embrague se tire de la horquilla, desplazando el tope de embrague produciéndose así el desembragado.

En posición de reposo, es decir, con el pedal suelto, el tope de pedal y el muelle del que va provisto determinan la altura de dicho pedal. En estas condiciones, la horquilla se mantiene retirada, junto con el tope, a una cierta distancia que se conoce como guarda de embrague y puede ser regulada con un tornillo.

En el sistema clásico de mando del embrague mediante cable, pueden establecerse dos tipos: los de apoyo constante del cojinete de empuje y los de guarda en el cojinete de empuje, como el sistema mencionado anteriormente, en los cuales el cojinete de empuje se mantiene retirado del diafragma en la posición de reposo. Esto sucede gracias a un muelle antagonista acoplado a la horquilla de desembrague.

En el sistema de mando con apoyo constante del cojinete de empuje, se suprime la guarda de desembrague, con lo cual el recorrido en vacío del pedal se elimina.

Un sistema muy usado actualmente es el de mando del embrague con recuperación automática del juego de acoplamiento. Este sistema va provisto de un trinquete que se mantiene enclavado en un sector por la acción de un muelle, de manera que cuando se pisa el pedal, el trinquete obliga al sector a seguir su movimiento tirando del cable. El cable va unido por su extremo opuesto a la horquilla de desembrague, que hace bascular aplicando el tope de embrague contra el diafragma para ejecutar la maniobra de desembrague. Al soltar el pedal, la acción del muelle sobre el sector dentado, tiende a mantener el cable tensado

por resbalamiento del trinquete en los dientes de sierra del sector. Con este sistema se consigue que el juego de acoplamiento entre el cojinete de empuje y el diafragma quede absorbido de forma automática de manera que se va produciendo el desgaste del disco de embrague.

Las longitudes de la horquilla de desembrague y del pedal, con respecto a sus correspondientes ejes de giro, están determinadas de forma que el accionamiento del embrague resulte cómodo y el conductor no tenga un esfuerzo excesivo para ejecutar las maniobras.

1.1.8.5.- Embrague de accionamiento hidráulico

“Para facilitar las maniobras de embragado y desembragado, en algunos vehículos se adopta un sistema de mando hidráulico. En este sistema el pedal de embrague actúa sobre el émbolo de un cilindro emisor, para desplazarlo en su interior impulsando fuera de él el líquido que contiene, enviándolo al cilindro receptor, en el que la presión ejercida producirá el desplazamiento de su pistón que, a su vez, provoca el desplazamiento del tope de embrague mediante un sistema de palancas. Si disponemos de los cilindros emisor y receptor de las medidas adecuadas, podemos lograr la multiplicación más adecuada del esfuerzo ejercido por el conductor sobre el pedal.”⁷

⁷ <http://www.geocities.com>

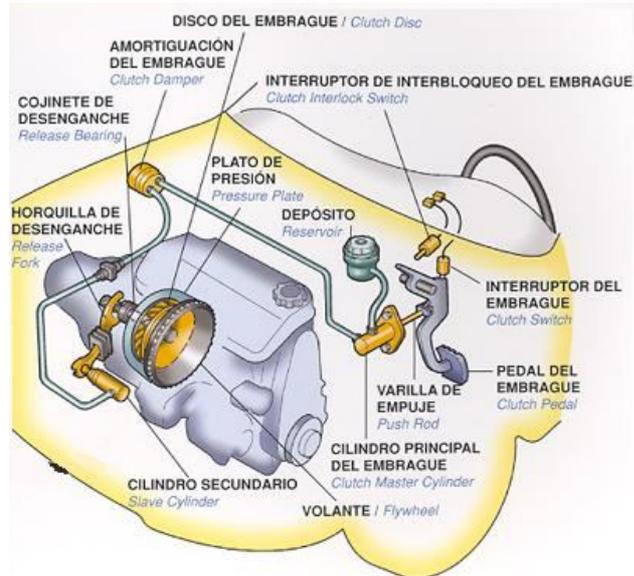


Fig. 1.18 Embrague de accionamiento hidráulico

1.1.8.6.- Embrague mecánico pilotado automáticamente

Este sistema ha evolucionado en algunos tipos de embragues accionados de diferente manera, pero que comparten la clasificación de automatizados.

1.1.8.6.1.- El Embrague Automático Servo Comandado

Muchos modelos de vehículos montan actualmente un embrague de tipo automático pilotado, donde las acciones de embragado y desembragado se efectúan automáticamente, sin que el conductor tenga que utilizar el pedal, con lo cual éste se queda suprimido.

Éste tipo de embrague automático está formado por un embrague centrífugo, que se une al volante de inercia del motor, al que se le acopla mediante un mecanismo de rueda libre un sistema de embrague convencional. La rueda libre no permite girar al disco del embrague centrífugo a mayor velocidad que el motor, pues en cuanto esto ocurre la rueda libre se bloquea haciendo a los dos embragues solidarios.

El embrague centrífugo actúa en función de las revoluciones del motor, que realiza las acciones de embragado y desembragado a partir de un cierto valor de giro. El embrague convencional es gobernado por un mecanismo servo neumático activado por una electroválvula, que es mandada por la palanca del cambio de velocidad y por el pedal del acelerador.

La marcha del vehículo partiendo de la situación de parado comienza alrededor de las 1.000 revoluciones del motor, mientras que a partir de las 1.500 vueltas del motor ya puede ser transmitido todo el par motor, concluyendo por ello todo deslizamiento y permaneciendo conectado el embrague centrífugo durante todo el tiempo de marcha.

Con el vehículo en marcha, al accionar la palanca del cambio de velocidad se activa una electroválvula capaz de poner en comunicación el servo con la depresión creada por el motor. Con ello se consigue el accionamiento de la palanca de desembrague produciéndose el desembragado del motor. En cuanto se lleva la palanca del cambio a la posición de una nueva velocidad se desactiva la electroválvula interrumpiendo la comunicación entre el servo y la depresión producida por el motor, con lo cual se logra el embragado. Esta maniobra se realiza de forma progresiva en función de la posición del pedal del acelerador, que influye en la depresión transmitida al servo, lo que permite una conexión suave y gradual en el paso a marchas inferiores y una conexión rápida sin excesivos deslizamientos en las maniobras de cambio de marchas en las aceleraciones.

1.1.8.6.2.- *Embrague Automatizado*

Los embragues automáticos efectúan las maniobras de embragado y desembragado de forma autónoma sin necesidad de que el conductor deba accionar el pedal de embrague, que se suprime en este tipo de embragues. El cambio de velocidad en la caja de cambios puede lograrse manejando únicamente la palanca del cambio gracias a este tipo de embragues

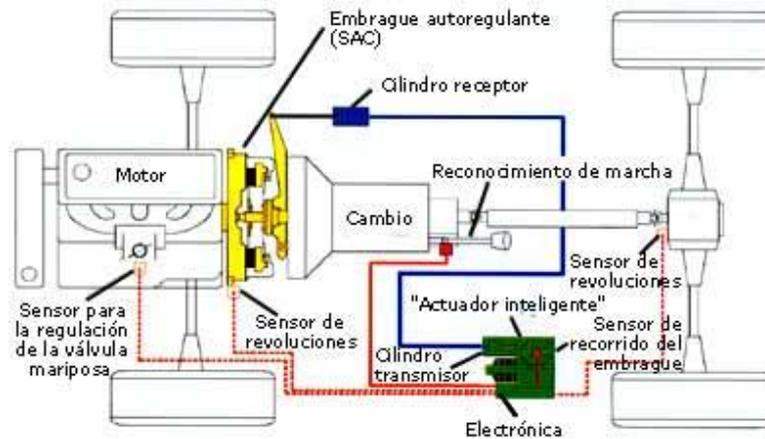


Fig. 1.19 Sistema de Embrague Electrónico

1.1.8.6.3.- Mecanismos de Embrague Pilotados Electrónicamente

En diferencia al embrague automático servo comandado el embrague pilotado electrónicamente es gobernado por un sistema electrónico de gestión que controla un circuito hidráulico de mando de la palanca de desembrague. Dicho módulo de gestión electrónica recibe información sobre la posición de la palanca de cambios y del pedal del acelerador, así como la velocidad del vehículo y el régimen del motor.

Con el vehículo parado y el contacto desconectado el embrague siempre se encuentra en posición de embragado, independientemente si está en punto muerto o no. Si se encuentra una velocidad medida no es posible arrancar el vehículo. Para sacar la velocidad el sistema está provisto de un captador de esfuerzo situado sobre la palanca del cambio que envía una señal al calculador electrónico que acciona el embrague.

Permitiendo así sacar la velocidad y poder ser arrancado el motor.

Al poner en marcha el vehículo y accionar la palanca del cambio de velocidades, un captador de esfuerzo manda una señal al módulo electrónico, que activa el embrague permitiendo la selección de esta marcha. El arranque del vehículo se produce de manera progresiva con la posición del acelerador.

Con el vehículo circulando a gran velocidad el desembrague se produce cuando el módulo recibe señales del captador de esfuerzo de la palanca del cambio y el captador de la posición del acelerador indica que se ha levantado el pie del acelerador. Al colocar la palanca del cambio en la velocidad deseada el captador de la posición de la palanca del cambio envía una señal al módulo que autoriza el embragado al acelerar.

1.1.9.- TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA

“Cuando un conductor esta conduciendo un vehiculo con una transmisión manual la palanca de cambios es usada en un cambio ascendente cuando el pedal del acelerador es pisado a fin de aumentar la velocidad del vehículo.

Cuando se esta conduciendo cuesta abajo o cuando el motor no tiene la suficiente potencia para subir una cuesta en un engranaje corriente la transmisión es cambiada a una relación de cambio mas bajo. Por esas razones, es necesario que al conducir este pendiente de la carga del motor y la velocidad del vehículo y debe realizar los cambios de acuerdo a estas condiciones.

Con una transmisión automática este tipo de juicios por el conductor es innecesario, así como también la realización de los cambios ya que efectúa los cambios ascendentes o descendentes de acuerdo al engranaje mas apropiado, realizándolos automáticamente en el tiempo mas adecuado para la carga del motor y la velocidad del vehículo.

Las transmisiones y transejes automáticos utilizan un convertidor de par, engranes planetarios, embragues y bandas, y un sistema hidráulico, para transmitir la potencia del motor a las ruedas motrices. Una palanca de cambios, operada manualmente, permite al conductor seleccionar el rango de conducción deseado, los cambios hacia arriba y hacia abajo ocurren en forma automática. El cambio automático puede estar controlado por computadora o hidráulicamente. El transeje automático contiene una unidad de engranes propulsores finales y un diferencial que no está integrado en las transmisiones automáticas, los transejes automáticos se utilizan en automóviles de tracción delantera.

1.1.9.1.- Funciones y Componentes de la Transmisión Automática

Las funciones de una transmisión o de un transeje automático son:

1. Proporcionar varias relaciones de engranaje (combinaciones de potencia y velocidad) para permitir al conductor obtener la aceleración y economía de combustible que desea.
2. Proporcionar una velocidad de reversa, para mover el automóvil en esa dirección.
3. Proporcionar los medios necesarios para que el conductor seleccione el rango de engranajes deseado para todas las condiciones de operación.
4. Proporcionar cambios de velocidad hacia arriba y hacia abajo según lo requieran las condiciones de operación.
5. El transeje también permite una reducción de engranes final y una acción diferencial, que no se encuentra en las transmisiones automáticas.

Las transmisiones automáticas se emplean en vehículos de tracción trasera o en Las cuatro ruedas, con el motor montado en forma longitudinal adelante. Se utilizan transejes automáticos en vehículos de tracción delantera y tracción en todas las ruedas, con el motor adelante y en algunos automóviles con el motor en forma transversal.

Los componentes principales de un transeje automático y de una transmisión automática son muy similares y operan sobre la base de los mismos principios. La diferencia principal estriba en que el transeje automático incorpora en el ensamble una reducción de engranes propulsores finales y una unidad diferencial. Los componentes siguientes son los más comunes:

1. Convertidor de par: acoplamiento de fluido hidráulico que transmite y multiplica el par a la transmisión o a la flecha de entrada del transeje. La cubierta del convertidor impulsa la bomba hidráulica.
2. Enlace de propulsión: cadena y catalina que transmiten la salida de potencia del convertidor de par a la flecha de entrada del transeje, en los transejes donde el convertidor y el tren de engranes no están en un mismo eje sino desplazados.
3. Flecha de entrada: transmite el par del convertidor al embrague y a los engranes planetarios. También se conoce como flecha de la turbina.
4. Bomba hidráulica: circula y presuriza el fluido de la transmisión automática para operar embragues, bandas y válvulas en el transeje o en la transmisión.
5. Pistones y cilindros del embrague actuadores hidráulicos que hacen funcionar los embragues.
6. Embragues (de tipo propulsor): operados hidráulicamente para conectar o desconectar componentes de engranes planetarios a la flecha de entrada.
7. Embragues (de tipo de mantenimiento): operados hidráulicamente para sujetar (impedir que gire) o para soltar componentes de los engranes planetarios para conectarlos o desconectarlos a la transmisión o a la caja del transeje.
8. Bandas: operadas por servos hidráulicos, pueden sujetar (impedir que giren) o soltar (permitir que giren) los componentes de los engranes planetarios.
9. Servo: cilindro y pistón hidráulicos que aplican (aprietan) y liberan las bandas.
10. Cuerpo de válvulas: contiene las válvulas de control hidráulico operadas por la palanca de cambios, la presión hidráulica y los solenoides controlados electrónicamente. Las válvulas controlan el flujo del fluido a los embragues y servos.
11. Engranes planetarios: transmiten el par a la flecha de salida. Proporcionan varias relaciones de engranes y la reversa.

12. Flecha de salida: transmite el par de los engranes planetarios a la flecha propulsora en la transmisión únicamente.
13. Flecha y engranes de transferencia: transmiten la potencia de la flecha de salida a los engranes propulsores finales en algunos transejes.
14. Piñón de salida: transmite el par de los engranes planetarios (o de la flecha de transmisión) al engrane corona de la transmisión final, únicamente en transejes. La transmisión final proporciona la reducción final de engranes.
15. Diferencial: proporcionan la acción diferencial para permitir que al virar las ruedas giren a distintas velocidades.
16. Fluido de la transmisión automática: transmite el par del impulsor del convertidor a la turbina del convertidor. Opera embragues, servos y válvulas. Proporciona lubricación y enfriamiento a los componentes del transeje y de la transmisión.
17. Carcaza: sujeta en su lugar flechas, engranes y la bomba. Contiene el fluido de la transmisión. La sección de campana de la carcaza rodea al convertidor de par y proporciona el medio para atornillar la transmisión o el transeje con el motor. La carcaza está fabricada de aluminio, y su parte inferior está cubierta por el cárter de aceite.

1.1.9.2.- Convertidor de torsión

El convertidor de Torsión transmite y multiplica el torque del motor usando como medio el fluido de la transmisión. El convertidor de torsión consta de una bomba de impulsión, que es impulsada por el cigüeñal, el rodete de lubricación que está conectada al eje de entrada de la transmisión, el estator que está fijado a la caja de la transmisión mediante el embrague unidireccional, el eje del estator y la caja del convertidor en el cual están contenidos todos estos componentes. El convertidor de torsión está lleno con fluido de transmisión automática el cual es suministrado por la bomba de aceite. Este fluido es lanzado fuera de la bomba de impulsión como un poderoso flujo que hace girar el rodete de la turbina.

1.1.9.3.- Impulsor de la Bomba

El impulsor de la bomba está integrado en la caja de convertidor, en su interior hay muchas paletas curvadas montadas radialmente, un anillo guía está instalado en el reborde interior de las paletas para proveer una trayectoria para la suave circulación del fluido. La caja del convertidor está conectada al cigüeñal mediante la placa impulsora.

1.1.9.4.- Rodete de la Turbina

En el rodete de la turbina se ha instalado muchas paletas de la misma manera que en el impulsor de la bomba.

La dirección de la curvatura es opuesta a la de las paletas del impulsor de la bomba. El rodete de la turbina está instalado en el eje de entrada de la transmisión de manera que sus paletas se oponen a las paletas del impulsor de la bomba con una holgura muy pequeña entre ellas.

1.1.9.5.- Estator

El estator está situado entre el impulsor de la bomba y el rodete de la turbina. Está montado en el eje del estator, el cual se ha fijado a la caja de la transmisión mediante el embrague unidireccional.

Las paletas del estator retienen el fluido como en las hojas del rodete de la turbina, volviéndolo a dirigir de forma que este golpea la parte posterior de las paletas del impulsor de la bomba, entregando al impulsor una fuerza adicional "Reforzamiento".

El embrague unidireccional permite que el estator gire en la misma dirección que el cigüeñal del motor. Sin embargo si el estator intenta rotar en dirección inversa el embrague unidireccional bloquea el estator para evitar su rotación. Por lo tanto

el estator es girado o bloqueado dependiendo de la dirección desde la cual el líquido golpee contra las paletas.

1.1.9.6.- Operación del Embrague Unidireccional

Cuando la guía exterior intenta girar en la dirección mostrada por la flecha de la ilustración inferior, esta hace presión contra las partes superiores de las horquillas. Puesto que la distancia es más corta que la distancia las horquillas basculan permitiendo que la guía exterior gire.

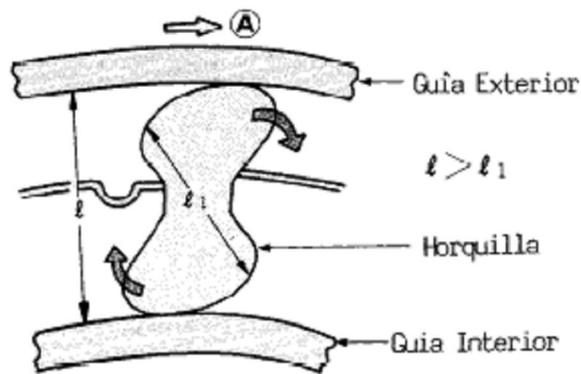


Fig. 1.20 Funcionamiento Embrague unidireccional

Sin embargo, cuando la guía exterior intenta girar en la dirección opuesta. Las horquillas no pueden bascular debido a que la distancia l_1 es mayor que la distancia l como resultado las horquillas actúan como cuñas bloqueando la guía exterior para evitar que se mueva. Para facilitar la operación de las horquillas se ha instalado un resorte retenedor el cual mantiene las horquillas ligeramente inclinadas en todo momento en la dirección en que la guía exterior se bloqueará.

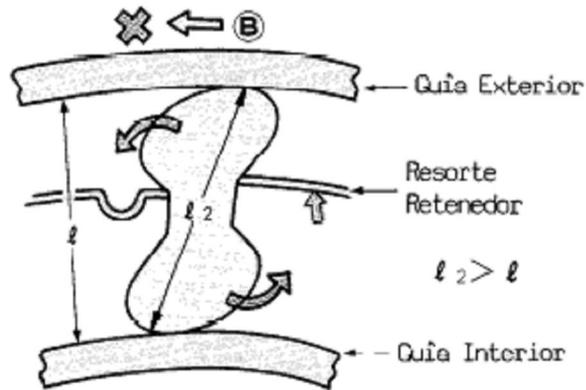


Fig. 1.21 Funcionamiento Incorrecto Embrague unidireccional

1.1.9.7.- Transmisión de Potencia

Cuando el cigüeñal del motor acciona el impulsor de la bomba, el líquido que se encuentra en el impulsor de la bomba gira con el impulsor en la misma dirección.

Cuando la velocidad del impulsor de la bomba aumenta, la fuerza centrífuga hace que el líquido empiece a circular hacia la parte exterior a partir de la parte central del impulsor de la bomba a lo largo de las superficies de las paletas y de la superficie interior del impulsor de la bomba. Como la velocidad del impulsor de la bomba aumenta adicionalmente, el fluido es forzado a salir del impulsor de la bomba.

El fluido golpea las paletas del rodete de la turbina causando que el rodete empiece a girar en la misma dirección que el impulsor de la bomba.

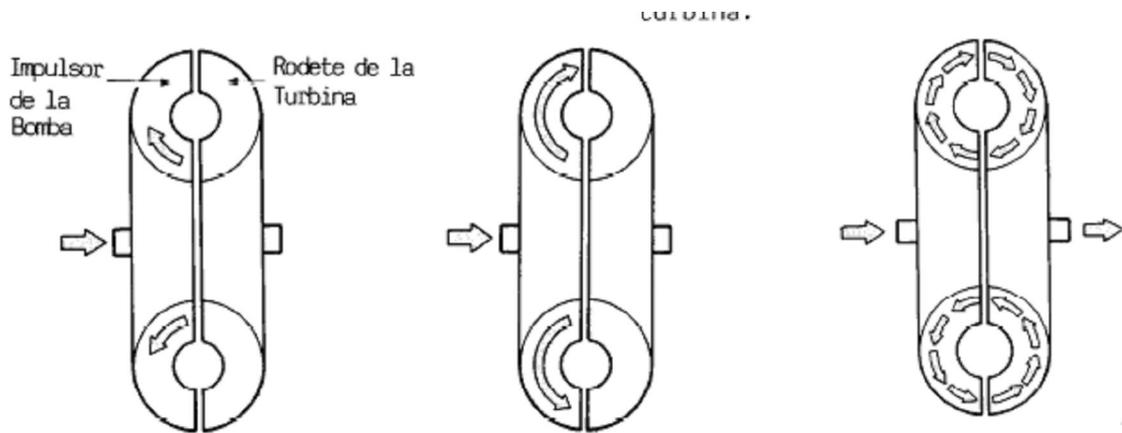


Fig. 2.22 Transmisión de Potencia

Una vez que el líquido ha disipado su energía contra las paletas del rodete de la turbina, circula hacia adentro a lo largo de las paletas del rodete de la turbina.

Cuando alcanza el interior del rodete de la turbina, la superficie curvada interior del rodete redirige el líquido hacia el impulsor de la bomba, con lo que el ciclo empieza de nuevo.

Como se ha explicado anteriormente la transmisión del torque es afectado por la circulación del fluido a través del impulsor de la bomba y el rodete de la turbina.

1.1.9.8.- Multiplicación del Torque

La multiplicación del torque mediante el convertidor se efectúa mediante el retorno del fluido al impulsor de la bomba por medio de las paletas del estator, después de haber pasado a través del rodete de la turbina, como fue explicado anteriormente.

En otras palabras, el impulsor de la bomba es girado por el torque del motor en el cual es añadido el torque del fluido que retorna del rodete de la turbina. Esto quiere decir que el impulsor de la bomba multiplica el torque original de entrada para la transmisión al rodete de la turbina.

1.1.9.9.- Convertidor de Torsión

Cuando el flujo de torbellino es menor a medida que la velocidad del rodete de la turbina se aproxima a la del impulsor de la bomba, la velocidad del fluido (Flujo Rotatorio) que gira con el rodete de la turbina en la misma dirección aumenta. Por otro lado, la velocidad del fluido (Flujo de torbellino) que circula a través del impulsor de la bomba y el rodete de la turbina disminuye.

Por lo tanto la dirección del fluido que fluye desde el rodete de la turbino al estator es la misma dirección en la cual giro el impulsor de la bomba.”⁸

1.2.- SISTEMAS DE CONTROL

1.2.1.- CONTROL Y REGULACIÓN

1.2.1.1.- Generalidades

Se entiende por automatización la regulación y control automático de máquinas e instalaciones. Los fines de la automatización son: mayor precisión de trabajo y seguridad de funcionamiento, y acortamiento de los tiempos de fabricación respecto de las máquinas controladas manualmente. Los ciclos de trabajo se controlan y regulan mediante dispositivos especiales de las máquinas.

1.2.1.2.- Control

Se habla de control, o mando, cuando mediante un impulso se comienza, concluye o influye de cualquier otro modo en un ciclo de trabajo. Por medio de un distribuidor puede aprovecharse este impulso para realizar procesos de

⁸ Toyota Motor Corporation, Transeje y transmisión Automática, 1990

conmutación en puntos diferentes de la instalación. Los componentes de un sistema de control dispuestos en serie reciben el nombre de cadena de control o bucle abierto.

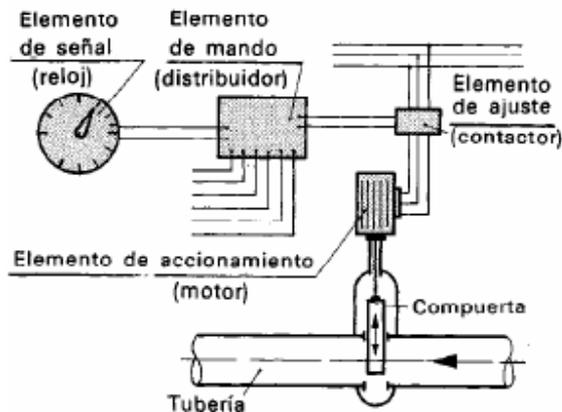


Fig. 1.23 Componentes de un Sistema de Control

En la figura 1.23 se expone como ejemplo el accionamiento de un interruptor que conecta un motor eléctrico.

Descripción general de los componentes de una cadena de control según la norma DIN 19 226:

- **Elementos de señal** que entregan señales o bien impulsos cuando se dan magnitudes físicas determinadas (tiempo, temperatura, fuerza, magnitud de medición, alteración de forma y otras).
- **Elementos de control** que enlazan diferentes señales o pasa una señal a diferentes elementos de ajuste según leyes determinadas.
- **Elementos de ajuste** que controlan el flujo de energía que va a los elementos de accionamiento que modifican el estado existente.

1.2.1.3.- Regulación

Durante la regulación se retroalimenta el informe de la modificación efectuada mediante el control al componente que origina esta modificación. En los procesos de regulación se habla de circuitos de regulación o bucle cerrado a causa de la retroalimentación.

La técnica de regulación es el progreso esencial en automatización. Debido a la constante retroalimentación del estado real se sigue regulando hasta que se logra el estado deseado.

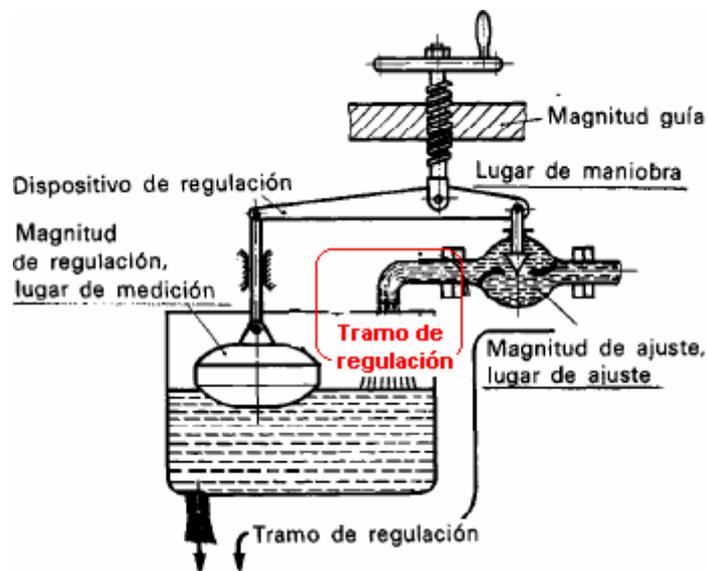


Fig. 1.24 Esquema de un Dispositivo de Regulación

En la figura 1.24 el flotador informa sobre la altura del nivel del agua a la válvula, que se abre o cierra en función de dicho nivel

Con ayuda de los dispositivos de control y regulación puede automatizarse procesos de mecanización, de tal manera que muchas máquinas-herramienta independientes dispuestas una tras otra mecanicen una pieza.

1.2.1.4.- Tipos de control

Cuando la máquina obtiene las instrucciones de funcionamiento a través de una pieza patrón a la que palpa, se habla de control o mando por guía. Cuando la máquina obtiene las instrucciones de funcionamiento a través de transmisores de impulsos intercambiables que pueden agruparse formando un programa, esta automatización recibe el nombre de control por programa.

A continuación se explica brevemente los distintos tipos de control:

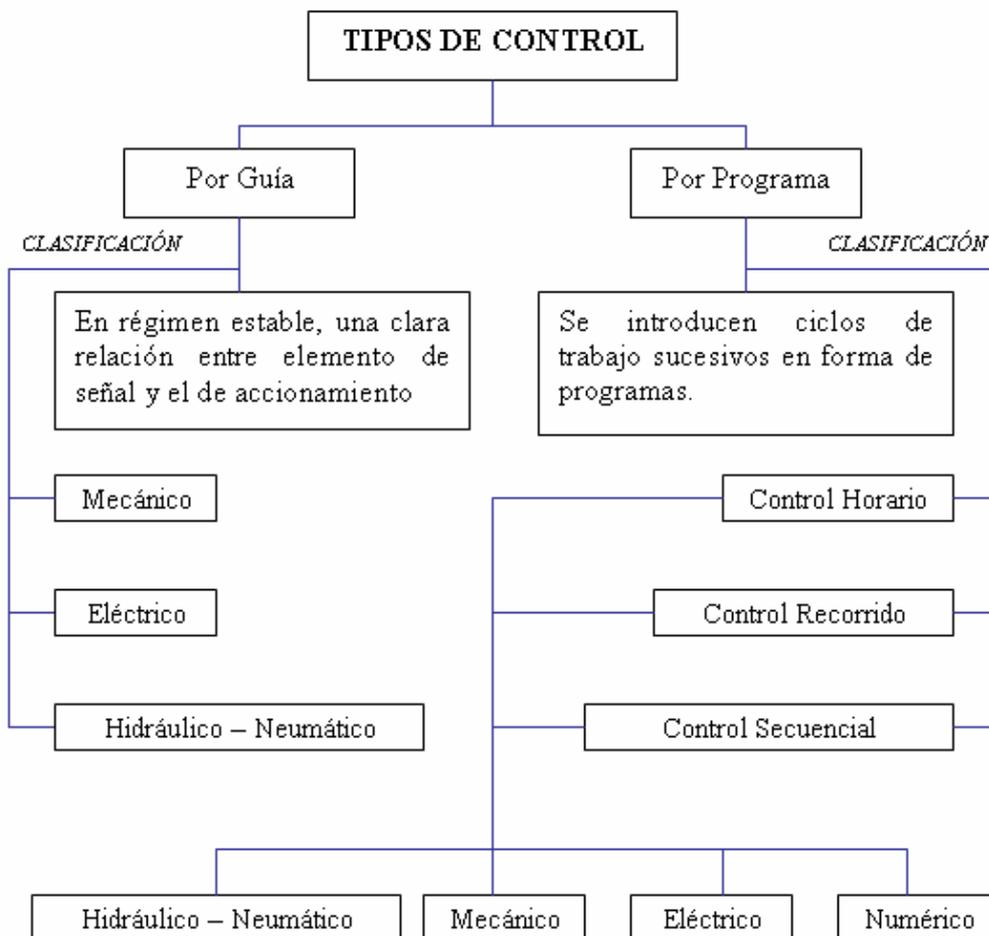


Fig. 1.25 Esquema de los Tipos de Control

1.3.- SISTEMA NEUMÁTICO

1.3.1.- GENERALIDADES

Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central. Entonces no es necesario calcular ni proyectar la transformación de la energía para cada uno de los consumidores. El aire comprimido viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías.

Los compresores móviles se utilizan en el ramo de la construcción o en máquinas que se desplazan frecuentemente. En el momento de la planificación es necesario prever un tamaño superior de la red, con el fin de poder alimentar aparatos neumáticos nuevos que se adquieran en el futuro. Por ello, es necesario sobredimensionar la instalación, al objeto de que el compresor no resulte más tarde insuficiente, puesto que toda ampliación ulterior en el equipo generador supone gastos muy considerables.

Es muy importante que el aire sea puro. Si es puro el generador de aire comprimido tendrá una larga duración. También debería tenerse en cuenta la aplicación correcta de los diversos tipos de compresores.

1.3.1.1.- Tipos de Compresores

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de construcción. Se distinguen dos tipos básicos de compresores:

- El primero trabaja según el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen.

- El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).

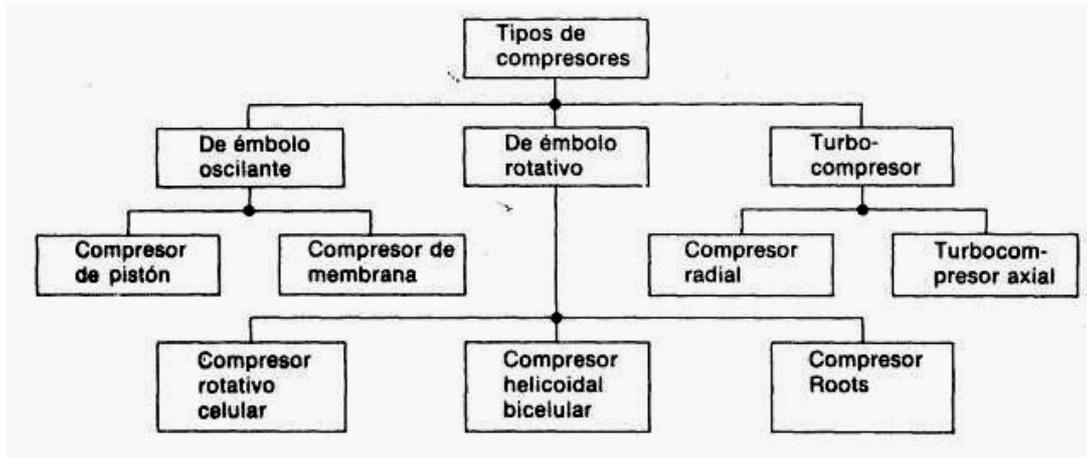


Fig. 1.26 Tipos de Compresores

1.3.2.- SIMBOLOGÍA NEUMÁTICA

SIMBOLOS NEUMATICOS			
	Conductores 1 - de trabajo 2 - de pilotaje 3 - de purga o drenaje		Deshumidificador
	Conductor flexible		Lubricador
	Unión de conductores		Reductor de presión
	Cruce de conductores		Reductor de presión pilotado
	Purga de aire 1 - orificio de evacuación 2 - piso no conectable 3 - conectable por roscado		Manómetro (Indicador de presión)
	Acoplamientos rápidos 1 - Acoplado sin válvula anti-retorno. 2 - Acoplado con válvula anti-retorno. 3 - Acoplado simple 4 - Cerrada por válvula antirretorno.		Grupo de acondicionamiento Filtro-Reductor, indicador de presión, Lubricador.
			Grupo de acondicionamiento Esquema anterior simplificado
			Inicio de instalación (presión)
	Depósitos 1 - Conducciones por encima 2 - Conducciones por debajo del nivel del líquido 3 - Conducciones a presión 4 - Conducciones con depósito con carga		Medidor de temperatura (Termómetro)
	Acumuladores 1 - Hidráulico 2 - Neumático		Medidor de caudal
	Silenciador		Presostato
	Filtro		Válvula (símbolo general)
	Purgadores 1 - Mando manual 2 - Mando automático		Válvula directa (pilotaje neumático) Normalmente abierta
	Filtro con purgador 1 - Mando manual 2 - Mando automático		Válvula inversa (pilotaje neumático) Normalmente cerrada
			Válvula antirretorno 1 - No regulada 2 - Regulada (tarada)

Fig. 1.27 Símbolos neumáticos más empleados

SÍMBOLOS NEUMÁTICOS			
	Válvula antirretorno pilotada 1 - Al cierre 2 - A la apertura		Distribuidores a) Distribuidor de 2 posiciones b) Distribuidor de 3 posiciones con posición intermedia de paso c) Distribuidor de 3 posiciones indistintas
	Selector de circuitos		Vías interiores 1 - 1 vía 2 - 2 vías paralelas 3 - 2 vías cruzadas 4 - 2 orificios cerrados 5 - 2 vías en conexión transversal 6 - 2 orificios cerrados y 2 vías en by-pass 7 - 1 orificio cerrado y 2 vías 8 - 1 orificio cerrado y 2 vías en paralelo 9 - 4 orificios cerrados
	Regulador de caudal en un solo sentido		
	Válvula de escape rápido		
	Limitador de presión (Válvula de seguridad)		
	Limitador de presión pilotado		
	Limitador proporcional de presión		
	Reductor de presión pilotado		
	Reductor diferencial de presión		
	Reductor proporcional de presión		Mando de distribuidores 1 - Mando por fluido directo 1a - por presión 1b - por depresión (falta pres.) 2 - Mando por fluido indirecto 2a - por presión 2b - por depresión 3 - Mando combinado 3a - por electroimán y distribuidor piloto 3b - por electroimán o distribuidor piloto 4a - equivale a 3a 4b - equivale a 3b 5 - Mando eléctrico 5a - por electroimán (un arrollamiento) 5b - por electroimán (dos arrollamientos) 5c - por motor eléctrico
	Regulador de caudal (a) Simplificado		
	Regulador de caudal con retorno al depósito (a) Simplificado		
	Divisor de caudal		
	Válvula de estrangulamiento (a) Simplificado		Mando mecánico a - por pulsador b - por resorte (muelle)

Fig. 1.28 Símbolos neumáticos más empleados

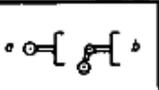
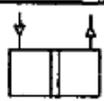
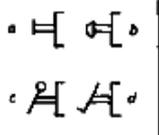
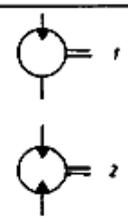
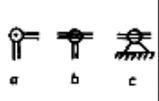
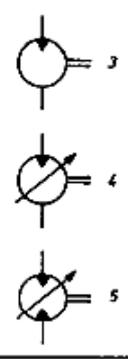
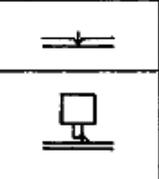
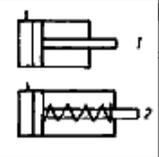
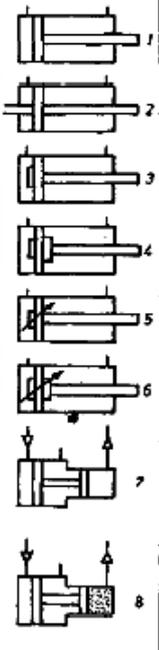
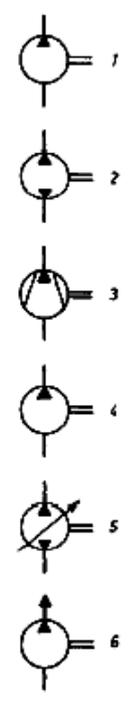
SÍMBOLOS NEUMÁTICOS			
	Mando mecánico a - por rodillo b - por rodillo abatible		Convertidor de presión aire-aceite
	Mando manual a - símbolo general b - por pulsador c - por palanca d - por pedal		1 - Motor de caudal constante: Motor hidráulico no reversible 2 - Motor de caudal constante. Motor hidráulico reversible
	Mecanismos articulados a - articulación simple b - articulación con palanca c - articulación con punto fijo		3 - Motor de caudal constante. Motor neumático no reversible 4 - Motor de caudal variable no reversible 5 - Motor de caudal variable reversible
	Ejes rotativos a - un solo sentido de rotación b - con dos sentidos de giro		6 - motor térmico
	Dispositivo de mantenimiento de posición Dispositivo de enclavamiento		Cilindros 1 - de simple efecto 2 - de simple efecto con retorno por resorte
	1 - de doble efecto 2 - de doble efecto con doble vástago 3 - de doble efecto con amortiguación al retorno 4 - de doble efecto con amortiguación a la ida y retorno 5 - de doble efecto con amortiguación regulable al retorno 6 - de doble efecto con amortiguación regulable a la ida y retorno 7 - multiplicador de presión con fluido de la misma naturaleza 8 - multiplicador de presión con fluidos de distinta naturaleza (aire-aceite)		1 - Bomba de caudal constante, compresor. Bomba hidráulica no reversible 2 - Bomba de caudal constante, compresor. Bomba hidráulica reversible 3 - Bomba de caudal constante, compresor no reversible 4 - Bomba de caudal variable, no reversible 5 - Bomba de caudal variable, reversible 6 - Bomba de vacío

Fig. 1.29 Símbolos neumáticos más empleados

1.3.3.- CUERPO DE VÁLVULAS

El cuerpo de válvulas consta de un cuerpo de válvulas superior un cuerpo de válvulas inferior y un cuerpo de la válvula manual. Las válvulas contenidas en estos cuerpos controlan la presión del fluido e interrumpe el paso del fluido de un pasaje a otro.

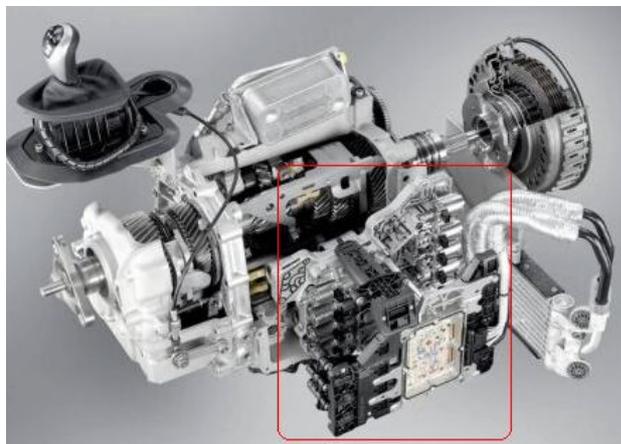


Fig. 1.31 Conjunto Caja de Velocidades y cuerpo de válvulas

1.3.4.- ACUMULADOR

La función de los acumuladores es amortiguar los golpes de los cambios. La presión de control del acumulador siempre actúa sobre el lado de retro presión de los pistones del acumulador de y esta presión junto con la tensión del resorte mantienen empujado el pistón hacia abajo. Cuando se aplica la presión de línea al lado de operación, el pistón es empujado lentamente hacia arriba y el golpe es amortiguado cuando aumenta gradualmente la presión del fluido.



Fig. 1.32 Acumulador

1.3.5.- VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN

Siempre que la presión de un fluido comprimido en circulación aumente más allá de cierto nivel establecido en un sistema neumático, la válvula de seguridad (limitadora de presión) deja escapar hacia la atmósfera parte del aire comprimido, en el caso de ser neumático, con la finalidad de que la presión regrese al valor fijado y de esta manera evitar que los dispositivos sufran daños. Algunos modelos de válvulas de seguridad permiten que un operador ajuste el valor de la presión a la cual la válvula actuará, mientras que otros modelos vienen sellados de manera que sólo personal autorizado tenga acceso a ella.

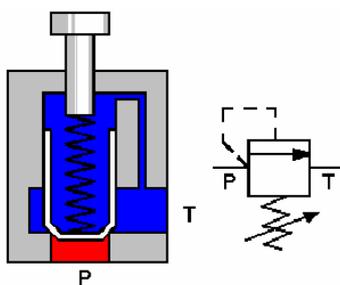


Fig. 1.33 Esquema y simbología válvula limitadora de presión

1.3.6.- VÁLVULAS DE SECUENCIA

La válvula de secuencia se sitúa normalmente sobre la línea de alimentación de un actuador o de un circuito neumático. Su funcionamiento es similar al de una válvula de seguridad o limitadora de presión, la diferencia está en que cuando la presión del fluido comprimido en circulación aumente más allá de un valor fijado, el exceso de presión no será liberado a la atmósfera sino que será aprovechado para realizar una determinada función (alimentar a un actuador o algún otro circuito).

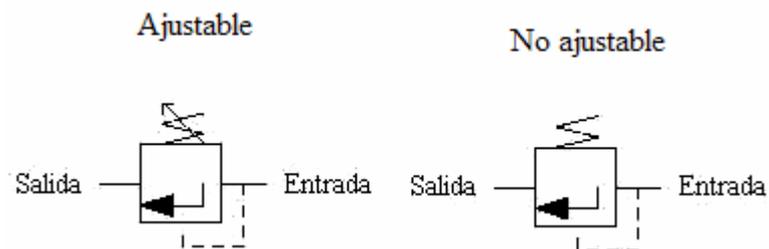


Fig. 1.34 Simbología válvulas de secuencia

1.3.7.- VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS

Este tipo de válvula influye en el camino del fluido, específicamente en el arranque, parada, dirección y sentido del mismo.

Dentro de este tipo de válvulas existen algunas que vienen fabricadas con un elemento de reposición interno (por ejemplo, un resorte), en cuyo caso, la válvula puede estar en dos posibles estados:

- Estado de reposo: Cuando el elemento de reposición no ha sido accionado.
- Estado de conmutación: Cuando el elemento de reposición ha sido accionado

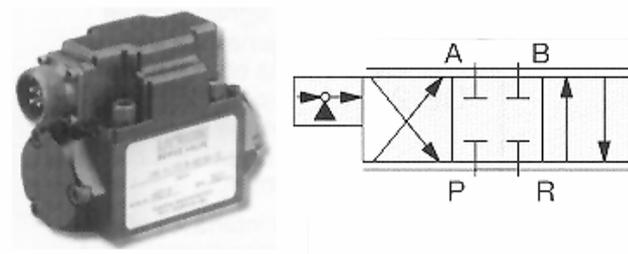


Fig. 1.35 Esquema y simbología válvula distribuidora

1.3.8.- ELECTRO VÁLVULAS

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo potencia mientras la válvula deba estar abierta.

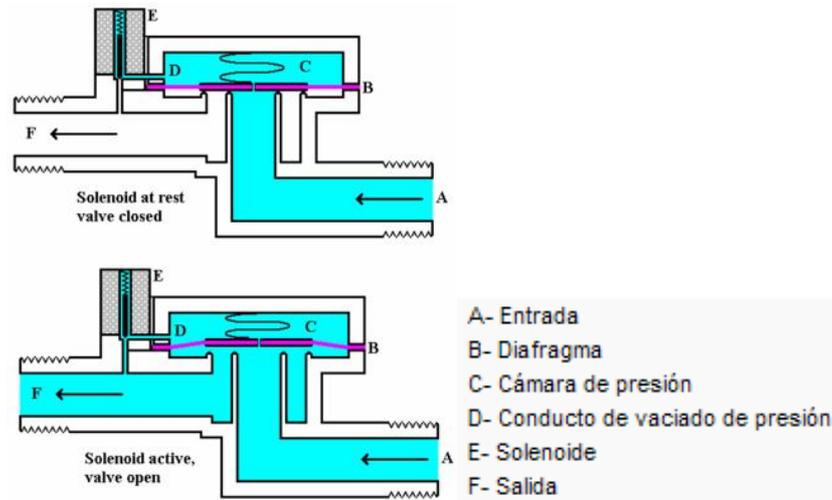


Fig. 1.36 Representación Electroválvula

1.3.9.- VÁLVULAS DE CAUDAL

Existen dos formas posibles de estrechar la sección transversal: un diafragma de aristas vivas o un estrangulador tubular. Mediante el estrechamiento se produce una resistencia por fricción, transformándose energía de presión en energía térmica, lo cual se manifiesta como caída de presión en P2. La diferencia de presión entre P1 y P2 se denomina diferencia de presión y se designa con ΔP (delta). Junto con la sección transversal del diafragma o del estrangulador y la viscosidad del fluido a presión, es sobre todo la diferencia de presión la que determina la magnitud del caudal en el tramo de tubería considerado. Puede decirse que una pequeña diferencia de presión origina un pequeño caudal y viceversa.

1.3.10.- TIPOS DE VÁLVULAS REGULADORAS DE CAUDAL

1.3.10.1.- Válvula de caudal regulable

Puede hacerse variar la sección transversal en el lugar de la estrangulación y con ello el caudal que circula. Pero en cuanto aumenta la presión debido al aumento de la carga en el cilindro de trabajo, se reduce la diferencia de presión, y disminuye el caudal y la velocidad del cilindro de trabajo. Por lo tanto, esta sencilla construcción sólo puede emplearse cuando la carga de trabajo es aproximadamente constante.

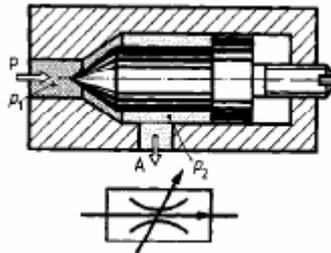


Fig. 1.37 Válvula Reguladora de Caudal

1.3.10.2.- Válvula reguladora de caudal de dos vías

Mantiene constante ΔP y con ello también el caudal, debido a que lleva incorporada una balanza de presión diferencial.

Función de la balanza: Cuando asciende P_z en el cilindro de trabajo debido a un mayor trabajo, aumenta brevemente también la presión P . El émbolo-balanza abre por el lado del muelle el lugar de estrangulación D_2 hasta que se restablece la diferencia de presión primitiva ΔP entre P_1 y P . La fuerza del muelle F y P en el lado derecho del émbolo, retienen la balanza con P_1 en el lado izquierdo.

De este modo ha aumentado P_1 , con lo cual se ha establecido de nuevo la diferencia de presión ΔP ajustada primitivamente, de P_1 a P_2 , permaneciendo el caudal sin variación.

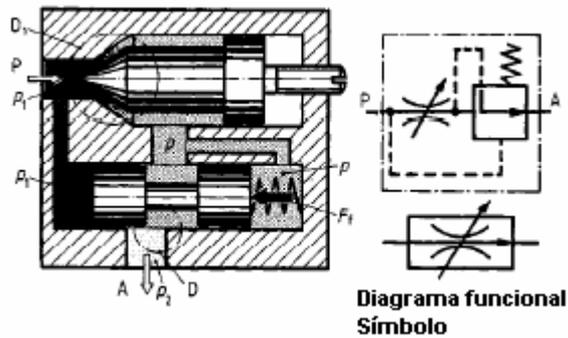


Fig. 1.38 Válvula Reguladora de Caudal de dos Vías

1.3.10.3.- Válvula reguladora de caudal de tres vías

Reduce la presión en una etapa, Pt P2, y descarga el caudal excedente a la tubería de retorno a través de la balanza.

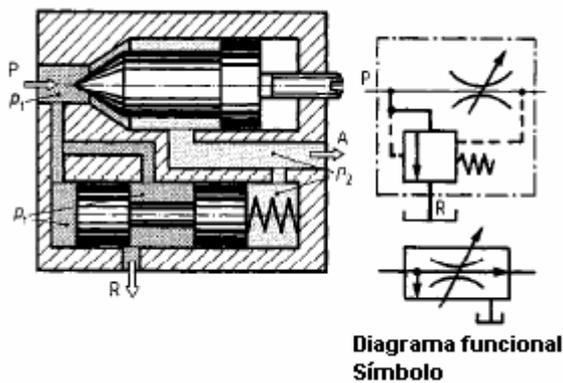


Fig. 1.39 Válvula Reguladora de Caudal de tres Vías

1.3.11.- CILINDROS

Los cilindros hidráulicos constan del cuerpo del cilindro y del émbolo. Su cometido es transformar la energía de presión del líquido en energía mecánica. Ejecutan un movimiento rectilíneo. Todas las formas de construcción de los cilindros

hidráulicos pueden reducirse a dos formas básicas: cilindros de simple efecto y cilindros de doble efecto.

1.3.11.1.- Cilindros de simple efecto

En este tipo de construcción sólo queda sometido a la acción del líquido a presión un lado del émbolo. Por consiguiente, sólo se ejerce fuerza en un sentido. Cuando el émbolo alcanza la posición final de la carrera, ha de volver a su posición de partida mediante una fuerza externa (su propio peso cuando se trata de una disposición vertical, muelles de retroceso, etc.). En este caso ha de poder salir el líquido de la cámara del cilindro.

La fuerza F producida en el vástago del émbolo se calcula multiplicando la presión del líquido P por el área del émbolo A . Se desprecian las pérdidas de rozamiento.

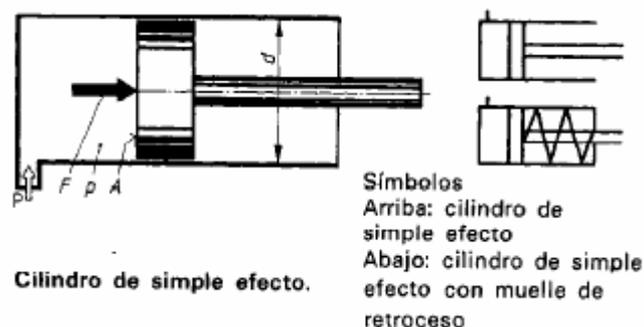


Fig. 1.40 Cilindro de Simple Efecto

1.3.11.2.- Cilindros de doble efecto

Las áreas A_1 y A_3 del émbolo quedan alternativamente sometidas a la acción del líquido a presión, es decir que el émbolo retrocede a presión a la posición de partida. En los cilindros de construcción sencilla, que llevan vástago de émbolo sólo en un lado, tanto las fuerzas como las velocidades son diferentes en la ida y

en el retroceso, aun siendo iguales la presión del líquido y el caudal. Durante la ida se impulsa el área de émbolo A_1 más grande, con lo cual la fuerza del émbolo es mayor. En cambio, la velocidad de ida es menor porque con el mismo caudal ha de llenarse una cámara de cilindro más grande. Durante el retroceso sucede exactamente lo contrario; el área de émbolo A_3 es sólo el área de una corona circular, menor que el área A_1 en la cuantía de la sección transversal del vástago de émbolo A_1 . La cámara del cilindro en el lado de vástago de émbolo es más pequeña en la cuantía del volumen del vástago, y por tanto se llena más rápidamente, o lo que es igual, el émbolo ha de desplazarse más rápidamente. En los cilindros de émbolo con vástago a ambos lados, las fuerzas y las velocidades son iguales en ambos sentidos

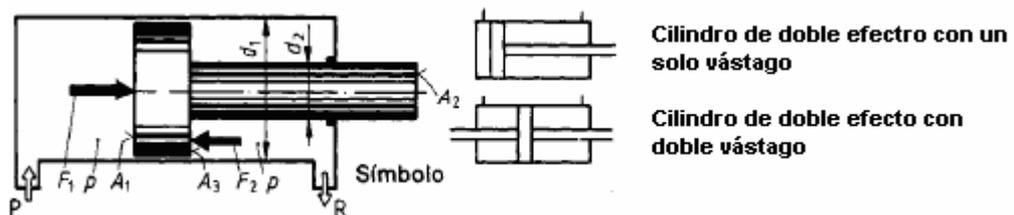
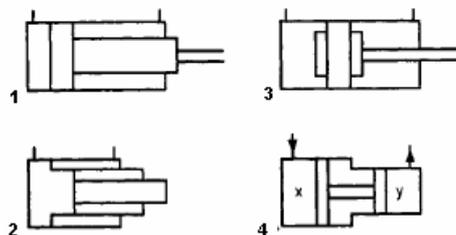


Fig. 1.41 Cilindro de Doble Efecto

1.3.11.3.- Tipos de construcción especiales de cilindros

Los símbolos contiguos representan:



Símbolos para cilindro.

- | | |
|---------------|----------------------------|
| 1 Diferencial | 3 Con amortiguación |
| 2 Telescópico | 4 Multiplicador de presión |

Fig. 1.42 Símbolos de Cilindros

Cilindro diferencial. En este caso se alude especialmente a la relación A1 y A3 y con ello a la relación de fuerzas y velocidades.

Cilindro telescópico. Los émbolos, guiados unos dentro de otros, proporcionan una longitud de carrera relativamente grande con una pequeña altura de construcción del cilindro. Se emplean frecuentemente en gatos elevadores.

Cilindro con amortiguación. Es un dispositivo especial en el que unos cojines de muelles o líquido impiden que el émbolo choque con dureza en las posiciones finales.

Los multiplicadores de presión son asimismo cilindros, con los que se producen presiones máximas.

1.4.- ESTABILIDAD DE MARCHA Y SEGURIDAD EN LOS VEHÍCULOS DE TRACCIÓN TRASERA

1.4.1.- EFECTOS DE LA DERIVA SOBRE LOS NEUMÁTICOS

“La caída es la inclinación del neumático mirando al auto desde delante. Si la parte superior de la rueda se inclina hacia dentro, tiene usted caída negativa; si se inclina hacia fuera, lógicamente será positiva. Si tiene usted en cuenta la forma en que se inclina el auto en las curvas, comprenderá por que con caída negativa se mantiene mejor la adherencia cuando se toman deprisa.



Fig1.43 Efectos de la Deriva en los Neumáticos

Variación de la alineación en los baches. Uno de los factores más críticos que afectan al comportamiento y la dirección del vehículo es la alineación de las ruedas. Es importante ajustar la alineación de los trenes delantero y trasero a los valores prescritos (por lo general 1,203 mm de convergencia delantera) pero también es vital saber lo que le sucede a la alineación, de las ruedas cuando éstas se desplazan arriba y abajo. Esto es lo que se conoce como «variación dinámica de la alineación».

1.4.1.1.- Ondas Permanentes

Cuando el vehículo está en movimiento, el neumático flexiona continuamente a medida que una nueva sección de la banda se pone en contacto con la superficie de la carretera.

Después, cuando la sección deja la superficie de la carretera, la parte interna del neumático y la elasticidad del neumático intentan reponer la banda y la carcasa a su estado original. Sin embargo, a altas velocidades del vehículo, el neumático gira con demasiada rapidez como para dar tiempo suficiente para ello. Este proceso se repite continuamente en intervalos tan cortos, que ocasiona oscilaciones en la banda. Esas oscilaciones, que se denominan ondas permanentes, se propagan continuamente en torno al neumático. La mayor parte

de energía encerrada en las Ondas permanentes se convierte en calor, lo cual provoca el gran aumento de la temperatura del neumático.



Fig.1.44 Deformación de los Neumáticos

Bajo ciertas circunstancias, esta acumulación de calor puede incluso llegar a desintegrar el neumático u ocasionar la separación de la banda de la carcasa.

Generalmente, la velocidad máxima permisible para los neumáticos de un automóvil de pasajeros se determina por la velocidad del vehículo a la que se generan las ondas permanentes.

1.4.1.2.- Hidroplaneo

Un vehículo patina sobre una carretera cubierta de agua si la velocidad del vehículo es demasiado alta como para que la banda tenga tiempo para sacar el agua de la superficie de la carretera para poder tener una adhesión firme. La razón de ello es que al aumentar la velocidad del vehículo, la resistencia del agua aumenta consecuentemente, forzando los neumáticos a una “flotación” sobre la superficie del agua. Este fenómeno se conoce como hidroplaneo. Este efecto es similar al esquí acuático como se ve en la figura 1.45; el esquiador acuático se hunde en el agua a bajas velocidades, pero empieza a deslizarse por el agua a medida que aumenta la velocidad.

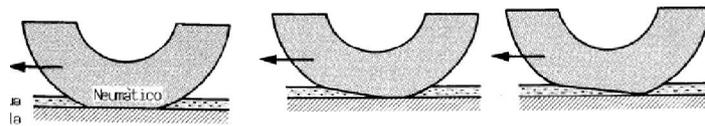


Fig. 1.45 Hidroplaneo

La parte de la banda que se pone en contacto con la carretera puede dividirse en las tres zonas siguientes como se indica en la figura 1.46:

A: Zona de drenaje

B: zona de frotamiento

C: zona de adhesión.

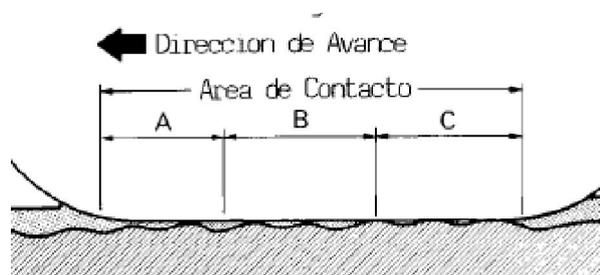


Fig. 1.46 Área de contacto del neumático

1.4.1.3.- Rendimiento de Virajes

Los virajes vienen siempre acompañados de fuerza centrífuga, que intenta forzar el vehículo a girar en un arco mayor que el que se propone el conductor a menos que el vehículo pueda generar una contra fuerza suficiente, es decir, una fuerza centrípeta, para equilibrarla. Esta fuerza centrípeta se genera mediante la deformación y derrape de la banda que ocurre debido a la fricción entre el neumático y la superficie de la carretera, esto se denomina fuerza de viraje.

Esta fuerza de viraje es la fuerza que estabiliza el vehículo durante el viraje. El rendimiento de viraje del vehículo varía según lo siguiente:

Especificaciones del neumático (patrón de la banda, ángulo de los cordones, clasificación de capas).

La carga aplicada a la banda del área de contacto. (La fuerza de viraje aumenta con la carga).

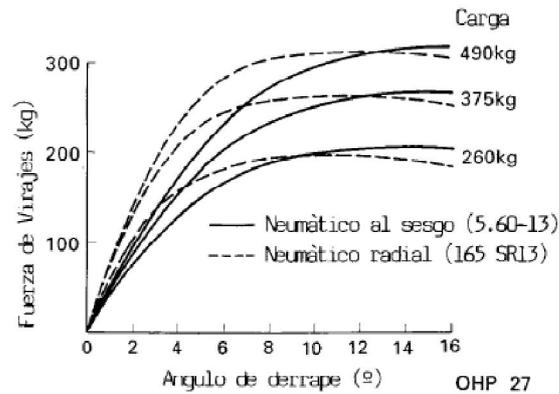


Fig. 1.47 variables de derrape

Tamaño del neumático (la fuerza de viraje aumenta con el tamaño).

Condiciones de superficie de la carretera. (La fuerza de viraje cae rápidamente si la carretera está mojada)

Presión de inflado. (La fuerza de viraje aumenta a medida que el neumático es más rígido bajo presión más alta)

El ángulo de inclinación de las ruedas con relación al piso.

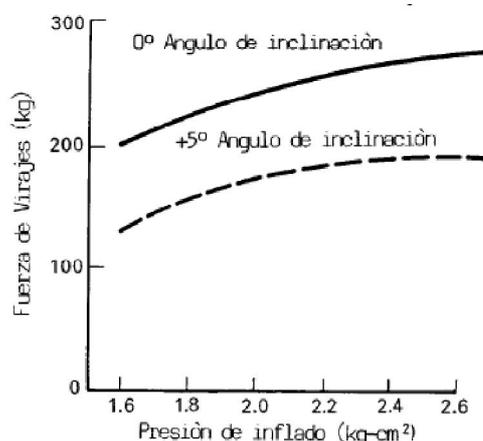


Fig. 1.48 variables de derrape

El ancho de aros. (Los neumáticos más anchos son más rígidos y por lo tanto producen mayor fuerza de viraje).⁹

1.4.2.- ESTABILIDAD DE MARCHA DEL VEHÍCULO

En el momento en que se acelera el auto, se crean fuerzas que hacen que la parte delantera se eleve y la trasera se hunda. Lo contrario sucede al frenar, es decir, que la parte delantera se hunde y la trasera se levanta. Y al tomar curvas se introducen otras fuerzas diferentes, que es lo que da lugar a que se hable tanto de sobrevirajes y subvirajes.

Los autos de serie suelen ser subviradores. En otras palabras, cuando se gira el volante el auto trata de seguir recto en lugar de tomar la curva en la dirección en que queremos que vaya; intenta describir una curva más amplia. Con el sobreviraje ocurre lo contrario: la trasera del auto tiende a salirse de la trayectoria; si la curva es hacia la derecha, la trasera del auto tiende a irse hacia la izquierda, lo que acentúa el giro y puede dar lugar a un «trompo» si no se lleva cuidado. Los autos subviradores son mejores para los conductores medios porque son más estables y seguros; el conductor medio, cuando se encuentra con problemas suele tender a acentuar el giro, lo que podría dar lugar a graves riesgos o a un accidente en un auto sobrevirador

⁹ Toyota Motor Corporation, Alineación de Ruedas y Neumáticos, 1990

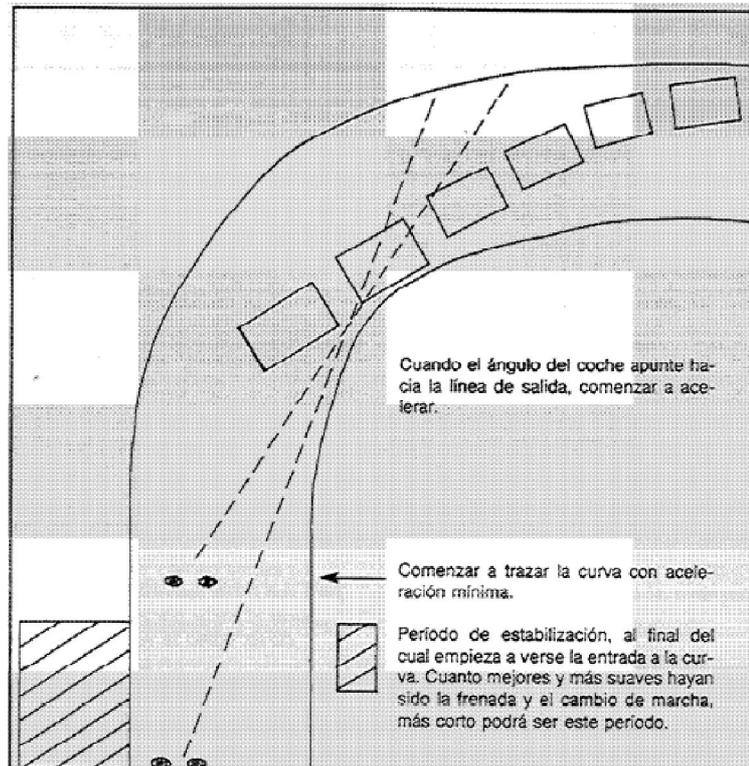


Fig. 1.49 Diagrama de sobreviraje y subviraje

“¿Qué es mejor para la conducción deportiva? Para rallies, especialmente cuando las etapas no son todas conocidas, es más seguro llevar un auto sobrevirador. Observe con cuánta frecuencia, cuando aparecen los primeros hielos en invierno en las carreteras, los automóviles se salen a los arceños de la parte exterior de las curvas, es decir, a la izquierda en las curvas a la derecha y viceversa.

En las pistas rigen principios similares. Las fuerzas de sobreviraje o subviraje causan fricciones y las fricciones reducen la velocidad del auto. Por eso si observa usted las carreras actuales, verá que los autos no se salen de las trayectorias sino que se mantienen lo más neutrales posible en todo momento y el conductor acelera o decelera según el ángulo de la curva y el estado del firme.

El equilibrado de los frenos de un auto es importante. Si desvía usted la mayor parte del esfuerzo del pedal, por ejemplo, a los frenos delanteros y hace que las ruedas de ese eje se bloqueen constantemente, el sistema no es eficaz. Por otro lado, bloquear constantemente las ruedas traseras en las entradas de las curvas es igual de ineficaz y cuando esto sucede, el auto tiende a girar sobre sí mismo,

aunque hay pilotos que dan ligera preferencia al tren trasero en el reparto de frenada y usan esta solución para hacer que la parte trasera se desvíe de la trayectoria con facilidad y el auto sobrevire, lo cual les parece un método más seguro. Como es lógico, se puede controlar la frenada empleando debidamente el pedal (y también la cabeza) pero dado que lo que se busca es frenar con suavidad, es decir, accionar el freno ligeramente al principio e ir aumentando la fuerza gradualmente, la solución ideal es afinarlos de manera que las cuatro ruedas frenen por igual, sin que uno de los trenes frene más que el otro.”¹⁰

1.4.3.- FUERZAS ACTUANTES SOBRE LA SUSPENSIÓN

El tarado del muelle es la fuerza que ejerce éste para un cambio de longitud de una extensión determinada.

Algunos muelles se diseñan de manera que su acción sea progresiva. Esto significa que el tarado cambia durante el recorrido de la suspensión. Así pues, en circunstancias normales, el tarado de un muelle progresivo puede definirse como 63-76-109 N/mm, para describir su variación de características a lo largo del recorrido. También puede citarse el tarado de muelle «en la rueda», que es el tarado efectivo calculado según la relación entre el recorrido de la rueda y el del muelle, incluyendo la relación de palanca.

Tarado de los amortiguadores. Los amortiguadores aplican una fuerza determinada en función de la velocidad a que se desplazan los propios amortiguadores o la rueda. Esta fuerza es, por tanto, independiente del recorrido de la rueda. Los amortiguadores han de ser capaces de reaccionar con la fuerza necesaria a todas las velocidades de compresión de la suspensión. La característica de estas fuerzas viene determinada por las válvulas y pasos internos de cada unidad y suelen estar calculadas de manera que se obtengan valores distintos en compresión y en extensión.

Los tarados de los amortiguadores suele presentarlos el fabricante en forma de diagrama, en el cual pueden verse las fuerzas correspondientes a cada velocidad.

¹⁰ **Sainz C; How to reach the top as a Competition Driver, España 1992**

Un par de ejemplos para dar una idea de estas velocidades:

Una suave ondulación del pavimento supondría una velocidad del amortiguador de 0,2 m/s.

Si la rueda pasa por encima de un ladrillo, la velocidad del amortiguador sería de 2 m/s.

Los proveedores tienen sus propias convenciones para designar los tarados. Bilstein, por ejemplo, comprueba todas sus unidades a una velocidad de 052 m/s.

Una descripción típica podría ser «350/150», que significa que la fuerza de rebote es de 350 kp (3.500 N) a 0,52 m y la fuerza de compresión de 150 kp (1.500 N) a 052 m/s

Aquí puede ver las fuerzas que se desencadenan al acelerar y frenar. Cuando más enérgicas sean estas operaciones, mayor será la elevación o inclinación del auto y, por consiguiente, más se deformará la zona de contacto de los neumáticos con el piso, ó más se reducirá la presión que aquellos ejercen sobre este.

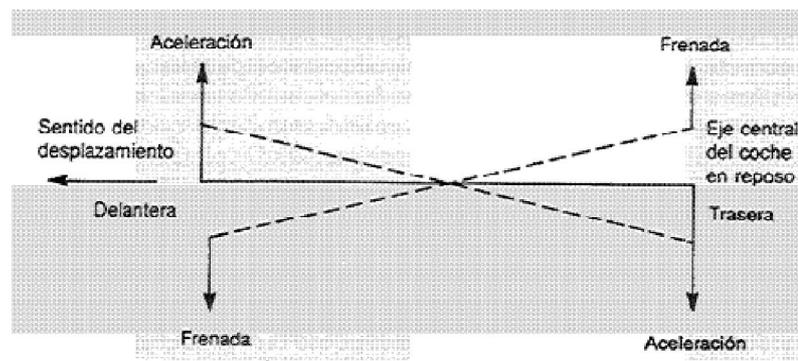


Fig. 1.50 Fuerzas Existentes en la Suspensión del Vehículo

Aquí se ve lo que sucede a los amortiguadores por efecto de dichas fuerzas

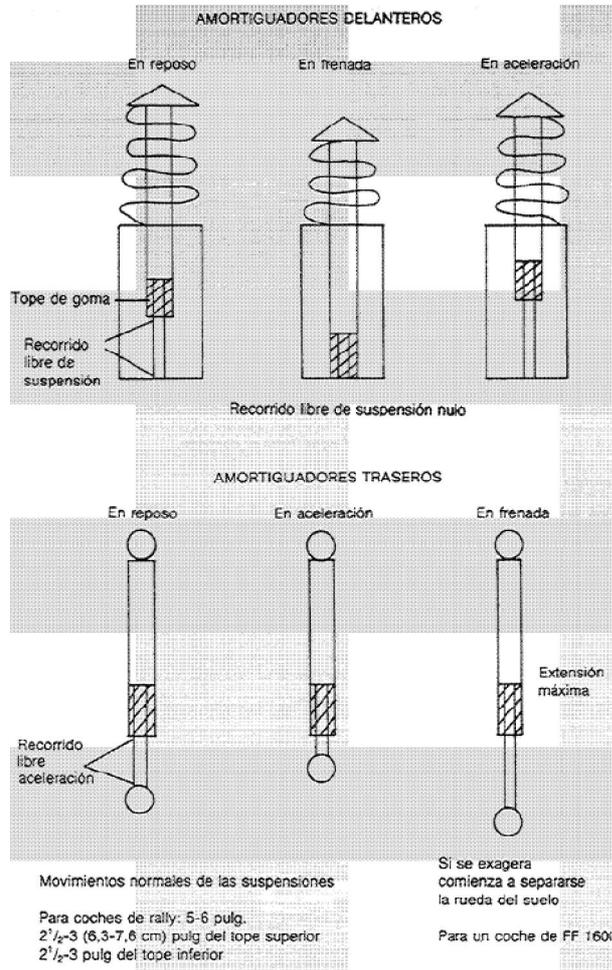


Fig. 1.51 Posiciones de los Amortiguadores

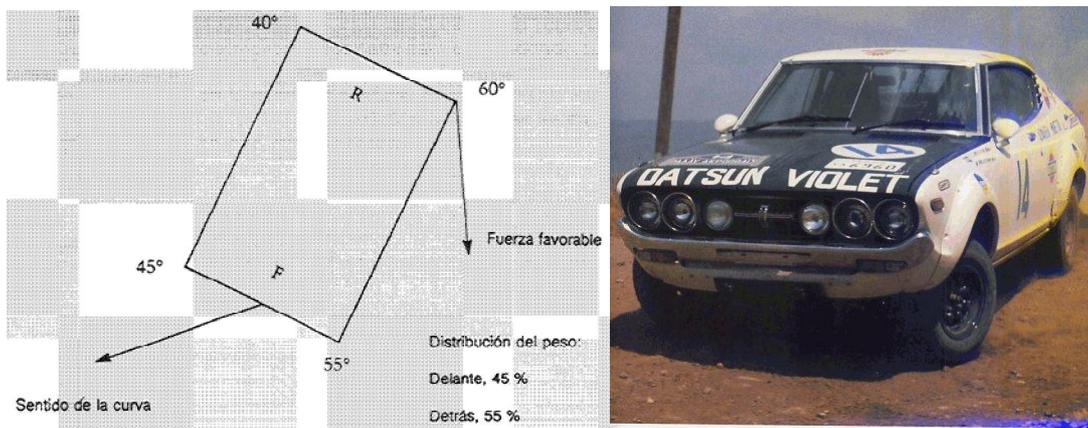


Fig. 1.52 Fuerzas óptimas en curva

(cuando el equilibrio no es correcto)

1.4.4.- SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA

Ante el elevado número de accidentes que todavía se producen, los fabricantes de vehículos apuestan por los dispositivos de seguridad activa y pasiva, que permiten disminuir el riesgo de accidente y minimizar sus consecuencias en los ocupantes. Frenos ABS, airbag o sistemas de control de estabilidad son algunos de los elementos que juegan un papel fundamental ante una colisión, por lo que los conductores exigen que todos los vehículos lleven de serie este tipo de dispositivos y reclaman que las medidas de seguridad no sean consideradas un bien de lujo que encarezca el automóvil, sino una necesidad para salvar vidas

1.4.4.1.- Seguridad activa

Los vehículos tienden a ser cada vez más rápidos, pero también más seguros. El objetivo es reducir el número de accidentes en la carretera gracias a un equipamiento específico que confiere estabilidad a los turismos y disminuye el riesgo de colisión. Es lo que se conoce como Seguridad Activa, un término que engloba los dispositivos sobre los que el conductor puede actuar directamente:

Sistema de frenado: detiene el vehículo y evita el bloqueo de las ruedas (ABS).

Sistema de suspensión: garantiza la estabilidad durante la conducción.

Sistema de dirección: hace girar las ruedas de acuerdo al giro del volante.

Sistema de climatización: proporciona la temperatura adecuada durante la marcha.

Neumáticos: su dibujo es garantía de agarre, incluso en situaciones climatológicas adversas.

Sistema de iluminación: permite al conductor ver y ser visto.

Motor y caja de cambios: hacen posible adaptar la velocidad a las circunstancias de la carretera.

Sistema de control de estabilidad: evita el vuelco del vehículo gracias al denominado sistema ESP.



Fig. 1.53 Seguridad Activa

La seguridad activa está pensada para garantizar el buen funcionamiento de un vehículo en movimiento y responder a las órdenes del conductor. Precisamente, la pericia al volante de éste y la precaución son las claves para evitar un siniestro, siempre y cuando el automóvil responda como le pide el usuario.

1.4.4.2.- Seguridad Pasiva

Son los elementos que reducen al mínimo los daños que se pueden producir cuando el accidente es inevitable. En este sentido existen elementos como:

Los cinturones de seguridad de tres puntos.

Los diferentes Airbags (bolsas de aire), que pueden ser ubicados en diferentes partes del vehículo.

La estructura de los automóviles que sirve de escudo al habitáculo.

1.5.- EFECTOS DEL CAMBIO DE MARCHAS EN EL VEHÍCULO

Uno de los problemas de los motores de combustión es que no pueden acoplarse directamente al mecanismo de transmisión, ya que para que la regularidad de giro se produzcan, precisan de un número determinado de revoluciones, y a estas el vehículo ya se debería desplazar a una velocidad razonable.

Además para iniciar el movimiento se precisa de un aporte de par superior al necesario para mantenerlo en movimiento.

Este mayor aporte inicial hace preciso que el motor eleve su régimen de giro sin que el auto le siga mediante una unión rígida, para eso se intercala el embrague.

En los vehículos dotados de caja manual el embrague cumple una doble función por un lado proporciona el resbalamiento que nos permite la forma de poner el auto en marcha y por otra desacopla el eje de la caja de cambios, de la salida del motor, lo cual facilita la labor de los sincronizadores, para introducir las distintas relaciones.

1.5.1.- CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El abuso del embrague acarrea un mayor consumo, precisamente por ese deslizamiento, y tiene el defecto de no poder aumentar el par de salida frente al de entrada, eso significa que ante demandas excesivas podría calentarse innecesariamente.

Para desarrollar un modelo que permita simular el comportamiento dinámico para obtener el consumo de combustible, es necesario analizar la característica de tracción del vehículo, lo que permitirá obtener las ecuaciones que definen el comportamiento del mismo, en cada uno de los períodos de avance.

Cuando el vehículo está en movimiento, producto del accionamiento de una fuerza de tracción (F_t), se logran identificar dos fuerzas que se le oponen, estas son: la resistencia al avance (F_{rav}) y la resistencia a la aceleración (R_{ace}). La resistencia al avance es la suma de los efectos de la resistencia a la rodadura

(Rr), la resistencia a superar una pendiente (Rp) y la resistencia aerodinámica (Ra). La resistencia a la aceleración sólo aparece durante una variación de la velocidad de avance del vehículo, la fuerza por inercia del mismo y que depende principalmente de la masa del vehículo, sus masas giratorias, entre las cuales se tienen: volante, el embrague y las ruedas. Al realizar un análisis de fuerzas en el vehículo se obtiene la ecuación:

$$F_t = (R_r + R_p + R_a) + R_{ace} \quad [1.2]$$

$$R_r = G \times f \quad [1.3]$$

$$R_p = G \times H_w \quad [1.4]$$

Donde:

G : peso total del vehículo, en N,

f : coeficiente de rodadura.

H_w : pendiente de la vía, igual a tg(f). Puede ser positiva o negativa.

El valor de f en la ecuación 2 puede calcularse utilizando la expresión:

$$f = f_0 (1 + KV^2) \quad [1.5]$$

donde:

f₀ : coeficiente básico de rodadura, el cual es función del tipo de pavimento

K : constante, 5×10^5 ,

V : velocidad del vehículo, km/h.

Por otra parte, la resistencia aerodinámica, la cual se opone al movimiento del vehículo debido a la fricción del aire, a remolinos alrededor del vehículo y al aire comprimido sobre el área frontal del mismo, se calcula por la fórmula:

$$R_a = \frac{\gamma}{2} C_x \times A \times V^2, \text{ en N.} \quad [1.6]$$

donde:

g: peso específico del aire,

C_x : coeficiente aerodinámico,

A : área frontal del vehículo, en m²,

V : velocidad avance del vehículo, en m/s.

Por último, para determinar la resistencia a la aceleración se emplea la expresión.

$$F_{ac} = \frac{G}{g} \times \delta \times A = \frac{G}{g} \times \delta \times \frac{dV}{dt} \quad [1.7]$$

donde:

d : coeficiente de la participación de las masas giratorias,

$$A = \frac{dV}{dt} : \text{Aceleración lineal de avance del vehículo, en m/s}^2.$$

Existen diferentes fórmulas que permiten determinar el coeficiente de participación de las masas giratorias (d). En este trabajo se ha seleccionado la siguiente ecuación, la cual resulta ser la más utilizada y la que da mejores resultados de acuerdo a la bibliografía consultada [2]:

$$\delta = 1.04 + 0.05 \times I_{cv}^2 \quad [1.8]$$

A continuación se presenta el esquema que permite determinar la fuerza de tracción dependiendo del tipo de vehículo. Como puede observarse en la figura 1.54, cuando la aceleración es cero (ACE(I) = 0), la fuerza de tracción es función

de la resistencia al avance en el instante (I), si el movimiento es acelerado la fuerza de tracción es función de la resistencia al avance y la resistencia a la aceleración, por último, en el periodo de desaceleración, esta fuerza de tracción será estimada sobre la base de la resistencia al avance que se obtendría a una velocidad de 2.5 MPH. Muchos autores señalan que por debajo de este valor de velocidad del vehículo se puede considerar que el motor opera en vacío.

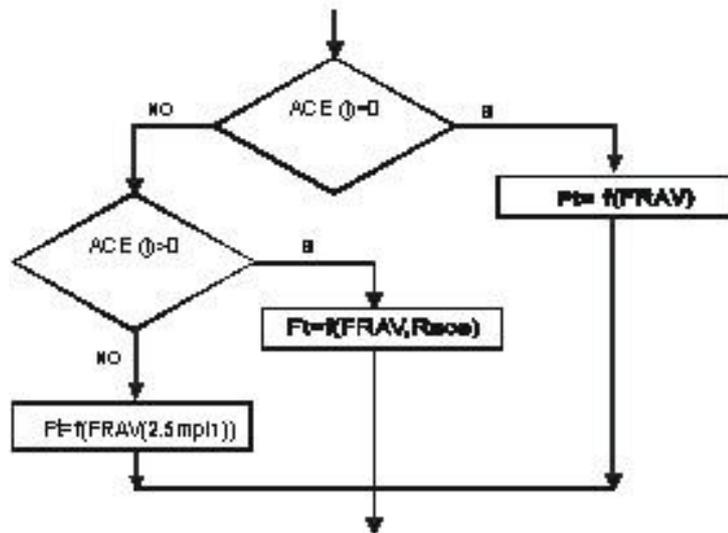


Figura 1.54 Esquema para el cálculo de la fuerza de tracción dependiendo el tipo de movimiento.

Es importante señalar que a velocidades promedio relativamente bajas como las que caracterizan el ciclo urbano FTP-75, se conoce que el valor promedio de eficiencia efectiva del motor esta entre 0.12 y 0.15, adicionalmente para el ciclo extraurbano en donde las velocidades promedio son mayores, el valor está entre 0.15 y 0.18.

La respuesta del conductor ante la necesidad de un cambio de marcha, se simula siguiendo el esquema representado en la figura.

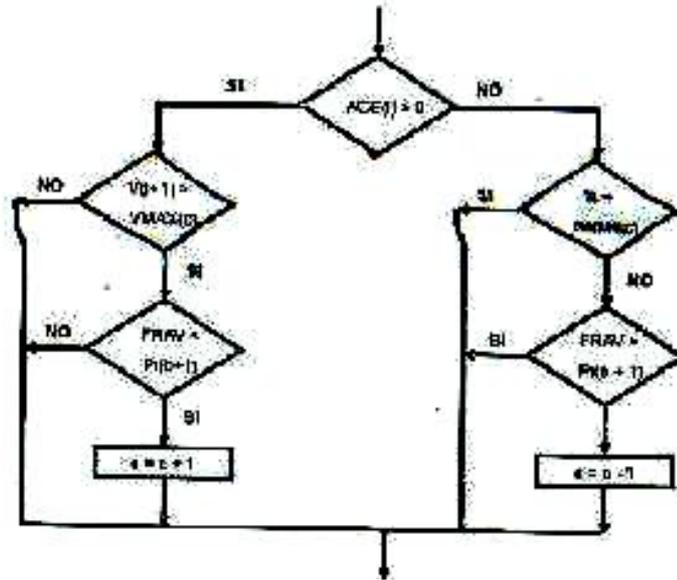


Fig. 1.55 Esquema del Cambio de Marcha

Si la aceleración es positiva ($ACE(I) > 0$), se analiza la posibilidad de un cambio a una marcha superior verificando si:

La velocidad de avance ($V(I+1)$) es mayor que la velocidad máxima en la marcha inferior, y

La fuerza de resistencia al avance es menor que la fuerza de tracción para la marcha superior.

Si se cumplen estas dos condiciones se efectúa el cambio a una marcha superior, de lo contrario no se realiza.

Si se experimenta una desaceleración del vehículo ($ACE(I) < 0$), se analiza la posibilidad de un cambio a una marcha inferior verificando, si:

La velocidad de rotación del motor (N), es igual a la velocidad de rotación mínima $NMIN(C)$, y

La fuerza de resistencia al avance es mayor a la fuerza de tracción en la marcha superior.

Si se cumplen estas dos condiciones se efectúa el cambio a una marcha inferior, de lo contrario no se realiza.

Al conocer la marcha acoplada C, se selecciona el valor del rendimiento mecánico del sistema de transmisión, además se calcula el coeficiente de participación de masas giratorias.

1.5.2.- FATIGA DE LOS MATERIALES POR LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE LA CAJA DE VELOCIDADES.

1.5.2.1.- Requerimientos de los materiales de fricción para discos de embrague.

“El proceso de transmisión de par en los embragues de fricción está controlado en gran medida por las cualidades del material de fricción en el disco de embrague y que roza con el volante motor y el disco de presión.”¹¹ Las principales características del comportamiento tribológico de los materiales en contacto deben ser:

Ambos materiales en contacto deben tener un alto coeficiente de fricción. Un elevado valor de este parámetro permite minimizar la presión necesaria para conseguir la transmisión de par.

Los materiales en contacto deben resistir los efectos de desgaste, punzonamiento, ablación y formación de microsoldaduras.

El valor del coeficiente de fricción debe ser constante sobre un rango de temperaturas y presiones adecuado.

Los materiales deben ser resistentes a las condiciones atmosféricas y ambientales (humedad, presión, contaminación, partículas de polvo...).

Los materiales deben poseer buenas propiedades térmicas: alta conductividad térmica, baja inercia térmica y adecuada resistencia a las altas temperaturas.

Capacidad para soportar elevadas presiones de contacto.

¹¹ Shigley J; Diseño en Ingeniería Mecánica 5^{ta} edición, Editorial Mc GRAW HILL, Mexico; 1990

Buena resistencia a esfuerzos cortantes transmitidos por la fricción de los elementos.

Materiales de fabricación y uso seguros, y aceptables para el medio ambiente (algo que cada vez cobra más importancia).

Debe tener una vida útil de hasta cientos de miles de kilómetros.

Por tanto, se infiere que el embrague es un sistema que debe ser capaz de transmitir pares que en ocasiones pueden ser muy grandes, y hacerlo de modo adecuado bajo condiciones muy adversas, cumpliendo además severos requisitos.



Fig. 1.56 Disco de Embrague

1.5.2.2 Materiales de fricción.

El presente punto se centra en describir la evolución histórica de los materiales de fricción utilizados en los embragues de automoción, así como los materiales actuales disponibles. Por último, centrándose más en la competición, se indican los materiales adecuados en función del tipo de vehículo y disciplina.



Fig. 1.57 Materiales de Fricción.

Tabla I.1 Coeficientes de fricción, temperatura y presión máxima. Materiales combinados.

Material Combination	Coefficient of Friction		Temp. (max)	Pressure (Max)
	Wet	Dry	Deg.C	MPa
Cast Iron/Cast Iron	0,05	0,15-0,20	300	0,8
Cast Iron/Steel	0,06	0,15-0,20	300	0,8-1,3
Hard Steel/Hard Steel	0,05	0,15-0,20	300	0,7
Wood/Cast Iron-steel	0,16	0,2-0,35	150	0,6
Leather/Cast Iron-steel	0,12-0,15	0,3-0,5	100	0,25
Cork/Cast Iron- Steel	0,15-0,25	0,3-0,5	100	0,1
Felt/Cast Iron- Steel	0,18	0,22	140	0,06
Woven Asbestos/Cast Iron- Steel	0,1-0,2	0,3-0,6	250	0,7
Moulded Asbestos/Cast Iron- Steel	0,08-0,12	0,2-0,5	250	1,0
Impregnated Asbestos/Cast Iron- Steel	0,12	0,32	350	1,0
Carbon-graphite/Cast Iron- Steel	0,05-0,1	0,25	500	2,1
Kelvar/Cast Iron- Steel	0,05-0,1	0,35	325	3,0

1.5.2.3 Efectos torsionales

Todos los componentes del embrague están sometidos a fuertes cargas torsionales y de compresión, pudiéndose generar fallos por no soportar estos, en algún punto, tales esfuerzos.

En la mayoría de los casos, el fallo se presenta como destructivo, obteniéndose una inmediata pérdida de las prestaciones del sistema.

Son típicas roturas en el estriado de la maza de presión, alguno de los amortiguadores del disco de embrague, alguna lengüeta del diafragma o alguno de los rodamientos del sistema. Estas roturas se producen por un diseño y dimensionado inadecuado, por un defecto en el montaje o por un uso excesivamente duro.



Fig. 1.58 Estriado de la Maza Destruido

1.5.3.- FALLOS TÍPICOS DEL SISTEMA DE EMBRAGUE DE FRICCIÓN.

En este punto se detallan los principales fallos del sistema de embrague tratado en este trabajo, tanto del material de fricción como de otros componentes, así como las posibles causas y el comportamiento anormal que el conductor o piloto puede detectar.

1.5.3.1 Fallos en el material de fricción de los discos de embrague.

1.5.3.1.1.- Embrague quemado

Sucede en la mayoría de los casos cuando el pedal del embrague se mantiene en una posición en la que el disco de embrague no se encuentra totalmente presionado contra el volante motor y el plato de presión. En estas circunstancias, el volante motor fricciona contra el material de fricción del disco de embrague de

un modo continuado, sobrecalentándolo. Este proceso sostenido provocará no solo un olor muy característico, sino un desgaste inaceptable del material de fricción.



Fig. 1.59 Disco de Embrague Quemado

El uso excesivamente intenso, con continuas aceleraciones en parado y reducciones violentas a marchas inferiores también produce el desgaste prematuro del material.

Un embrague quemado queda totalmente inutilizado para su uso figura 1.59.

1.5.3.2.- Fallos en otros componentes.

Por otra parte, un hábito típico de conducción, consistente en mantener, en parado (por ejemplo en un semáforo) el pedal de embrague apretado y la primera marcha engranada, carga el cojinete de embrague en exceso, reduciendo su vida y pudiendo causar ruido.



Fig. 1.60 Rotura de lengüeta del diafragma

La selección de una marcha excesivamente superior causa cargas excesivas en disco de embrague y puede dañarlo o dañar por torsión los muelles de disco. Por último, la carga excesiva del vehículo puede provocar la rotura de componentes como los rodamientos o el disco de embrague.

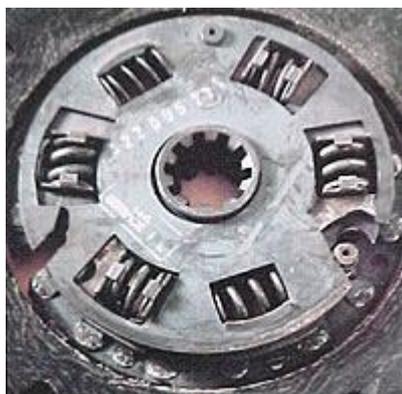


Fig. 1.61 Grieta en el disco de embrague.

1.6.- MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO

1.6.1.- ¿QUÉ SON LOS MÓDULOS DE CONTROL ELECTRÓNICO?

Un modulo de control electrónico (ECM) o módulo de control de potencia (PCM), es una combinación de dispositivos y circuitos digitales que pueden realizar una secuencia programada de operaciones con un mínimo de intervención humana,

así éste es el encargado de recibir la señales de entrada de los diferentes sensores, interruptores, batería entre otros; procesarla internamente a través de sus memorias y controlar los distintos subsistemas del vehículo.

El programa es un conjunto de instrucciones codificadas que se almacena en la memoria interna de la computadora con todos los datos que el programa requiere. Cuando a la computadora se le ordena ejecutar el programa, ésta lleva a cabo las instrucciones en el orden en que están almacenadas en la memoria hasta que el programa se completa. Esto lo hace a velocidades extremadamente altas.



Fig. 1.62 Módulo de control Electrónico

1.6.2.- PARTES PRINCIPALES DEL MÓDULO DE CONTROL

Cada computadora contiene cinco elementos o unidades esenciales.

1.6.2.1.- Unidad aritmética lógica

La ALU es el área de la computadora en la cual se realizan operaciones aritméticas y lógicas con datos. El tipo de operación que se realizará se determina por medio de la unidad de control. Los datos que serán utilizados por la ALU pueden provenir de la unidad de memoria o de la unidad de entrada. Los resultados de operaciones realizadas en la ALU pueden transferirse a la unidad de memoria para ser almacenados o a la unidad de salida.

1.6.2.2.- Unidad de memoria

La memoria almacena grupos de dígitos binarios que pueden representar instrucciones que la computadora ejecutará y los datos que serán operados por el programa. La memoria también sirve como almacenamiento de resultados intermedios y finales de operaciones aritméticas.

La operación de la memoria es controlada por la unidad de control, que indica una operación de lectura o de escritura. Una localidad dada en la memoria se accesa por la unidad de control, la cual, proporciona el código de dirección adecuado. Puede escribirse información en la memoria de la ALU o de la unidad de entrada, una vez más bajo el mando de la unidad de control. Puede leerse información de la memoria de la ALU o de la unidad de entrada.

El PCM dispone internamente de tres memorias de procesamiento y la toma de decisiones: la memoria de solamente lectura (ROM), memoria de lectura programable (PROM) y memoria de acceso aleatorio (RAM).

1.6.2.2.1.- Memoria de Solo Lectura.- ROM

“La ROM contiene el programa básico del ECU. Es la parte que dice cuando ocurrir esto, debo hacer que ocurra aquello. La ROM contiene una memoria no volátil, es decir cuando se le suprime la alimentación de energía, retiene su programación en memoria.

1.6.2.2.2.- Memoria de Solo Lectura Programable PROM –EPROM

La PROM, es el microprocesador de sintonía fina y no volátil, similar a la ROM. Este chip contiene información acerca del auto específico que tiene instalación el ECU, como la siguiente: Tamaño, peso, resistencia al viento, resistencia al rodaje, tamaño del motor, tipo de transmisión, diseño del árbol de levas, dispositivo del

control de emisiones, velocidad de corte de combustible, tiempo de arranque en frío, y otros.

La información de la PROM se aplica a la ROM para ayudarla a tomar decisiones. Cuando se hacen modificaciones al motor en un modelo anterior con inyección de combustible, hay que reemplazar la PROM.

1.6.2.2.3.- *Memoria de Acceso Aleatorio.*

La RAM es utilizada por el ECU para el almacenamiento temporal de información o para efectuar computaciones matemáticas. Almacena información de la historia de los datos del motor y fallas que se detectan en los circuitos sensores y actuadores del sistema.”¹²

1.6.2.3.- **Unidad de entrada**

Esta unidad consta de todos los dispositivos que se usan para tomar información y datos que son externos a la computadora y colocarlos en la unidad de memoria o la ALU. La unidad de control determina hacia dónde se envía la información de entrada. La unidad de control se utiliza para meter el programa y los datos en la unidad de memoria antes de poner en marcha la computadora. Esta unidad se usa asimismo para introducir datos en la ALU desde un dispositivo externo durante la ejecución de un programa. Algunos de los dispositivos de entrada comunes son los teclados, interruptores, impresoras, lectoras de tarjetas perforadas, unidades de disco magnético, unidades de cinta magnética y convertidores de analógico a digital (ADC).

¹² Erazo G; Apuntes de Inyección Electrónica de Gasolina, ESPE-L, 2006

1.6.2.4.- Unidad de salida

Esta unidad consta de los dispositivos que se usan para transferir datos e información de la computadora al "mundo exterior". Los dispositivos de salida son dirigidos por la unidad de control y pueden recibir datos de la memoria o de la ALU, los cuales después se colocan en forma adecuada para su uso externo. Algunos ejemplos de dispositivos de salida comunes son dispositivos de exhibición LED, luces indicadoras, impresoras, unidades de disco o cinta, monitores de video y convertidores de digital a analógico (DAC).

1.6.2.5.- Interfases

Los componentes que constituyen las unidades de entrada y salida se llaman periféricos, porque están en el exterior del resto de la computadora. El aspecto más importante de los periféricos incluye interfases. La interfase con la computadora se define específicamente como transmisión de información digital entre una computadora y sus periféricos en una forma compatible y sincronizada.

Muchos dispositivos de entrada y salida no tienen compatibilidad con la computadora debido a diferencias en características tales como velocidad de funcionamiento, formato de datos, modo de transmisión de datos y nivel de las señales lógicas.

Esos dispositivos de E/S requieren circuitos especiales de interfase que les permiten comunicarse con las secciones de control, memoria y ALU del sistema de la computadora, tales como:

1.6.2.6.- Unidad de control

Dirige la operación de todas las otras unidades ofreciendo señales de temporización y control. Esta unidad contiene circuitos lógicos y de temporización

que generan las señales adecuadas que se necesitan para ejecutar cada instrucción en un programa.

La unidad de control extrae una instrucción de la memoria, mediante el envío de una dirección y un comando de lectura a la unidad de memoria.

1.6.2.7.- Unidad Central de proceso (CPU)

En la figura la ALU y la unidad de control se muestran combinadas en la llamada unidad central de procesos o (CPU). Lo anterior se hace comúnmente para separar los cerebros de la computadora de otras unidades. En una microcomputadora la CPU es usualmente un solo microcircuito el microprocesador o a lo más el microprocesador con uno o dos microcircuitos adicionales.

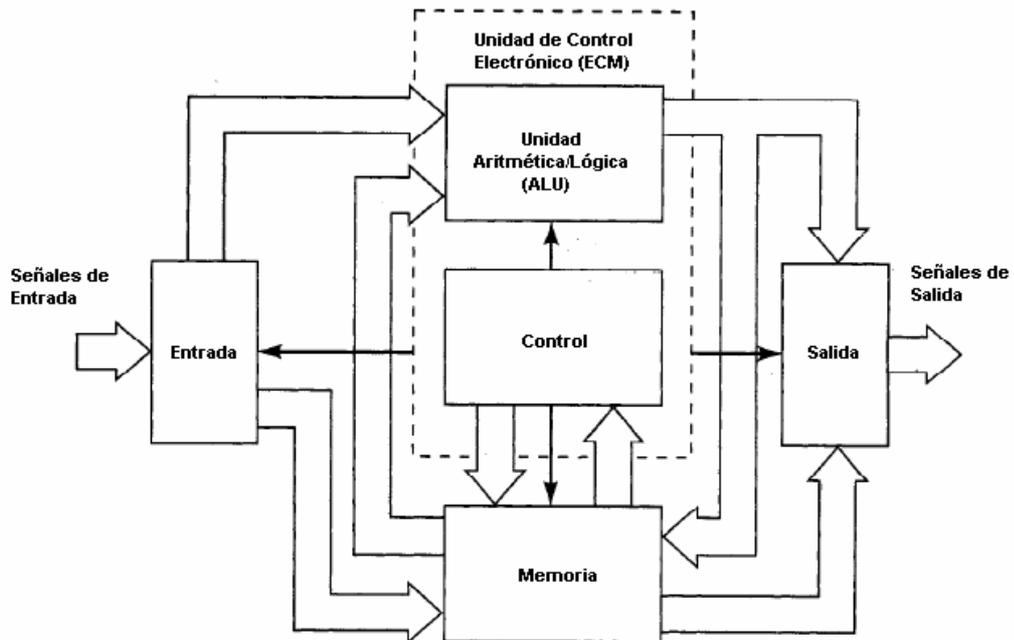


Fig. 1.63 Esquema de unidad de control de procesos

La interconexión básica de estas unidades se muestra en la figura. Las flechas en este diagrama indican la dirección en la cual fluyen los datos, información o señales de control.

1.6.3.- CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)

“Los controladores lógicos programables son controladores electrónicos digitales aparecidos a comienzos de los 70, esta idea surgió por un problema de la compañía General Motors ya que por la actualización de los modelos de los motores tenían que desmantelar todo el circuito de control para poder realizar varios modelos, entonces esto se convirtió en una gran pérdida de dinero y tiempo, por lo cual, por parte de Bradford Associates surgió la idea de crear un dispositivo capaz de ser programado una y otra vez sin tener que desmantelar los circuitos de control, ya que solo bastaba con modificar el programa que guiaba el controlador digital en su funcionamiento, que resulto ser el primer PLC comercialmente producido. El uso de un lenguaje de programación con una estructura o representación similar a la de los arreglos de relevadores en escalera (diagrama de escalera) fue una buena elección para "construir programas" que manejen a estos dispositivos ya que facilitó el entrenamiento de los operadores que ya conocían estos diagramas. Así el primer lenguaje para PLC's, considerado de bajo nivel, fue el "Lenguaje Ladder o de escalera".

El uso de una computadora permite cambiar la funcionalidad del control de procesos si más que cambiar el programa, pues los elementos "clásicos de control del sistema" tales como relés, temporizadores, etc., se definen dentro del programa interno de la computadora que ahora realiza el control del proceso industrial.

El controlador lógico programable (PLC) es una computadora fácilmente programable para realizar tareas de control; es decir, procesa señales binarias de entrada y las convierte en señales de salida; con éstas se pueden controlar directamente secuencias mecánicas, procesos fabriles totales o parciales, etc.

1.6.3.1.- Componentes de un PLC

Según el problema técnico que se tenga que resolver con un PLC, la configuración de éste puede ser más o menos compleja. Independientemente del grado de complejidad de la aplicación, el equipo consta siempre de los siguientes componentes esenciales:

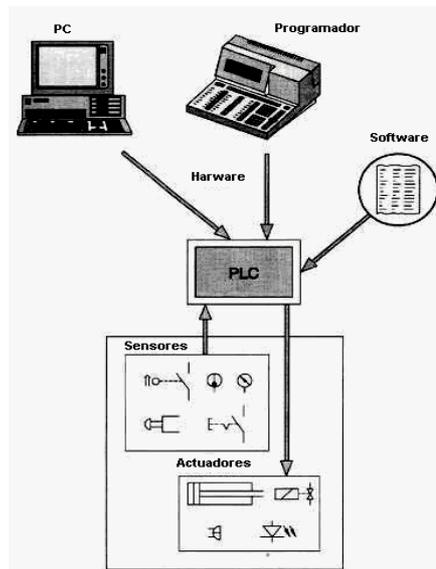


Fig. 1.64 Componentes PLC

1.6.3.2.- Hardware

Por hardware se entienden los grupos electrónicos. Estos se encargan de activar o desactivar las funciones controlables de la instalación o maquinaria en función de una secuencia lógica determinada

1.6.3.3.- Software

Por software se entienden los programas. Estos determinan los enlaces lógicos y, por consiguiente, la activación o desactivación, o sea el mando, de los grupos controlables en la instalación o maquinaria. El software, o sea los programas, están archivados en una memoria (hardware) propia y especial, de la cual pueden ser recuperados y, en su caso, modificados en cualquier momento dado. Al modificar el programa se altera también la secuencia del mando. Una modificación o cambio de software no implica un cambio del hardware.”¹³

1.6.3.4.- Sensores

“La técnica de los sensores abarca todos los grupos o dispositivos sobre la instalación o maquinaria controlable, que se encargan de comunicar al PLC la información sobre estados de máquina. Los elementos sensores pueden ser, por ejemplo, conmutadores o detectores de proximidad.

1.6.3.5.- Actuadores

La técnica de los actuadores abarca todos los grupos sobre la instalación o maquinaria controlable, cuya actuación modifica los estados del PLC, es decir modifica los procesos o indica alteración de estados. Los elementos actuadores pueden ser, por ejemplo, zumbadores o electroválvulas. Equipo programador Con éste se elabora el software y se lo memoriza en el PLC. En la mayoría de los casos sirve también para comprobación de los programas.

El PLC lee permanentemente la entrada correspondiente al sensor de temperatura es menor a la deseada, conecta el calefactor y lo desconecta cuando es menor que la deseada. Podría, además utilizarse otra salida para activar un

¹³ **Reinoso S; Apuntes de PLC**

sistema de aviso cuando la temperatura está fuera del nivel de tolerancia por un tiempo superior al máximo permitido.”¹⁴

1.6.3.6.- Equipo Programador

El equipo programador se utiliza para introducir y editar los programas, para traducirlos al código PLC, para implementarlos en el PLC y para comprobada

Antes se solían utilizar equipos especiales que eran sólo compatibles con los equipos de control de una marca determinada. En la actualidad se utiliza cada vez más un ordenador personal normal como equipo de programación. Para que el ordenador personal pueda desempeñar las funciones de programador, es preciso incorporarle un software específico para los fines de control.

1.6.3.7.- Sistemas de programación

“Los sistemas de programación implementados en ordenadores personales ofrecen, casi siempre, varias alternativas de programación. El programador redacta el programa fuente gráficamente o bien en texto completo. El sistema de programación se encarga entonces de traducir el programa al código máquina; éste es el que interpreta el correspondiente PLC. Si el ordenador personal respectivo está dotado de un interfaz correspondiente a la marca del control, los programas pueden ser pasados directamente a la memoria del PLC.

Para más claridad y mejor documentación, los programas memorizados pueden ser impresos.

¹⁴ Erazo G; Apuntes de Inyección Electrónica de Gasolina, ESPE-L, 2006

1.6.3.8.- Equipos especiales de programación

Estos permiten, normalmente, programación con símbolos específicos y propios para la correspondiente tarea de control; Los símbolos indicados se basan en la norma DIN 19239.

El programa puede ser comprobado sobre la máquina. Para ello exista equipos programadores de bolsillo. Con estos programadores miniaturizados se pueden modificar los programas en máquina.”¹⁵

1.6.4.- MICROCONTROLADORES



Fig. 1.65 Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

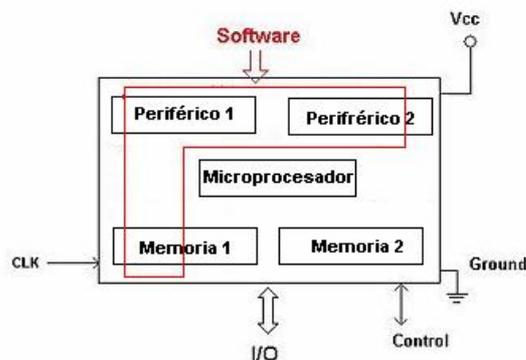


Fig. 1.66 esquema de un micro controlador

¹⁵ Reinoso S; Apuntes de PLC

Son diseñados para disminuir el coste económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Un microcontrolador difiere de una CPU normal, debido a que es más fácil convertirla en una computadora en funcionamiento, con un mínimo de chips externos de apoyo. La idea es que el chip se coloque en el dispositivo, enganchado a la fuente de energía y de información que necesite, y eso es todo. Un microprocesador tradicional no le permitirá hacer esto, ya que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros chips. Hay que agregarle los módulos de entrada/salida (puertos) y la memoria para almacenamiento de información.

Un microcontrolador típico tendrá un generador de reloj integrado y una pequeña cantidad de memoria Ram y Rom / Eprom / Eeprom / Flash, significando que para hacerlo funcionar, todo lo que se necesita son unos pocos programas de control y un cristal de sincronización. Los microcontroladores disponen generalmente también de una gran variedad de dispositivos de entrada/salida, como convertidores de analógico a digital, temporizadores, USARTs y buses de interfaz serie especializados, como I2C y CAN. Frecuentemente, estos dispositivos integrados pueden ser controlados por instrucciones de procesadores especializados. Los modernos microcontroladores frecuentemente incluyen un lenguaje de programación integrado, como el BASIC que se utiliza bastante con este propósito.

Los microcontroladores negocian la velocidad y la flexibilidad para facilitar su uso. Debido a que se utiliza bastante sitio en el chip para incluir funcionalidad, como los dispositivos de entrada/salida o la memoria que incluye el microcontrolador, se ha de prescindir de cualquier otra circuitería.

1.7.- NORMAS DE SEGURIDAD

El análisis de causas de los accidentes de trabajo y el conocimiento adquirido ante comportamientos y situaciones peligrosas pone de manifiesto la necesidad de establecer un esquema sistemático de actuación que, de forma secuencial, aborde las distintas fases de que consta una tarea, al tiempo que permita introducir acciones concretas tendentes a crear unas condiciones de trabajo seguras en todas ellas.

1.7.1.- TÉCNICAS PREVENTIVAS GLOBALES

1.7.1.1.- Seguridad en el trabajo

“La seguridad en el trabajo es la técnica que tiene como finalidad luchar contra los accidentes de trabajo, evitando que se produzcan o minimizando sus consecuencias inmediatas.

Consiste en el mantenimiento y corrección de cada proceso de trabajo a partir de unos procesos de inspección, investigación y análisis.

- **Inspección:** mediante el denominado check-ric, que consiste en la verificación y observación de las instalaciones
- **Investigación:** que se centra en la comprobación del grado de riesgo, mediante los mecanismos propios del ramo y de la materia
- **Análisis:** detectado el riesgo de un accidente laboral, se debe redactar un informe detallado en el cual se debe constatar las circunstancias, causas, motivos y sugerencias para las posibles soluciones, así como el grado de prioridad.”¹⁶

¹⁶ De-Vos Pascual J; Seguridad e higiene en el Trabajo, McGraw Hill, España 1994

1.7.1.1.1.- Normas Generales

1. Todo aviso o señal de seguridad constituye una norma, por lo que se debe cumplir en todo momento
2. Todo trabajador debe cumplir las indicaciones dadas por su superior en cuanto a métodos de Seguridad en el Trabajo.
3. Cualquier rotura, daño o defecto producido sobre las instalaciones, trabajadores, máquinas, etc., deben ser comunicados de inmediato al personal responsable.
4. El lugar o puesto de trabajo debe mantenerse en todo momento ordenado y limpio.
5. En las fábricas, el tránsito de personal debe efectuarse por los pasillos, calles, pasajes, escaleras y puertas de acceso señaladas a tal efecto, y bajo ningún concepto se permite correr. Los pasillos y las calles deben estar libres de obstáculos. Dentro del recinto se debe seguir el Código de Circulación.
6. Cualquier herida o lesión, por leve que sea, debe ser tratada de inmediato en el botiquín (primeros auxilios) por el personal responsable.
7. Sólo se puede comer y beber durante el tiempo establecido a tal efecto, en los recintos donde está expresamente permitido.
8. Durante el tiempo de trabajo está totalmente prohibido ingerir bebidas alcohólicas y productos de naturaleza narcótica. Tampoco se permitirá la entrada al trabajador que se encuentre en estado de embriaguez.
9. No se debe penetrar en los recintos cerrados ni en los de paso restringido al personal autorizado.
10. En recintos donde se almacenan materias fácilmente inflamables está terminantemente prohibido fumar.
11. Se debe conocer perfectamente el funcionamiento y ubicación de los extintores.
12. Queda totalmente prohibido detenerse debajo de cargas suspendidas en el aire.

13. En los puestos donde se requiere, es obligatorio el uso de equipo de protección personal.
14. No se debe usar el aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar virutas.
15. No se debe apilar o dejar material fuera de los lugares señalados.
16. Para la extracción de líquidos corrosivos, deben emplearse dispositivos que eviten salpicaduras, como son los voladores, sifones, embudos, pipetas, etc.
17. Revisar las herramientas de trabajo para asegurarse de su correcto estado de utilización

1.7.2.- PROTECCIÓN EN EL SISTEMA NEUMÁTICO

1.7.2.1.- Líneas de presión del fluido

Cuando se vaya a realizar alguna inspección o cambio de conductos o acoples en las líneas de presión, asegúrese de que éstas no contengan el fluido presurizado para poder manipularlas con plena seguridad.

1.7.2.2.- Bocas de descarga

Están dotadas de las correspondientes válvulas de vaciado y tapas roscadas. Estas válvulas se identifican con el mismo número de depósitos a los que están conectados, siendo la numeración, colores distintivos y disposición de las mismas, correlativas y en el mismo orden y sentido que los compartimentos del depósito o reservorio.

1.7.2.3.- Válvulas de descarga

Las válvulas de descarga junto con las tapas roscadas, no permiten la salida de producto existente en la tubería de salida, a partir de las válvulas de fondo del depósito del fluido. Un buen funcionamiento de estas válvulas de fondo impide la salida del contenido existente dentro de la cisterna o compartimiento ante una disfunción de las válvulas de descarga o un eventual rotura de las mismas por impacto-empotramiento. Para una mayor protección, las válvulas de vaciado o descarga, se alojan dentro de una caja metálica cerrada donde se localizan otros dispositivos de control (conexión de recogida de gases, convertidor de descarga, manómetros, etc.)

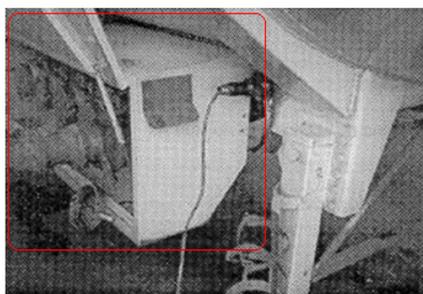


Fig. 1.67 Conjunto válvulas de descarga

1.7.3.- PROTECCIÓN PERSONAL

Las protecciones personales se deben utilizar cuando se verifica la insuficiencia de los sistemas de prevención y tras agotar la posibilidad de implantación de los sistemas de protección colectiva o como complemento de ésta; por ello, son la última barrera entre el individuo y el riesgo.

Éstas deben ser adecuadas al riesgo que protegen, no generar nuevos riesgos, no dificultar el trabajo, ser cómodas, adaptadas a cada persona, y que se puedan quitar y poner fácilmente.

Su utilización es obligatoria en los puestos de trabajo donde resulten preceptivas y serán proporcionadas gratuitamente por la empresa.

1.7.3.1.- Protección para extremidades

- **Guantes**

Unos guantes se consideran idóneos cuando son adecuados a la tarea que se está desarrollando y cuando no producen alteraciones irritativas o de sensibilización de la piel.



Fig. 1.68 Guantes de Protección

- **Calzado**

Asegúrese de utilizar el calzado adecuado al tipo de trabajo a desempeñar, tomando en cuenta la siguiente tabla:



Fig. 1.69 Calzado de Seguridad

Tabla I.2 Tipos de calzado de seguridad

RIESGOS	TIPOS
Mecánicos (MT-5)	Clase I, con puntera de seguridad. Clase II, con puntera o plantilla de seguridad. Clase III, con puntera y plantilla de seguridad. Su uso es obligatorio donde existe riesgo de perforación de las suelas y caídas de materiales pesados.
Eléctricos (homologación específica)	De caucho y caña alta, están homologados en función de las tensiones de trabajo.
De quemaduras térmicas (sin homologación)	Según la temperatura de trabajo se emplearán de diferentes materiales, cuero, caucho, etc.
Químicos (homologación específica)	Según el agente agresivo serán antiácidos, antigraso. Impermeables al agua y a la humedad (MT-27), - Clase IM, normales. - Clase E, especiales, frente a riesgos de caídas de objetos o perforación de la suela. Protegen en la misma forma que la definida en la Norma de Homologación MT-5 frente a riesgos mecánicos.

1.7.3.2.- Protección de la cabeza



Fig. 1.70 Casco

Ayuda con la protección de la cabeza contra caída de objetos, golpes, choques, proyección de partículas, contactos eléctricos ele alta y baja tensión, atrapamiento de cabellos y suciedad.

Se recomienda la sustitución de los cascos cada 2 años, y deben ser obligatoriamente dados de baja a los 10 años de su fabricación aun cuando no

hayan sido utilizados y hayan quedado almacenados tras sufrir un impacto violento, aunque no se aprecie exteriormente deterioro alguno. Son de uso personal y, si han de ser utilizados por otras personas, se deben cambiar las partes inferiores que entran en contacto con la cabeza.

1.7.3.3.- Protección de la cara

Brindan protección contra partículas sólidas y líquidas. Exposición a radiaciones nocivas. Exposición a atmósferas agresivas.

El tipo de electos empleados son gafas y pantallas faciales.



Fig. 1.71 Tipos de gafas de seguridad

1.7.3.4.- Protección auditiva

Reducen el ruido generado en el área de trabajo evitando lesiones temporales o permanentes en el sentido del oído por una sobre exposición al mismo. Cada protector auditivo tiene una capacidad de disminución del ruido que depende de la frecuencia.



Fig. 1.72 Orejeras

1.7.3.5.- Protección respiratoria

Previene la inhalación de gases, vapores, humos, polvo y contaminantes biológicos. Como protección respiratoria podemos emplear mascarillas y equipos de respiración semi-autónomos



Fig. 1.73 Mascarilla con protección visual

1.7.4.- EQUIPO PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS



Fig. 1.74 Extintor

Cerca de toda operación de soldadura y corte debe mantenerse el equipo adecuado para la extinción de incendios que corresponda a las normas de la OSHA. Lo adecuado del equipo se determina mediante un análisis de las condiciones que se observen en la escena de las operaciones.

II.- ANÁLISIS Y DISEÑO

2.1.- DETERMINACIÓN DE FUERZAS DE ACCIONAMIENTO

2.1.1.- CÁLCULO DE ESFUERZOS DE ACCIONAMIENTO DEL EMBRAGUE

2.1.1.1.- Embrague de fricción de conexión axial

“Un embrague de conexión axial o de disco es aquél en que los elementos friccionantes se mueven en dirección paralela al eje de rotación.

El embrague de disco simple (figura 2.1) tiene ventajas que incluyen la eliminación de los efectos centrífugos, la gran superficie friccionante que puede instalarse en un pequeño espacio, superficies disipadoras de calor más eficaces y una favorable distribución de la presión.

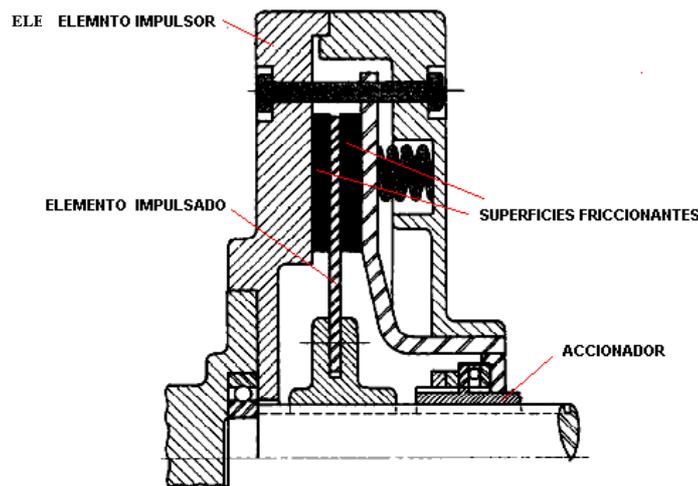


Fig. 2.1 Sección Transversal de un Embrague de un solo disco

La figura 2.2 muestra un disco de fricción que tiene un diámetro exterior D y un diámetro interior d . Interesa evaluar la fuerza axial F necesaria para producir un cierto momento de rotación T y una presión p . Generalmente se usan dos métodos para resolver el problema, según el tipo de construcción del embrague que se use. Si los discos son rígidos entonces el mayor grado de desgaste

ocurrirá primero en las áreas exteriores, ya que el trabajo de fricción es mayor en aquellas zonas. Después de que ha ocurrido un cierto desgaste, cambiará la distribución de la presión para hacer que el desgaste sea uniforme.

Otro tipo de construcción emplea resortes para obtener presión uniforme sobre el área. Para los cálculos de la presente tesis haremos uso de la hipótesis de presión uniforme que es la empleada en el segundo método de resolución.

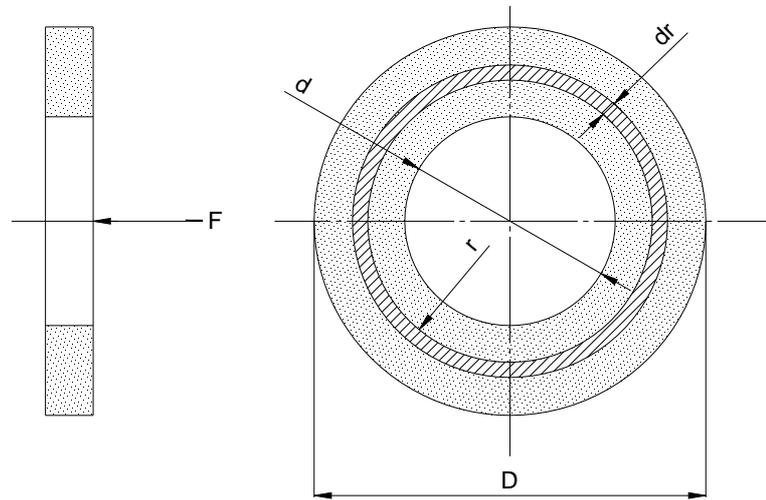


Fig. 2.2 Embrague de Disco

2.1.1.1.1.- *Desgaste uniforme*

Después que se ha realizado el desgaste inicial y los discos se han gastado hasta hacer posible el desgaste uniforme, la mayor presión debe ocurrir en $r = d/2$ a fin de que siga siendo así. Representando la presión máxima por P_a se tiene que:

$$P = \frac{P_a d}{2r} \quad [2.1]$$

Que es la condición para tener el mismo trabajo realizado al radio r que al radio $d/2$. En la figura 2.2 se ve un elemento de área de radio r y espesor dr . El área de este elemento es $2\pi \times r \times dr$ por lo cual la fuerza normal que actúa en este

elemento es $\partial F = 2Pr \partial r$. Puede calcularse la fuerza total integrando r desde $d/2$ hasta $D/2$. Así:

$$F = \int_{d/2}^{D/2} 2\pi Pr \partial r = \pi P_a d \int_{d/2}^{D/2} \partial r = \frac{\pi P_a d}{2} (D - d) \quad [2.2]$$

El valor de la fuerza de trabajo para la presión máxima P_a seleccionada se verifica para cualquier número de pares de superficies de fricción.

El momento de la fricción se determina integrando el producto de la fuerza friccional y el radio:

$$T = \int_{d/2}^{D/2} 2\pi r f Pr^2 \partial r = \pi f P_a d \int_{d/2}^{D/2} r \partial r = \frac{\pi f P_a d}{8} (D^2 - d^2) \quad [2.2]$$

Donde f es el coeficiente de fricción y sustituyendo el valor de F , tenemos:

$$T = \frac{Ff}{4} (D + d) \quad [2.3]$$

La ecuación [2.3] da la capacidad del momento para una sola superficie friccionante, por lo que tendríamos que multiplicar por dos el resultado de la ecuación para obtener un momento para las dos superficies friccionantes del disco de embrague.

2.1.1.1.2.- *Presión uniforme*

Cuando puede suponerse una presión uniforme sobre el área del disco, la fuerza F es simplemente el producto de la presión y el área. Así:

$$F = \frac{\pi P_a}{4} (D^2 - d^2) \quad [2.4]$$

Como antes, el momento se obtiene integrando el producto de la fuerza friccionante y el radio:

$$T = 2\pi f P \int_{d/2}^{D/2} r^2 \partial r = \frac{2\pi f P}{24} (D^3 - d^3) \quad [2.5]$$

Como $P = P_a$ podemos escribir la ecuación anterior como:

$$T = \frac{Ff(D^3 - d^3)}{3(D^2 - d^2)} \quad [2.6]$$

Observe que para ambas ecuaciones el momento de fricción corresponde sólo a un par de superficies de contacto. De modo que este valor debe multiplicarse por el número de pares de superficies en contacto.¹⁷

2.1.1.2.- Cálculos del embrague

Para los cálculos necesarios para el presente proyecto de tesis dado, en cuanto al disco de embrague, tomaremos en consideración la hipótesis de presión uniforme debido a los resortes que presenta el disco; además de los siguientes datos proporcionados por las siguientes tablas:

¹⁷ Shigley J; Diseño en Ingeniería Mecánica 5^{ta} edición, Editorial Mc GRAW HILL, Mexico; 1990

Tabla II.1 Datos Técnicos Toyota Stout

Toyota Stout	
Serie motor	3Y
Cilindrada	1984 c.c.
Relación Comp.	8.8:1
Potencia	88 Hp@4600r.p.m.

Tabla II.2 Dimensiones del Disco de Embrague

Disco de Embrague	
Diám. Int. Guarnición (<i>d</i>)	160 mm
Diám. Ext. Guarnición (<i>D</i>)	224 mm
Nº de Resortes	4
Diám. Resorte	23 mm
Long. Resorte	40 mm
Espesor de Guarnición	9.35 mm

Tabla II.3 Materiales de Fricción para Embragues

MATERIAL	COEFICIENTE DE FRICCIÓN		TEMPERATURA MÁXIMA		PRESIÓN MÁXIMA	
	EN HÚMEDO	EN SECO	°F	°C	psi	kPa
Hierro fundido sobre hierro fundido	0.05	0.15-0.20	600	320	150-250	1000-1750
Metal pulverizado* sobre hierro fundido	0.05-0.1	0.1-0.4	1000	540	150	1000
Metal pulverizado* sobre acero duro (templado)	0.05-0.1	0.1-0.3	1000	540	300	2100
Madera sobre acero o hierro fundido	0.16	0.2-0.35	300	150	60-90	400-620
Cuero sobre acero o hierro fundido	0.12	0.3-0.5	200	100	10-40	70-280
Corcho sobre acero o hierro fundido	0.15-0.25	0.3-0.5	200	100	8-14	50-100
Fieltro sobre acero o hierro fundido	0.18	0.22	280	140	5-10	35-70
Asbesto tramado* sobre acero o hierro fundido	0.1-0.2	0.3-0.6	350-500	175-260	50-100	350-700
Asbesto moldeado* sobre acero o hierro fundido	0.08-0.12	0.2-0.5	500	260	50-150	350-1000
Asbesto impregnado* sobre acero o hierro fundido	0.12	0.32	500-750	260-400	150	1000
Grafito sobre acero	0.05-0.1	0.25	700-1000	370-540	300	2100

*El coeficiente de fricción puede mantenerse dentro de \pm 5% en el caso de materiales específicos en este grupo.

- **Momento de fricción:**

$$P = T \times \omega \quad [2.7]$$

$$\mathbf{P} = 88\text{Hp} \times \frac{550 \text{ ft.lb/seg}}{1\text{Hp}} \times \frac{1\text{W}}{0.738 \text{ ft.lb/seg}} = 65582.66\text{N.m}$$

$$\mathbf{W} = 4600 \frac{\text{rev.}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 481.71 \text{ rad/seg}$$

Despejando T y reemplazando en [2.7] tenemos:

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$T = \frac{65582.66\text{N}}{481.71\text{m}} \Rightarrow T \approx 136.15\text{N.m}$$

Debemos considerar que éste momento es para las dos superficies de fricción del disco.

- **Fuerza de Fricción o de Rotación:**

De la Tabla II.3 tomamos el coeficiente de rozamiento aproximadamente un valor de $f = 0.3$; de la ecuación [2.6] despejando F tenemos y reemplazando tenemos:

$$F = \frac{3(D^2 - d^2)T}{f(D^3 - d^3)} = \frac{3((0.224)^2 - (0.160)^2)136.15}{0.3((0.224)^3 - (0.160)^3)}$$

$$F \approx 4684.06\text{N}$$

Esta fuerza es también la fuerza de apriete del plato de presión

- **Presión en el disco**

De la ecuación [2.4] despejamos P_a y tenemos:

$$P_a = \frac{4F}{\pi(D^2 - d^2)} = \frac{4 \times 4684.06}{\pi((0.224)^2 - (0.160)^2)}$$
$$P_a \approx 242672.95 \text{ N/m}^2$$

- **Fuerza del pie aplicada al pedal del embrague**

$$F_D = F_A i \quad [2.8]$$

Donde F_D es la fuerza del pie aplicada al pedal

F_A es la fuerza de apriete del plato de presión

i es la relación total

Reemplazando en [2.8] tenemos con $i \approx 0.125$:

$$F_D = 4684.06 \times 0.125$$
$$F_D \approx 585.51 \text{ N}$$

- **Torsión**

El ángulo de torsión de la sección circular es:

$$\theta = \frac{T \times l}{G \times J} \quad [2.9]$$

Donde: T = momento torsionante

l = longitud del cuerpo

G = módulo de rigidez

J = momento polar de inercia

Para una sección circular hueca, tenemos:

$$J = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) \quad [2.10]$$

En el caso de las superficies de fricción del embrague, el momento polar de inercia es:

$$J = \frac{\pi}{32} ((0.224)^4 - (0.160)^4)$$
$$J = 1.83 \times 10^{-4} m^4$$

El valor del módulo de rigidez lo obtuvimos aplicando la siguiente expresión:

$$\nu = \frac{\text{def. uni.lateral}}{\text{def. uni.axial}} \quad [2.11]$$

Poisson demostró que estas dos deformaciones son proporcionales entre sí dentro de los límites de la ley de Hooke. Esta constante ν se expresa como relación de Poisson. Esta misma relación se verifica para la compresión. Estas tres constantes elásticas están relacionadas como sigue:

$$E = 2G(1 + \nu) \quad [2.12]$$

Tabla II.4 Módulos de Elasticidad y Coeficientes de Relación de Poisson

MATERIAL	E (GPa)	ν
Aleaciones de aluminio	68 – 73	0,33
Asbesto-cemento	24	
Bronce	78 – 110	0,36
Fierro fundido	80 – 170	0,25
Concreto	14 – 30	0,1 – 0,15
Cobre	107 – 131	0,34
Vidrio	46 – 73	0,24
Plomo	4,8 – 17	0,44
Acero	200 – 212	0,27
Plásticos		
ABS	1,7	0,33
Nylon	1,4 – 2,75	
Acrílico	6,0	0,33
Polietileno	0,8	0,46
Polistireno	5,0	0,4
PVC rígido	2,4 – 2,75	
Rocas		
Granito	50	0,28
Limestone	55	0,21
Cuarzita	24,0 – 44,8	
Arenisca	2,75 – 4,8	0,28
Schist	6,5 – 18,6	

Reemplazando los valores de la Tabla II.4 y reemplazando en [2.12], tenemos:

$$24 = 2G(1 + 0) \Rightarrow G = 12GPa$$

Reemplazando en [2.9] tenemos:

$$\theta = \frac{136.15 \times 0.0935}{12 \times 10^9 \times 1.83 \times 10^{-4}}$$

$$\theta = 5.79 \times 10^{-6} \text{ rad} \times \frac{180^\circ}{\pi \text{ rad}} \Rightarrow \theta \approx 0.033^\circ$$

- **Esfuerzo cortante**

El esfuerzo cortante máximo al cual esta sometida la guarnición del disco de embrague esta determinado por:

$$\tau = \frac{16TD}{\pi(D^4 - d^4)} \quad [2.13]$$

Reemplazando en [2.13], tenemos:

$$\tau = \frac{16 \times 136.15 \times 0.224}{\pi((0.224)^4 - (0.160)^4)}$$
$$\tau = 83405.16 \text{ N/m}^2$$

2.1.2.- CÁLCULO DE ESFUERZOS DE SINCRONIZACIÓN DE MARCHAS

“A medida que se mueve la palanca, la orquilla de cambios aplica una fuerza al manguito del cubo en la dirección de A indicada en la figura 2.4.

Como el manguito del cubo y la chaveta sincronizadora están engranados mediante la cresta de la chaveta, la fuerza se transmite a la chaveta sincronizadora, lo que a su vez empuja el anillo sincronizador contra la sección cónica del engranaje para comenzar la sincronización.

Debido a la diferencia de velocidad entre el manguito del cubo y el engranaje y a la fricción entre el anillo sincronizador y la sección cónica del engranaje, el anillo sincronizador se mueve en dirección de rotación del engranaje.

La magnitud de este movimiento es igual a la diferencia entre el ancho de la ranura y el ancho de la chaveta.

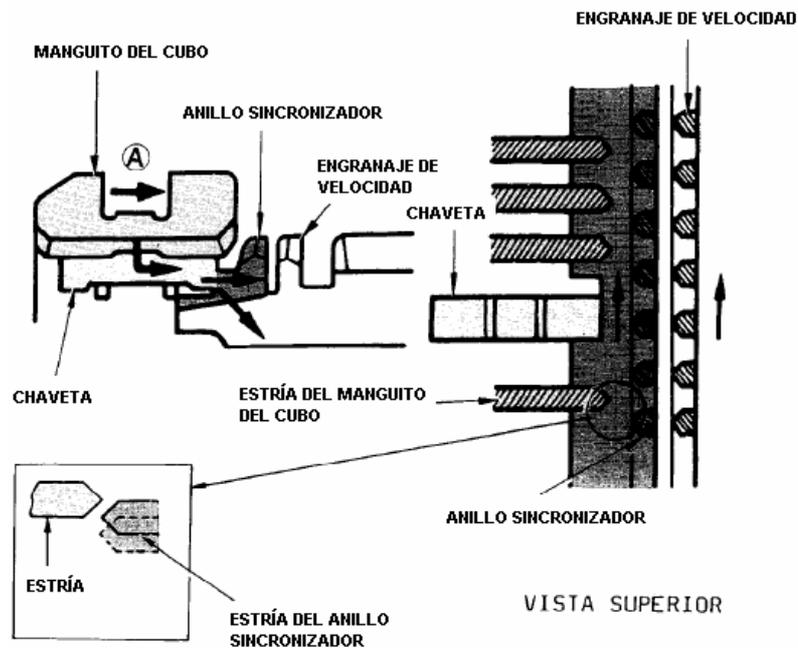


Fig. 2.3 Sincronización de Marchas

Cuando se mueve aún más la palanca de cambios la fuerza que se aplica al manguito del cubo sobrepasa a la del resorte de la chaveta sincronizadora y el manguito del cubo avanza sobre la cresta de la chaveta.

Sin embargo, las estrías del manguito del cubo y las del anillo sincronizador no están alineadas completamente. Así la fuerza aplicada al manguito del cubo por la palanca de cambios, empuja al anillo sincronizador aún más fuerte contra la sección cónica del engranaje.

Esto causa que las velocidades del manguito del cubo y el engranaje de velocidad queden sincronizadas.¹⁸

Por lo tanto, la fuerza requerida para la sincronización de marchas se verá en la sección de Cálculos de Presiones y Potencia de la parte de Diseño del Circuito Neumático; pero podemos hacer unas aproximaciones:

¹⁸ Toyota Motor Corporation, Embrague transeje y transmisión, 1990

Consideremos las siguientes dimensiones del pistón que se encargará del cambio de marchas

- Dimensión de los pistones neumáticos: 32 x 50 (mm)
- Presión máxima de operación: 150 PSI (1034214 Pa)

Partiendo de la consideración de que la presión en el sistema sea constante y sea la presión máxima de operación de los componentes neumáticos, tenemos:

$$F = P \times A \quad [2.14]$$

De ahí que la fuerza para accionar la palanca es:

$$F = 1034214 \times \frac{\pi}{4} (0.032)^2$$
$$F \approx 831.76N$$

El esfuerzo al cual son sometidos los elementos para la sincronización de marchas es un esfuerzo simple o axial determinado por:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad [2.15]$$

Donde σ es el esfuerzo por unidad de área $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

F es la carga aplicada

A es la sección transversal

Para el respectivo cálculo se debe tomar en consideración la geometría del elemento de sincronización.

También se debe considera que en vista de que los engranajes siempre están girando mientras el vehículo esta funcionando, los elementos del acoplamiento de la caja están sometidos a un momento torsor [2.9] que depende de las relaciones

de transmisión, las fuerzas existentes al momento en que los dientes de los respectivos engranes hacen contacto, que analizaremos más adelante; y también a un esfuerzo cortante definido por:

$$\tau = \frac{Tr}{J} \quad [2.16]$$

Donde τ es esfuerzo cortante

T es momento torsor

J momento polar de inercia

r es el radio exterior del cuerpo

Como un valor aproximado de saltos de velocidad de giro de las revoluciones antes y después del giro tenemos aproximadamente de 600 – 1000 r.p.m. con una velocidad de motor de 3200 r.p.m.

2.1.3.- DISTANCIAS DE RECORRIDO REQUERIDAS PARA EL ACOPLAMIENTO

2.1.3.1.- Distancia de acoplamiento del disco de embrague

Para poder tener una idea de las distancias que existen cuando se desacopla el disco de embrague (posición de desembragado) podemos hacer referencia a la siguiente tabla.

Tabla II.5 Datos de Embragues

Juego del embrague	
En el pedal	20...30 mm
En el tope de desembrague	2...3 mm
Disco de embrague	
Récorrido elástico de los forros	1,2 mm
Desgaste admisible	1,0 mm
Alabeo	0,5 mm
Excentricidad admisible	0,05 mm
Coefficiente de fricción de adherencia	
En seco	0,3...0,5
En húmedo	0,1...0,2
Presión superficial	
Embrague seco	20 N/cm ²
Embrague al aceite	5 N/cm ²
Amortiguación por torsión	
Momento de tope	200 Nm
Angulo de tope	5°
Momento de fricción	10 Nm
Para los datos de ajuste, ver indicaciones de fábrica.	

2.1.3.2.- Distancia de acoplamiento de los sincronizadores de marcha

Las distancias que recorren los elementos de sincronización de marchas dependen de los parámetros considerados por los fabricantes de cada vehículo.

2.2.- TIEMPOS DE ACCIONAMIENTO

A continuación realizaremos un análisis minucioso del tiempo de accionamiento de las marchas, tomando en consideración que, el que realmente marca la estabilidad y adherencia mecánica del vehículo durante el cambio de marcha bajo diferentes condiciones, no es el tiempo de accionamiento de las marchas en la caja de cambios en sí, ni la rapidez con la que se desacople del motor; sino la agudeza con la que el disco de embrague se acopla nuevamente luego de haber realizado el cambio. Por lo tanto el tiempo de desacople del embrague y el enclavamiento de una nueva relación de transmisión en la caja de cambios, es constante y con la mayor rapidez posible, variando únicamente el tiempo de reacople del disco al motor según las condiciones que se presenten.

2.2.1.- DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CAMBIO DE MARCHA

Para el cálculo analítico y matemático de los tiempos de accionamiento tenemos las siguientes variables:

2.2.1.1.- Tiempo de reacción de los cilindros:

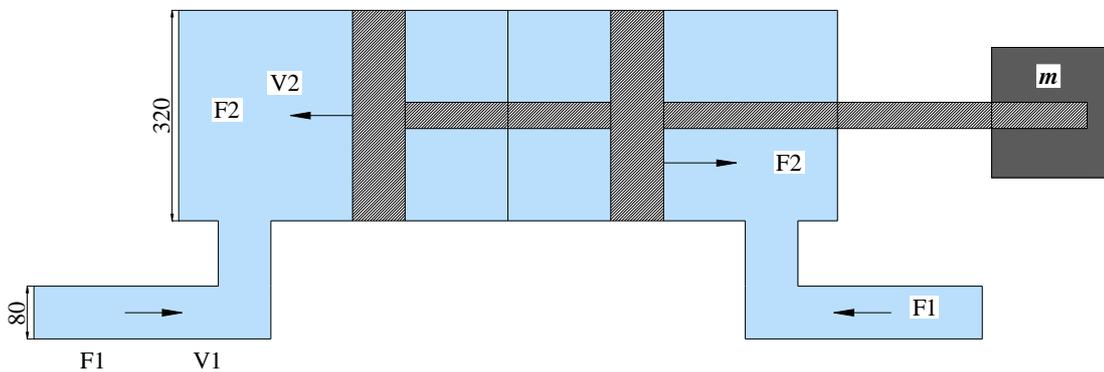


Fig. 2.4 Fuerzas en cilindros de doble efecto

DATOS CILINDRO LONGITUDINAL

$$P = 60 \text{ psi} = 413685.4 \text{ Pas}$$

$$F2 = 13.61 \text{ Kg}$$

$$A2 = 8.0825 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A1 = 5.03 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{Aire}} = 1.3 \text{ Kg/m}^3$$

DATOS CILINDRO TRANSVERSAL

$$P = 40 \text{ psi} = 275790.3 \text{ Pas}$$

$$F2 = 13.61 \text{ Kg}$$

$$A_2 = 8.0825 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_1 = 5.03 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$e = 15 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{Aire}} = 1.3 \text{ Kg/m}^3$$

CÁLCULOS:

Según la ecuación 2.14 tenemos:

La fuerza generada por el pistón del cilindro longitudinal es:

$$F_E = 334.36 \text{ N}$$

Y la fuerza generada por el pistón del cilindro transversal es:

$$F_E = 222.91 \text{ N}$$

Según la ecuación de Bernoulli la velocidad de entrada y salida es la misma:

$$\frac{F_1}{A_1} + \frac{\delta V_1^2}{2} = \frac{F_2}{A_2} + \frac{\delta V_2^2}{2} \quad [2.17]$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = 60 \text{ PSI} = 41365.4 \text{ PAS}$$

$$\frac{\delta V_1^2}{2} = \frac{\delta V_2^2}{2}$$

$$V_1 = V_2$$

Igualando la fuerza generada por el cilindro longitudinal con la fuerza de oposición de la palanca de cambios por la aceleración y despejando esta última tenemos:

$$\Sigma F = ma \quad [2.18]$$

$$a = \frac{F_E}{F_2} = 24.57 \text{ m/s}^2$$

Con la aceleración calculada, sabiendo el desplazamiento del pistón y considerando que el movimiento del pistón parte del reposo podemos calcular el tiempo de accionamiento del cilindro longitudinal:

$$e = \frac{at^2}{2} \quad [2.19]$$

$$t = \sqrt{\frac{2e}{a}} = 45.11ms$$

De igual forma realizamos el cálculo de accionamiento del cilindro transversal tomando en consideración las ecuaciones 2.17, 2.18 y 2.19.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = 40PSI = 275.790.3PAS$$

$$\frac{\delta V_1^2}{2} = \frac{\delta V_2^2}{2}$$

$$V_1 = V_2$$

$$a = \frac{F_E}{F_2} = 16.38m/s^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2e}{a}} = 42.80ms$$

Con los tiempos de desplazamiento individual de cada cilindro y de acuerdo a la figura adjunta tenemos los tiempos teóricos totales de acoplamiento de marchas.

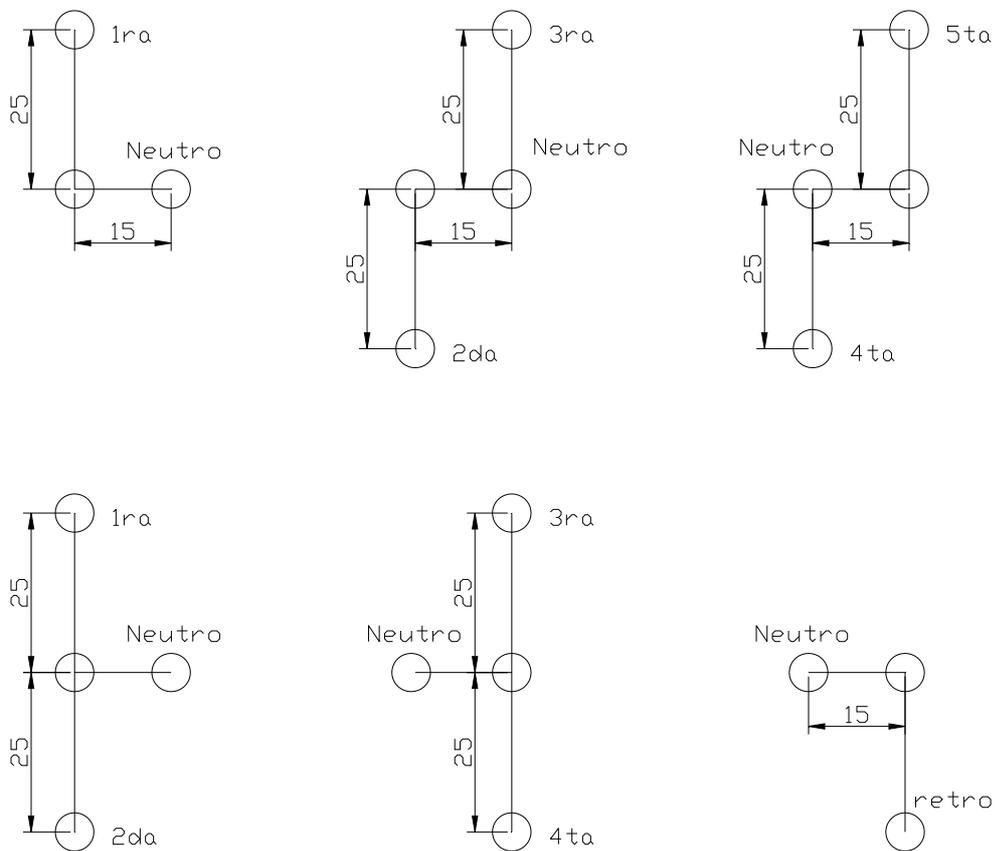


Fig. 2.5 Carreras de los Cilindros durante las marchas

Los tiempos de activación por marcha son:

Para primera marcha = $(45.11+42.80)$ ms = 87.91ms

Para segunda marcha = $(45.11+45.11)$ ms = 90.22ms

Para tercera marcha = $(45.11+42.80+45.11)$ ms = 133.02ms

Para cuarta marcha = $(45.11+45.11)$ ms = 90.22ms

Para quinta marcha = $(45.11+42.80+45.11)$ ms = 133.02ms

Para marcha atrás = $(42.80+45.11)$ ms = 87.91ms

NOTA: los tiempos son iguales tanto para subir como para bajar las marchas

DATOS DEL CILINDRO DE EMBRAGUE

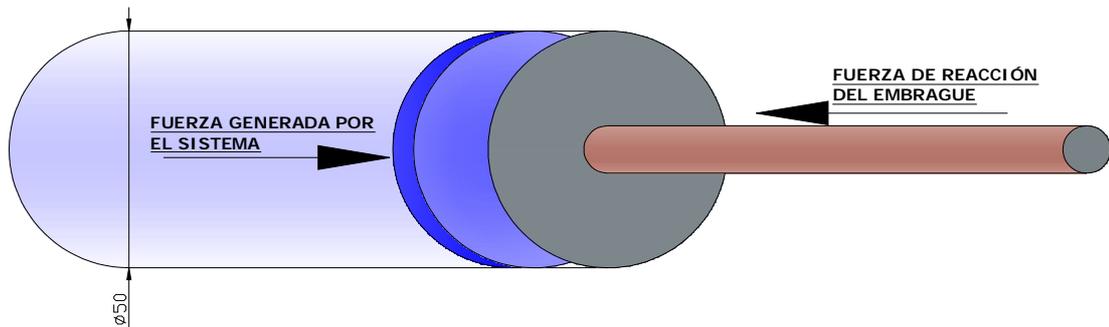


Fig. 2.6 Fuerzas en el Cilindro del Embrague

DATOS:

$$P = 100 \text{ psi} = 689475.67 \text{ Pas}$$

$$F_R = 40.91 \text{ Kg}$$

$$A = 8.0825 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$e = 15 \text{ mm}$$

Acorde a las ecuaciones 2.14; 2.17; 2.18 y 2.19. tenemos el tiempo de accionamiento del cilindro del embrague:

$$F = P.A = 1351.37 \text{ N}$$

$$a = \frac{1351.37 \text{ N}}{40.91 \text{ Kg}} = 33.03 \text{ m/s}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2e}{a}} = 30.14 \text{ ms}$$

La activación del cilindro del embrague es simultánea al primer movimiento que realice la palanca de cambios dado que siempre se debe desenclavar una marcha primero para poder enclavar otra, y el sistema de sincronizados permite desacoplar la marcha sin haber desacoplado el movimiento del motor. De esta manera se justifica que el tiempo de accionamiento del cilindro del embrague no aumenta el tiempo total de trabajo del sistema. Lo que se debe garantizar es que

al momento de enclavar la nueva marcha el vehículo esté desembragado, esto se logra fácilmente ya que el tiempo que demora en realizar el trabajo el cilindro del embrague es menor al de cualquier otro cilindro del sistema.

Accionamiento cilindro embrague	<	accionamiento cilindro longitudinal.
30.14ms	<	45.11ms

Accionamiento cilindro embrague	<	accionamiento cilindro transversal.
30.14ms	<	42.80ms

Una vez analizado el sistema que trabaja a tiempo constante, determinamos los distintos tiempos de reacople de la transmisión con el motor que dependen de lo siguiente:

2.2.1.2.- Estabilidad de conducción

La relación de transmisión entre las distintas marchas del vehículo, la presión de inflado de los neumáticos, la alineación y balanceo de las ruedas, así como el régimen de revoluciones del motor al que se realiza el enclavamiento de una nueva marcha, influyen directamente en la progresión y velocidad de retorno del pedal del embrague.

Es así que; una caja de cambios con una relación de transmisión corta permite el regreso del embrague con mayor velocidad que una de marchas largas, dado que la caída del régimen de revoluciones será menor y la desmultiplicación del par no será muy brusca. Esto es de crucial importancia cuando la comparamos con una caja larga, ya que un cambio demasiado rápido podría ocasionar un patinaje de las ruedas a altas revoluciones o el calado del motor a bajas rpm.

De igual forma una baja presión de inflado o una desalineación de las ruedas del vehículo generan esfuerzos torsionales excesivos a los ejes motrices del automóvil cuando se realiza un retorno del pedal del embrague demasiado rápido. Por el contrario una sobrepresión de inflado de neumáticos genera poca

adherencia al acoplar una nueva marcha si el pedal del embrague regresa instantáneamente.

El otro factor influyente son las rpm a las que el conductor está acostumbrado a cambiar de marcha. Entre más bajas sean las revoluciones a las que gira el motor mas lento debe ser el retorno del pedal del embrague, por el riesgo de producir sacudidas o incluso el calado del motor debido al bajo torque y potencia al que se encuentra trabajando. Mientras mayor sea el número de rpm aumenta la inercia del motor, absorbiendo las sacudidas y controlando mejor la desmultiplicación de par por el elevado torque y potencia con el que cuenta.

La caja seleccionada para el proyecto es una caja de cinco velocidades de posición longitudinal marca toyota stout de las siguientes características:

Tabla II.6 Caja Toyota Stout

	rt (caja cambios)	rt (diferencial)	rT	n° rpm a Pmax. 5600
1ª velocidad	13/38 = 0,342	14/62 = 0,225	0,0769	430,64 rpm
2ª velocidad	23/43 = 0,534	14/62 = 0,225	0,120	672 rpm
3ª velocidad	25/32 = 0,781	14/62 = 0,225	0,175	974,4 rpm
4ª velocidad	32/31 = 1,032	14/62 = 0,225	0,232	1299,3 rpm
5ª velocidad	37/28 = 1,321	14/62 = 0,225	0,297	1663,2 rpm
M.A (Marcha atrás)	12/40 = 0,30	14/62 = 0,225	0,0675	371,2 rpm

rT (nª velocidad): es la relación de transmisión total, se calcula multiplicando la rt (caja cambios) x rt (diferencial).

Pmax: es la potencia máxima del motor a un número de revoluciones determinado por el fabricante.

n° rpm a Pmax: se calcula multiplicando rT x n° rpm a potencia máxima.

Para poder determinar la caída de rpm a potencia máxima del motor, es necesario determinar las velocidades que alcanza el vehículo en cada velocidad.

Las velocidades del vehículo están determinadas por las dimensiones de las ruedas:

Tabla II.7 Velocidades a Potencia Máxima

n° de velocidad	Velocidad a Pmax.
1ª velocidad	46,20 km/h
2ª velocidad	71,90 km/h
3ª velocidad	104,26 km/h
4ª velocidad	139,02 km/h
5ª velocidad	177,96 km/h
M.A (marcha atrás)	39,71 km/h

El cálculo de caída de revoluciones a potencia máxima en base a estos datos arroja los siguientes resultados:

$$n. rpms = \frac{rpms..ruedas}{rt} \quad [2.20]$$

$$n1 = \frac{430.64}{0.120} = 3588,67 rpms$$

$$n2 = \frac{672}{0.175} = 3840 rpms$$

$$n3 = \frac{974.4}{0.232} = 4200 rpms$$

$$n4 = \frac{1299.3}{0.297} = 4374.7 rpms$$

$$Caída de rpm = 5600 - nuevas rpm \quad [2.21]$$

$$De 1^{ra} a 2^{da} = 2011.33 rpm$$

$$De 2^{da} a 3^{ra} = 1760 rpm.$$

$$De 3^{ra} a 4^{ta} = 1400 rpm.$$

$$De 4^{ta} a 5^{ta} = 1225,30 rpm$$

De acuerdo a esto se establece que la caja de cambios tiene una relación de transmisión media-corta. Esto favorece a que los tiempos de retorno del sistema de embrague sean cortos sin poner en juego la estabilidad del vehículo.

2.2.1.3.- Tipos de conducción

La versatilidad del sistema permite tener distintos tipos de comportamiento del auto, garantizando la estabilidad y control del mismo. Sin embargo cada conductor maneja con mayor o menor seguridad dependiendo de sus hábitos de manejo. Los hábitos son los reflejos que tiene cada conductor durante las maniobras.

Dentro de la programación de manejo tenemos distintas opciones. Una de tipo deportivo donde el tiempo total de cambio de marcha se lleva a cabo en tan solo 250 milésimas de segundo, demandando las siguientes condiciones de manejo.

- Cambio de marchas a rpm de máxima potencia del motor.
- Conocimientos de conducción deportiva.
- Mantener el pie en el acelerador durante el canje de marcha. Sobre todo al reducir el cambio de velocidad.
- No conducir luego de haber ingerido alcohol.
- Mantener la concentración.

Otra opción de programa es el tipo normal que optimiza la tracción y adherencia del vehículo bajo cualquier conducción además de ofrecer suavidad durante el cambio de marchas. Se recomienda a conductores poco experimentados o que conducen dentro de la ciudad.

Dado que el tiempo total de cambio de marcha aumenta es necesario seguir las siguientes recomendaciones:

- Disminuir la presión sobre el pedal del acelerador durante el cambio de marchas.
- Un régimen alto de revoluciones del motor pueden forzarlo al momento de cambiar la marcha, disminuyendo su tiempo de vida útil.
- Manejar con revoluciones demasiado bajas pueden causar una deficiente lubricación del motor, sumado a esto la sacudida provocada por el bajo torque que incluso en caso de estar en una cuesta pronunciada puede apagarse, desemboca en un desgaste excesivo del motor.
- Se recomienda mantener un nivel de revoluciones medio.

2.2.1.4.- Tipos de terreno

Los diferentes tipos de superficie bajo los cuales circulan generalmente los vehículos ocasionan condiciones de adherencia variable. En las superficies con índice de rozamiento elevado, el agarre de los neumáticos es el apropiado para poder realizar un cambio de marchas rápido, mientras que cuando este índice de rozamiento disminuye también lo hace el agarre al piso, generando riesgo de patinaje si se efectúa un cambio de marchas demasiado rápido.

Tabla II.8 Coeficientes Promedio de Adherencia de neumáticos al piso en ruta
Información de BOSCH Automotive Handbook
Con neumáticos de competición se consiguen coeficientes de hasta 1.75

Velocidad km/h	Estado de los neumáticos	Piso seco	Mojada. Altura de agua aprox. 0,2mm	Lluvia fuerte. Alt. de agua aprox. 1mm	Charcos de Agua de aprox. 2 mm
50	Nuevos	0,85	0,65	0,55	0,50
50	Gastados	1,00	0,50	0,4	0,25
90	Nuevos	0,80	0,60	0,3	0,05
90	Gastados	0,95	0,20	0,1	0,05
130	Nuevos	0,75	0,55	0,2	0
130	Gastados	0,90	0,20	0,1	0

Siempre lo aconsejable es tener tracción en las ruedas y tratar de mantener una marcha estable. Tampoco se debe olvidar de tener una presión de inflado correcta ya que esto influye directamente en la adherencia al piso:

Tabla II.9 Rendimiento de Neumáticos a Distintas Presiones

RENDIMIENTO DE RODADURA	
Con presión de aire correcta	100%
20% menos de presión	85%
40% menos de presión	60%
60% menos de presión	25%

2.3.- DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

2.3.1.- DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO TEÓRICO DE LOS CILINDROS

Presión neumática del sistema.- La presión del sistema está limitada por la fuerza de accionamiento, por la velocidad requerida, por las características de construcción de las válvulas y cilindros, y por la capacidad y potencia del compresor de aire.

De acuerdo a la ecuación 2.14 y despejado el área de cilindro tenemos:

$$A = 1.25in^2 = 806.45mm^2$$

Ahora despejamos el diámetro teórico del cilindro longitudinal.

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

[2.22]

$$= 32.04mm$$

Repetimos los cálculos para el diámetro del cilindro transversal.

$$A = \frac{50}{60}$$

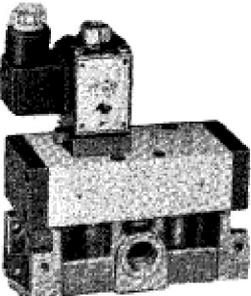
$$A = 0.83in^2 = 535.48mm^2$$

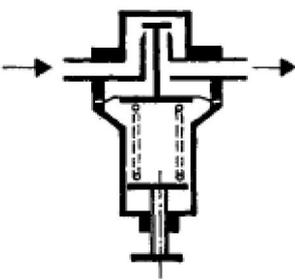
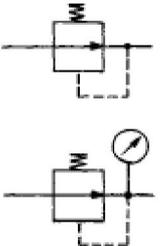
$$D = 26.11mm$$

2.3.2.- DETERMINACIÓN DE LAS VÁLVULAS NEUMÁTICAS.

Tenemos dos tipos de válvulas: las de control direccional y las modulares. De acuerdo al diseño del circuito neumático y a la disposición de los cilindros tenemos las siguientes elecciones:

Tabla II.10 Tipos De Válvulas Neumáticas

		<p>SILENCIADOR Al salir a la atmósfera el aire que se encuentra comprimido a una determinada presión a través del escape, produce un ruido agudo que puede llegar a ser molesto, por lo que se silencia poniendo este aparato.</p>
		<p>DISTRIBUIDOR Distribuidor de control direccional con accionamiento por electroimán y retorno a la posición inicial por resorte.</p>

		<p>MANO-REDUCTOR Este aparato tiene por finalidad el de reglar la presión a que debe trabajar el circuito. Normalmente, la presión de la red de distribución es mayor que la que se utiliza en la instalación, razón por la cual, las presiones se ajustarán a las necesidades por medio de este aparato. La presión se mide y señala con un manómetro.</p>
---	---	---

“La electroválvula de 5 vías y dos posiciones con pilotaje electro-neumático en un sentido y retorno a la posición de reposo por resorte tiene las siguientes características.

Símbolo neumático:

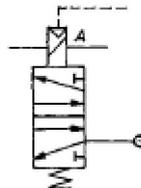


Fig. 2.7 Electroválvula 2p 5v

Croquis de funcionamiento de la válvula, representada en posición de reposo.

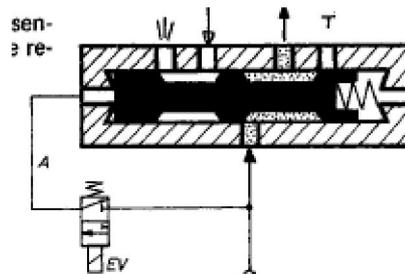


Fig. 2.8 electroválvula 2p 5v en reposo

Croquis que representa al distribuidor pilotado por A. al darle corriente eléctrica a la electroválvula, deja pasar la presión de pilotaje hacia (A), para que la corredera cambie de posición.

Cuando se desexcita EV la corredera vuelve a la posición original.”¹⁹

¹⁹ Roldán J; Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada, 4^{ta} edición, Editorial Paraninfo, España 1995

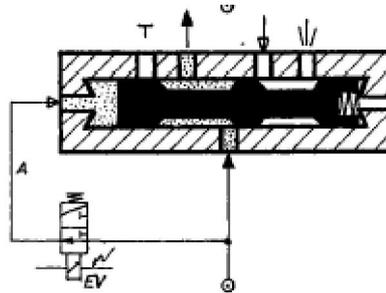


Fig. 2.9 electroválvula 2p 5v accionada

2.3.3.- ELECCIÓN DE CILINDROS NEUMÁTICOS

Los parámetros a considerar al momento de elegir los cilindros, son los siguientes:

2.3.3.1.- Materiales de construcción.

Debido a que la transmisión es un sistema vital para el funcionamiento del vehículo, no podemos permitir fallos de funcionamiento, de igual manera el peso de los cilindros es un factor muy importante al momento de relacionarlos con la potencia útil. Los cilindros serán de aluminio forjado de alta resistencia de la marca FESTO.

2.3.3.2.- Presión de trabajo.

De acuerdo a los cálculos en el inciso 2.2.1 las presiones de trabajo son 40 psi para la carrera del neutro, 60 psi para el acoplamiento de marchas y 100 psi para el accionamiento del embrague. Por lo que los cilindros seleccionados soportan hasta 150 psi por seguridad y durabilidad.

2.3.3.3.- Garantía del fabricante.

Es importante la garantía de los cilindros para determinar los tiempos de mantenimiento obligatorio del sistema de mando secuencial. Tomando en cuenta las propuestas de todas las marcas de cilindros neumáticos, se realiza un cálculo de costo-beneficio con el fin de lograr un equilibrio elástico factible, y poder determinar así la garantía de todo el sistema.

2.3.3.4.- Velocidad de accionamiento.

Para poder cumplir con los objetivos del sistema de mando secuencial es necesario escoger el equipo adecuado, que permita seguridad y optimización del tiempo.

2.3.3.5.- Carrera del pistón.

Esta variable está limitada por las características de construcción y dimensiones del vehículo a implementar el sistema. Para nuestro caso se trata de una caja de cambios de una pick up Toyota Stout 2200 de 1995 donde las carreras son las siguientes:

2.3.4.- CAÑERÍAS

Dimensión de cañerías.- el diámetro de las cañerías esta establecido en función del área útil sobre la que va a actuar la presión acorde a la fuerza requerida.

$$D = \sqrt{\frac{P}{116 * p^{0.87}}} \quad [2.23]$$

Donde:

D = diámetro en metros

P = paso de aire en Kg/s = 0,025

ρ = presión en atmósferas = 4.082758 atm

$$D = 7.97 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Tabla II.11 caudal máximo recomendado en tuberías de aire a presión para longitudes no superiores a 15m

Presión inicial kg/cm ²	DIAMETRO NOMINAL EN ROSCA GAS DE LAS TUBERIAS STANDARD								
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
	CAUDAL MAXIMO RECOMENDADO (Litros minuto de aire libre)								
0,7	14	65	156	340	708	1133	2548	3539	7079
1,4	25	108	255	566	1133	1840	4247	5946	12743
2,1	34	142	340	849	1557	2831	5663	9061	16990
2,8	42	198	453	1048	1982	3539	7079	10619	21238
3,5	57	241	566	1274	2407	4248	9203	12742	25483
4,2	65	269	651	1557	2831	4814	9911	15574	29783
4,9	76	325	765	1699	3398	5380	12743	18406	32564
5,6	85	368	849	1840	3681	6513	13450	19822	36812
6,3	93	396	963	1982	4247	7079	14158	22653	42475
7,-	105	425	1048	2124	4814	8495	15854	25845	50970
8,7	119	510	1274	2973	5663	9911	20388	28317	59465
10,5	142	651	1416	3398	6513	11326	24069	31148	67960
12,3	173	708	1699	3828	7362	12742	26901	36812	76456
14,0	190	793	1982	4247	9061	14442	29732	42475	84950
18	232	1098	2664	5814	11651	20388	33495	58252	116504
20	256	1300	3000	6460	12960	23100	37400	66600	132540
25	317	1725	3850	8075	16250	28875	47000	85125	169500

Tabla II.12 caudal máximo recomendado en tuberías de aire a presión para longitudes no superiores a 15m

Elemento de la instalación	DIAMETRO DE LA TUBERIA							
	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Válvula de compuesta	0,009	0,009	0,010	0,013	0,017	0,022	0,026	0,033
Válvula en ángulo	0,240	0,240	0,286	0,352	0,450	0,590	0,690	0,880
Válvula cónica	0,427	0,427	0,568	0,706	0,900	0,875	1,380	1,795
Codo a 45°	0,015	0,015	0,023	0,029	0,037	0,048	0,057	0,073
Codo a 90°	0,042	0,042	0,051	0,064	0,079	0,107	0,125	0,158
Te (recta en el interior)	0,015	0,015	0,021	0,033	0,046	0,055	0,067	0,090
Te (salida lateral)	0,076	0,096	0,100	0,128	0,162	0,214	0,246	0,317

2.4.- ANÁLISIS DE POSIBLES EFECTOS NEGATIVOS

2.4.1.- ESFUERZOS MECÁNICOS DE LA TRANSMISIÓN

2.4.1.1.- Cálculos de transmisiones

“El motor de explosión tiene su máxima capacidad de rendimiento en la zona denominada de autorregulación (intervalo de revoluciones entre el par motor máximo y la potencia máxima). Es por ello que para que s las condiciones de marcha se mantengan en es intervalo de revoluciones se intercala en la transmisión de la fuerza una caja de cambios.

La caja de cambios es en cada una de sus marchas un doble engranaje y como tal se calculan como sigue:

Se distinguen en este tipo de engranajes en cuanto a su funcionamiento, si son de multiplicación o de reducción.”²⁰

Debemos tener en cuenta la siguiente consideración en los dobles engranajes:

1. Números impares —————> ruedas dentadas motrices
2. Números pares —————> ruedas dentadas arrastradas

2.4.1.2.- Relación de transmisión

La relación de transmisión del cambio es la que existe entre las revoluciones del motor y el árbol principal

²⁰ **GTZ; Matemática Aplicada para la Técnica del automóvil, 8^{va} Edición, editorial Reverté.**

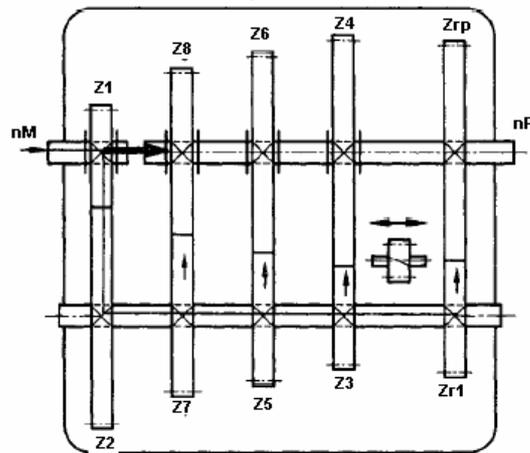


Fig. 2.10 Caja de Cuatro Marchas

Donde: n_M es el número de revoluciones del motor

n_P es el número de revoluciones del árbol principal

i_{CAJA} relaciones de transmisión de las distintas marchas incluida la reversa

Z_1, Z_2, Z_{etc} es número de dientes de las distintas ruedas de cambio

Z_{RP} es la rueda de marcha atrás en el árbol principal

Z_{R1} es la rueda de marcha atrás en el árbol intermedio

La relación de transmisión para cada engranaje doble se tiene por:

$$i = i_1 \times i_2 \quad [2.24]$$

La relación total viene dada por:

$$i_{Total} = i_1 \times i_2 \times \dots \times i_n \quad [2.25]$$

2.4.1.3.- Cálculo del número de revoluciones

Se descompone el doble engranaje en dos sencillos, y la relación del número de revoluciones se obtiene como sigue:

$$Z_1 n_1 = Z_2 n_2 \quad [2.26]$$

2.4.1.4.- Análisis de fuerzas para engranajes

“La mayoría de transmisiones de autos de turismo tienen sus engranajes de forma helicoidal, por tal motivo consideraremos el análisis de fuerzas a dichos engranajes.

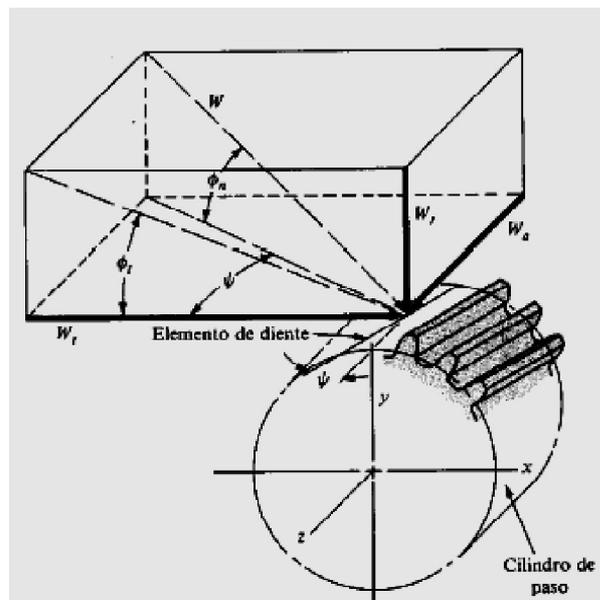


Fig. 2.11 Fuerzas que actúan en el diente de un Engrane Helicoidal

En la figura 2.5 tenemos una vista en tres dimensiones de las fuerzas que actúan contra el diente de un engrane helicoidal. El punto de aplicación de fuerzas es el plano de paso y el centro de la cara del engrane. De la geometría de la misma figura 2.5, obtenemos las componentes de la fuerza total W del diente.

$$\begin{aligned}
 W_r &= W \sin \phi_n \\
 W_t &= W \cos \phi_n \cos \varphi \\
 W_a &= W \cos \phi_n \sin \varphi
 \end{aligned}
 \tag{2.27}$$

Donde W es la fuerza total

W_r es la componente radial

W_t es la componente tangencial (carga transmitida)

W_a es la componente axial (carga axial o de empuje)²¹

Una vez que hemos visto los respectivos cálculos para las transmisiones, podemos notar que en cuanto a los engranajes la fuerza que actúa es la de transmisión de movimiento la cual se puede obtener conociendo el momento par [2.6] que ejerce el disco de embrague sobre el árbol principal de la caja de cambios una vez que se acoplan y su respectivas revoluciones pro minuto.

Por lo tanto los esfuerzo sometidos a la caja de velocidades seguirán siendo los mismos considerados por los fabricantes.

2.4.2.- CAMBIOS BRUSCOS DE MOVIMIENTO

Los cambios bruscos de movimiento afectan en su gran parte a los discos de embrague debido a que estos solo transmiten el movimiento del motor a la caja de cambios. Por tal razón, si el acoplamiento de éste es muy brusco los esfuerzos torcionales a los que se somete son elevados que incluso sobrepasan los factores de seguridad considerados por los fabricantes al momento de diseño, y el disco termina rompiéndose.

²¹ Shigley J; Diseño en Ingeniería Mecánica 5^{ta} edición, Editorial Mc GRAW HILL, Mexico; 1990

2.5.- DISEÑO DEL MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO

2.5.1.- SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

2.5.1.1.- Pic 16F877A

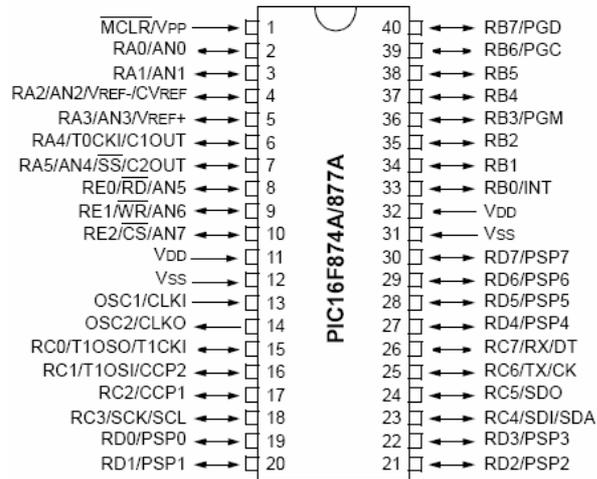


Fig. 2.12 Disposición de pines Microcontrolador 16F877A

A continuación se presenta las principales características del Pic 16F877A:

Tabla II.13 Características del Microcontrolador

Key Features	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	8K
Data Memory (bytes)	368
EEPROM Data Memory (bytes)	256
Interrupts	15
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E
Timers	3
Capture/Compare/PWM modules	2
Serial Communications	MSSP, USART
Parallel Communications	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	8 input channels
Analog Comparators	2
Instruction Set	35 Instructions
Packages	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

2.5.1.1.1.- *Alto Desempeño RISC CPU:*

- Velocidad de operación: DC – 20 MHz. Con reloj interno
DC – 200 ns para ciclos de instrucciones
- Capacidad para el manejo de interrupciones
- Pines de salida compatibles con otros microcontroladores de las series 16F y 16C
- 8 K x 14 palabras de programación en la memoria volátil (Memory flash)
- 368 x 8 bytes de programación en la memoria de datos (Ram)
- 256 x 8 bytes de programación en la memoria EEPROM (Data memory)
- 35 instrucciones simples para programación
 - Todas las instrucciones son de ciclo simple excepto las de ramificación que son de doble ciclo

2.5.1.1.2.- *Características especiales del microcontrolador*

- La memoria volátil soporta 100.000 ciclos para borrar y escribir
- La memoria EEPROM soporta 1.000.000 ciclos para escribir y sobrescribir programas
- Los datos de la EEPROM pueden permanecer almacenados por mas de 40 años
- Software de reprogramación bajo control propio
- Programación serial de entrada ICSP por dos pines
- Alimentación de 5 Voltios para programación
- Código de programación protegido
- Opción de selección de osciladores
- ICD por dos pines

2.5.1.1.3.- *Características de bajo voltaje*

- Corriente de reserva
 - 100nA @ 2.0V
- Corriente de operación
 - 12uA @ 32KHz, 2.0V
 - 120uA @ 1MHz, 2.0V
- Corriente del temporizador watchdog
 - 1uA @ 32KHz, 2.0V
- Corriente del oscilador 1
 - 1.2uA @ 32KHz, 2.0V
- Doble velocidad del oscilador interno
 - Selección de tiempo de procesamiento entre 4MHz y 48KHz
 - 4us para funcionar después de invernación, 3.0V

2.5.1.1.4.- *Características periféricas*

- 40 pines E/S con control unidireccional
- Módulo de comparación analógico con:
 - 2 comparadores analógicos
 - Módulo de programación de bajo voltaje VREF
 - Selección de referencia interna y externa
 - Comparador de salidas accesible
- Temporizador 0: 8 bit de temporización/contador con 8 bit de programación
- prescaler

- Temporizador 1: 16 bit de temporización/contador que puede ser aumentada
- con un oscilador externo de reloj de cristal
- Temporizador 2: 8 bit de temporización/contador con 8 bit de registro
- periódico, prescaler y postscaler
- Captura y reproduce señales PWM:
 - 16 bit captación/comparación con resolución de 12.5ns y 200ns respectivamente
 - 10 bit PWM
- Puerto serial síncrono con SPI y control maestro
- Transmisión y recepción de datos universal de 9 bits de detección de señal asíncrono y síncrono

2.5.1.1.5.- *Tecnología C-Mos*

- Memoria EEPROM y volátil (flash) diseñadas con tecnología de bajo consumo de voltaje y alta velocidad
- Rango de operación de 2.0 V hasta 5.5 V
- Soporta algunos rangos de temperatura
- Bajo consumo de voltaje

2.5.1.2.- *Puente H*

Se debe considerar que la corriente que es enviada desde el microcontrolador no es suficiente para activar las electroválvulas que manipulan los pistones del embrague, por lo tanto, será necesario acondicionar la señal digital por medio de un circuito denominado Puente H. Los puentes H son circuitos formados por transistores que permiten controlar dispositivos eléctricos de corriente directa en dos direcciones desde un circuito digital. Como en el presente caso, se necesita el

funcionamiento de las electroválvulas en una sola dirección, se utilizará **Medio Puente H**, cuya configuración se indica en la Figura 2.7.

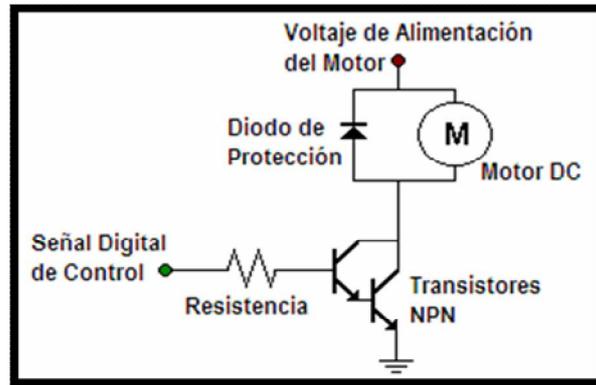


Fig. 2.13 Transistores en Configuración Darlington

El circuito integrado L293D (figura 2.8) es un encapsulado que posee en su interior cuatro medios puentes H con lo cual satisface las necesidades requeridas para el mando del embrague.



Fig. 2.14 Transistores en Configuración Darlington

Las características especiales de éste circuito integrado son las que siguen:

- Capacidad de corriente de salida de 600 mA
- Corriente de pulso 1.2 A
- Voltaje de operación: 4.5V – 36V
- Compuertas de entradas y salidas separadas
- Es sensible a la temperatura por lo que se apaga automáticamente y posee un ESD interno para protección del circuito integrado
- Tiene alta resistencia a ruidos eléctricos

2.5.1.3.- Diodos

Es un componente electrónico que permite el paso de la corriente en un solo sentido. Los diodos más empleados en los circuitos electrónicos actuales son los diodos fabricados con material semiconductor. El más sencillo, el diodo con punto de contacto de germanio, se creó en los primeros días de la radio, cuando la señal radiofónica se detectaba mediante un cristal de germanio y un cable fino terminado en punta y apoyado sobre él. En los diodos de germanio (o de silicio) modernos, el cable y una minúscula placa de cristal van montados dentro de un pequeño tubo de vidrio y conectados a dos cables que se sueldan a los extremos del tubo.

El diodo Zener es un modelo especial de diodo de unión, que utiliza silicio, en el que la tensión en paralelo a la unión es independiente de la corriente que la atraviesa. Debido a esta característica, los diodos Zener se utilizan como reguladores de tensión.

2.5.1.4.- Oscilador Externo



Fig. 2.15 Oscilador Externo de Cristal

La velocidad a la cual va a trabajar el microcontrolador ejecutando las instrucciones del programa está determinada por el oscilador o reloj del sistema.

Los diferentes tipos de osciladores para el microcontrolador son:

- RC, oscilador resistencia condensador. Las resistencias pueden estar entre 5K y 100 K, y el capacitor superior a 20 pF.

- XT, cristal de cuarzo.
- HS, Cristal de alta velocidad (puede operar en 8, 10, 12, 16, 20 MHz).
- LP, Cristal para baja frecuencia y bajo consumo de corriente.

2.5.1.5.- Capacitores



Fig. 2.16 Capacitores o Condensadores

Son elementos electrónicos que acumulan energía en forma de campo eléctrico, de tal forma que cuando la tensión varía a lo largo de un ciclo, la energía puede acumularse durante un tiempo y ser devuelta a la fuente.

2.5.1.6.- Resistores



Fig. 2.17 Resistencia

Se emplean para controlar la corriente en los circuitos electrónicos. Se elaboran con mezclas de carbono, láminas metálicas o hilo de resistencia, y disponen de dos cables de conexión. Los reóstatos variables, con un brazo de contacto deslizante y ajustable, se suelen utilizar para controlar el volumen de aparatos de radio y televisión.

2.5.1.7.- Transistores

Los transistores son unos elementos que han facilitado, en gran medida, el diseño de circuitos electrónicos de reducido tamaño, gran versatilidad y facilidad de control, además tienen multitud de aplicaciones, entre las que se encuentran:

- Amplificación de todo tipo (radio, televisión, instrumentación)
- Generación de señal (osciladores, generadores de ondas, emisión de radiofrecuencia)
- Conmutación, actuando de interruptores (control de relés, fuentes de alimentación conmutadas, control de lámparas, modulación por anchura de impulsos PWM)
- Detección de radiación luminosa (fototransistores)

Los transistores de unión (uno de los tipos más básicos) tienen 3 terminales llamados **Base**, **Colector** y **Emisor**, que dependiendo del encapsulado que tenga el transistor pueden estar distribuidos de varias formas.

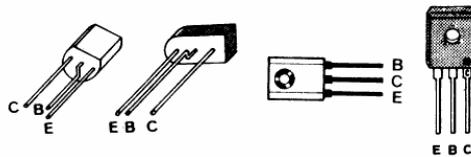
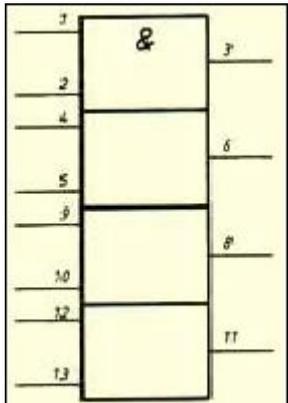
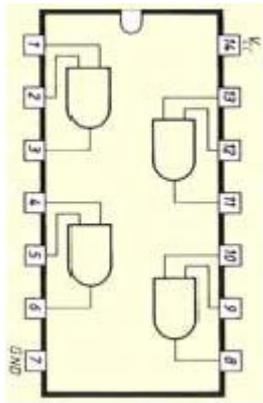


Fig. 2.18 Tipos de Transistores

2.5.1.8.- Circuito Integrado AND TTL 7408

Tabla II.14 Circuito integrado 7408

Cuadro de propiedades		Norma CEI	Cápsula
Circuito integrado:	7408, 74LS08, 74S08		
Operador:	AND		
Tecnología:	TTL		
Puertas:	4		
Entradas:	2 por puerta		
Cápsula:	DIP 14 pines		

La electrónica digital de alta velocidad actual se encuentra dominada por dos tecnologías fundamentales: una basada en la lógica transistor-transistor (TTL) y la otra en la lógica MOSFET complementario (CMOS).

En electrónica digital, los dos posibles estados binarios se representan mediante tensiones y se conoce como tecnología TTL. Esta particularidad presenta una gran diferencia entre los sistemas digitales y los analógicos. En los digitales, el valor exacto de la tensión no es importante; por ejemplo, una tensión de 3,6 V tiene el mismo significado que una tensión de 4,5 V. En los sistemas analógicos, el valor exacto es muy importante. Eso implica que los sistemas digitales son más inmunes al ruido; es decir, que una variación de la tensión, dentro del rango permitido, no es importante.

2.5.1.9.- Diseño de las Tareas del Sistema

El diseño del módulo de control para la caja de cambios consiste básicamente en la ejecución de dos procesos: el cambio de marchas y el control del mando del embrague. Ambos procesos son secuenciales, siendo el primero dependiente del segundo.

De esta manera, los pasos que se deben seguir para llevar a cabo un cambio de marcha son los mostrados en el diagrama de la Figura 2.9 esto es, el usuario envía a un microcontrolador la señal de que desea cambiar de marcha (activación). Después, el embrague es accionado por completo dando paso al cambio de marcha en sí. Luego de que el proceso se completó, el embrague regresa y se desactiva totalmente, cumpliéndose el objetivo.

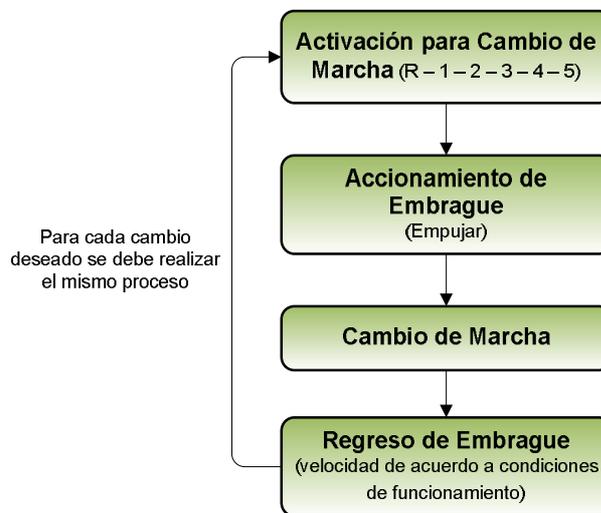


Fig. 2.19 Diagrama para efectuar un Cambio de Marcha

Para ejecutar este procedimiento se utilizarán cinco electroválvulas manejadas a través de un Puerto I/O del microcontrolador que sea seleccionado. Cuatro serán utilizados para controlar las electroválvulas que manejan los pistones que realizan el cambio de marcha y la última se usará para accionar el pistón que manipula el embrague. Las cuatro primeras, representadas como V0, V1, V2 y V3, obedecen a los movimientos derecha, izquierda, arriba y abajo, según se muestra en la Figura 2.14.

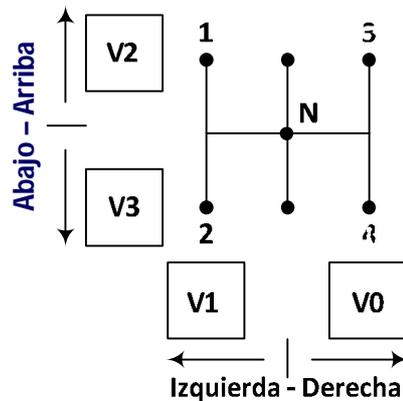


Fig. 2.14 Diagrama de Funcionamiento para Cambio de Marchas

Es necesario aclarar que el incremento y decremento en las marchas es ordenado, por ejemplo, para ir desde la posición Neutro hasta la Quinta Marcha se debe pasar por Primera, Segunda, Tercera, Cuarta y Quinta Marcha, finalmente, siendo la misma condición en descenso.

2.5.2.- DISEÑAR EL CIRCUITO ELECTRÓNICO

Como parte fundamental para el diseño de hardware se utilizó el Microcontrolador PIC16F877A, puesto que posee la cantidad de I/O necesarias para el diseño, además de presentar módulos de PWM y un puerto I/O acondicionado para el ingreso de datos, características que serán de gran utilidad en el desarrollo del presente proyecto.

A continuación, para una mejor exposición, el diseño del hardware se ha dividido en cuatro secciones a mostrarse en el diagrama de la Figura 2.20:

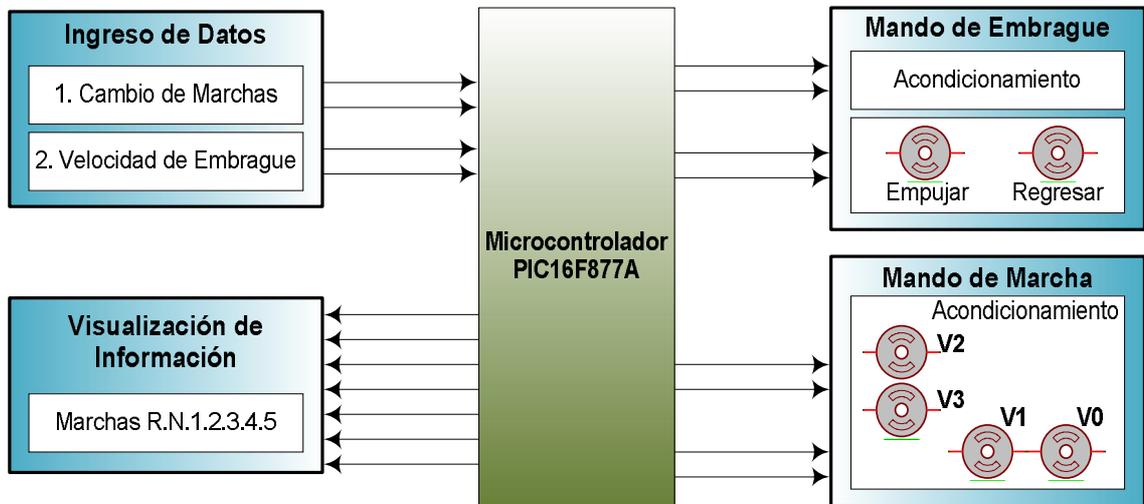


Fig. 2.20 Secciones para el Diseño del Hardware

2.5.2.1.- Ingreso de Datos.

Para el ingreso de datos se utilizará el Puerto B del Microcontrolador debido a la característica de resistencia pull-up que poseen sus pines, lo que lo hace apropiado para la captura de información, previniendo errores en el sistema al evitar que falsos pulsos sean tomados en cuenta.

Los datos que se manejarán corresponden a la manipulación de dos variables: el cambio de marchas y la variación de velocidad de regreso del embrague. Para el primer caso se utilizarán los pulsadores P1 y P2, con los cuales se incrementará – R . N . 1 . 2 . 3 . 4 . 5 – o se decrementará – 5 . 4 . 3 . 2 . 1 . N . R – secuencialmente la marcha. Para el segundo caso, el selector de tres posiciones, denominado como S1, controlará el aumento o disminución de la velocidad de regreso de embrague: alta velocidad, media velocidad y baja velocidad.

En la Figura 2.21 se muestra el diagrama de conexiones entre el Puerto B del Microcontrolador, los pulsadores y el selector antes mencionados.

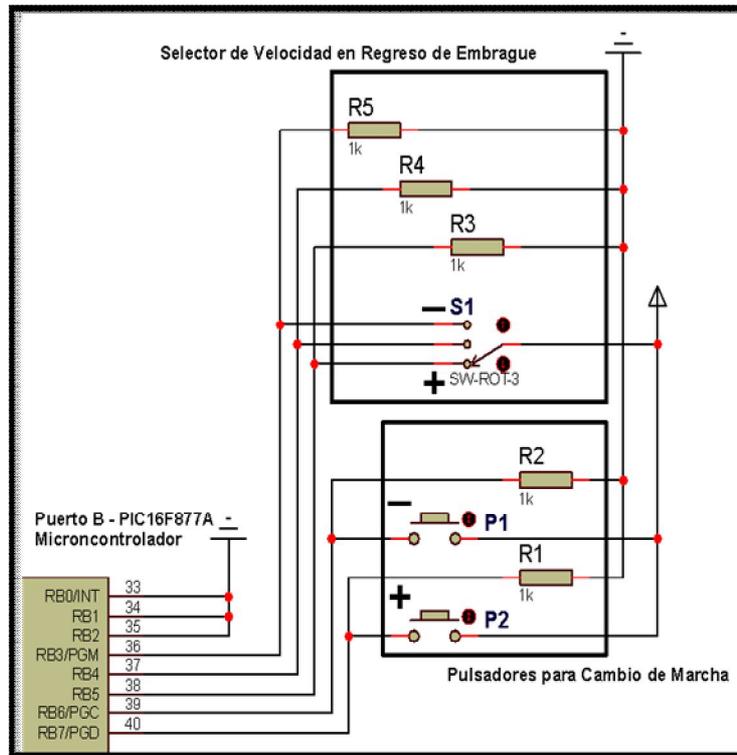


Fig. 2.21 Diagrama de Conexiones para Ingreso de Datos

2.5.2.2.- Mando de Embrague.

Para el manejo del embrague se deben considerar dos escenarios: el accionamiento del embrague y el regreso del mismo luego de efectuado el cambio de marcha. En el primer caso, la velocidad con la que se realice el proceso es independiente de las condiciones de uso de la máquina, es decir, este valor queda a elección del diseñador. En consecuencia, se elegirá el máximo valor que sea posible enviar desde el Microcontrolador.

Por otro lado, la velocidad de regreso del embrague está relacionada con el adecuado desempeño del motor para las condiciones en las cuales sea utilizado. Para lograr este objetivo, la velocidad será controlada por medio del **módulo PWM** que posee el Microcontrolador. El máximo valor para esta variable se fijará con un ciclo de trabajo del 100% de la onda de pulso modulado, el valor medio estará dado por un ciclo del 50% y el valor mínimo lo determinará un ciclo del 10%. Con esta variación del ciclo de trabajo, mostrado en la figura 2.22, se logra

que el solenoide de la electroválvula funcione con una onda de voltaje de diferentes tiempos en alto, lo que produce que los accionamientos para el regreso del embrague tengan diferentes tiempos de ejecución.

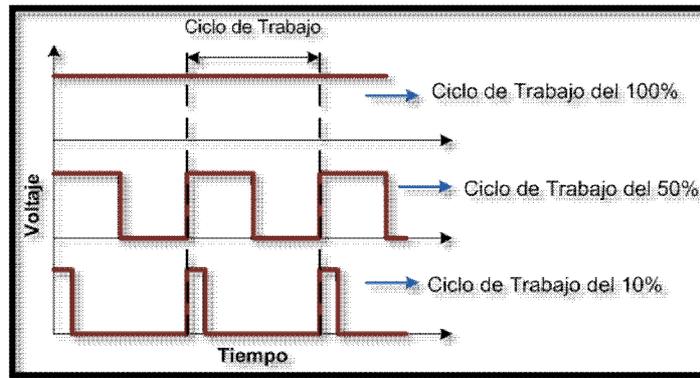


Fig. 2.22 Ciclos de Trabajo para la Onda de Pulso Modulado (PWM)

Las conexiones de las partes mencionadas para esta sección del hardware se muestran en el circuito eléctrico de la Figura 2.24.

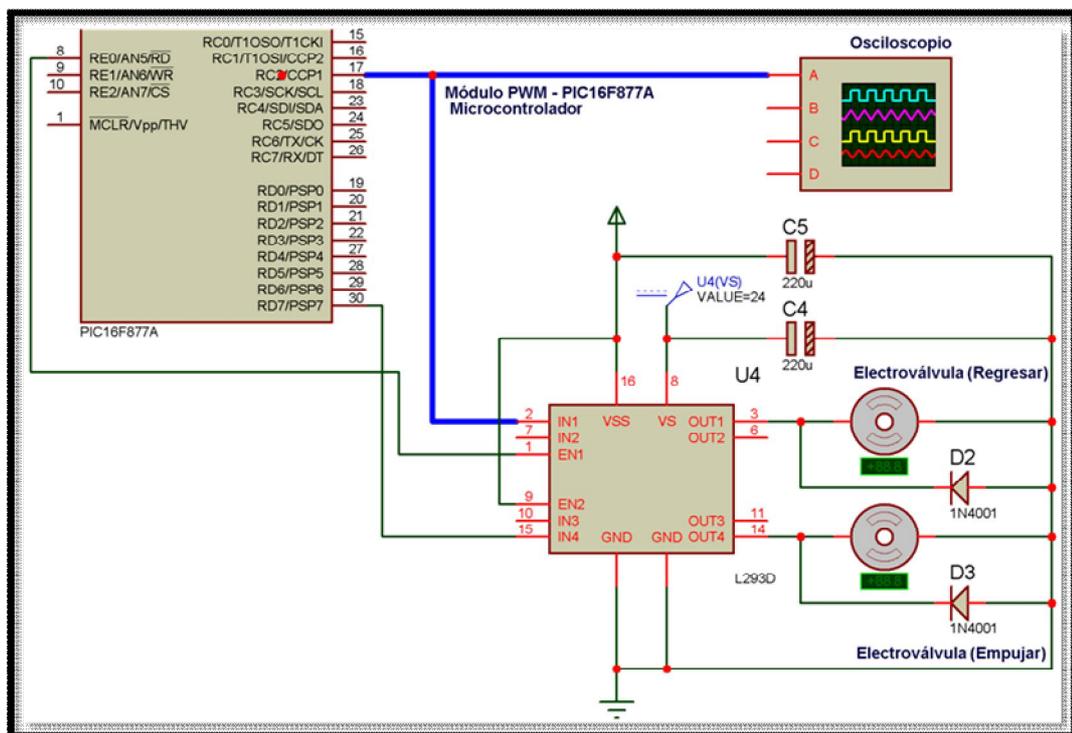


Fig. 2.23 Diagrama de Conexiones para Mando de Embrague

2.5.2.3.- Mando de Marchas.

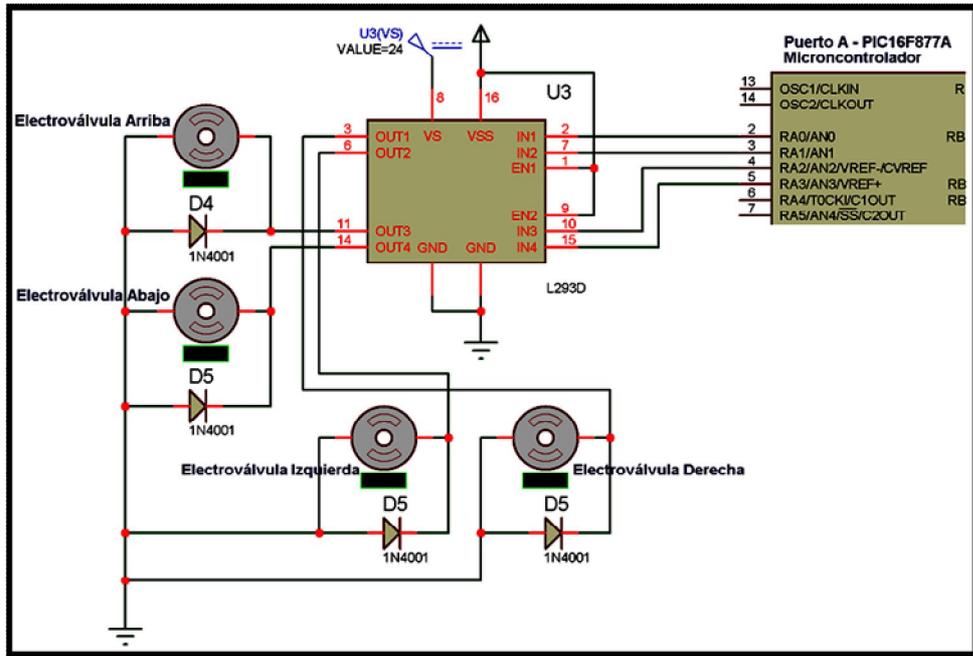


Fig. 2.24 Diagrama de Conexiones para Mando de Marchas

2.5.2.4.- Visualización de Información.

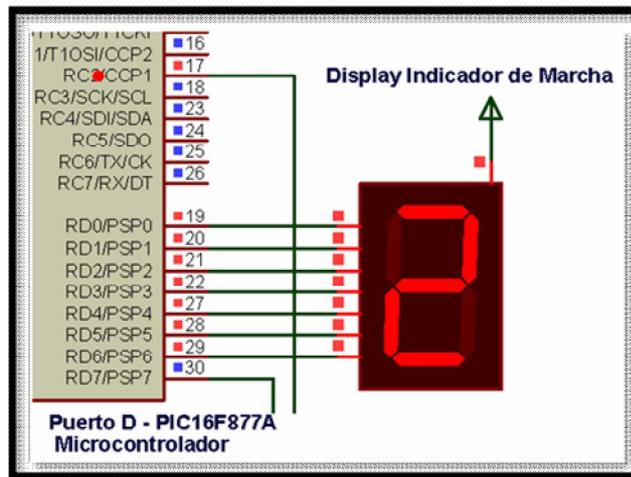


Fig. 2.25 Diagrama de Conexiones para Display Indicador de Marchas

2.5.2.5.- Visualización del Circuito Completo.

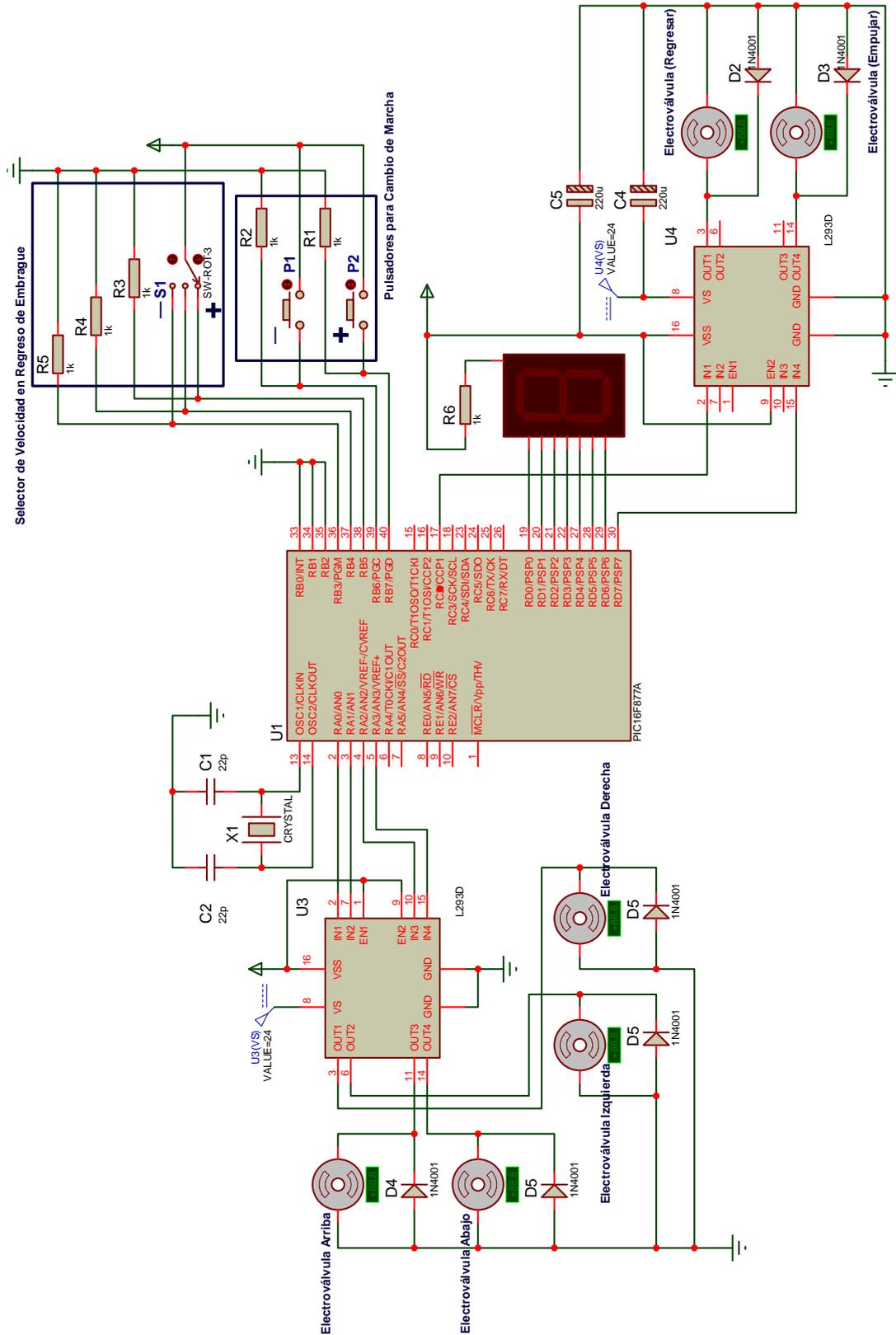


Fig. 2.26 Diagrama Circuito del Módulo de Control

2.5.3.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

Para los cálculos respectivos de los elementos electrónicos partimos de las especificaciones de las válvulas eléctricas que se presentan a continuación:

Tabla II.15 Catálogo de Válvulas Eléctricas

 **Quansheng Automation Engineering Co.,Ltd**
4V Series Valve Manual



Specification Code

3V : Two position Three way Solenoid Valve

3A : Two position Three way Pneumatic Control Valve position Five way Solenoid Valve

4V : Two position Five way Solenoid Valve

4A : Two position Five way Pneumatic Control Valve

Specification	Instruction
Liquid Used	Clean Air
Operating Method	Inside Piloted
Pressure Range Mpa	0.15~0.8
Applicable Temperature	-5~50
Max Endured Pressure	1.05
Lubrication	Not Required
Voltage Range	-10%~+10%
Power Consumption	AC: 5.4VA DC: 4W
Max Action Frequency Cycle/Sec	5 Cycle/Sec
Response Time Sec	0.05
Service Time	10Million

Siendo la potencia de de 4 Watios, la corriente eléctrica que soporta la válvula viene dada por la siguiente fórmula:

$$P = V * i$$

$$4 = 24 * i$$

$$i = 0.16667 \rightarrow 166.67mA$$

[2.28]

Donde: P es potencia medida en Watios

V es Voltaje medida en voltios

i es la corriente eléctrica en mili amperios

Para el puente H, dado que su configuración es semejante a la configuración Darlington (conexión de dos transistores) por lo que el cálculo de corrientes de corte y saturación de los mismos es como se indica a continuación tomando en consideración el siguiente circuito, figura 2.27:

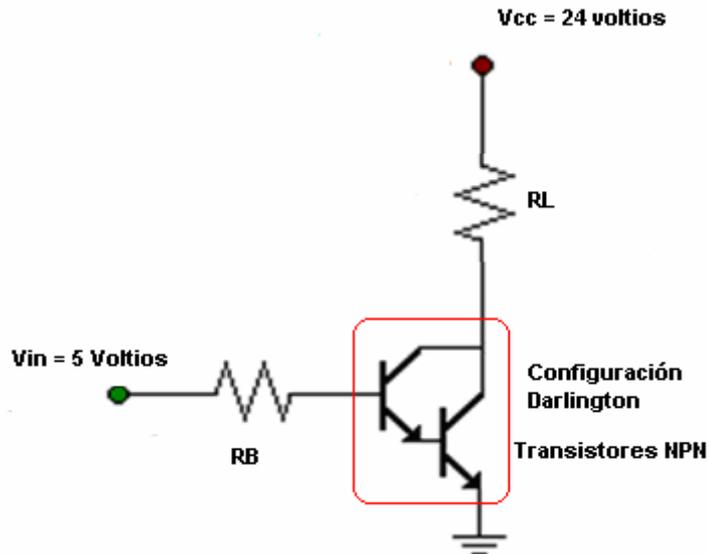


Fig. 2.27 Circuito Ideal para el Control de las Válvulas

Para el circuito de salida:

$$V = i * R \rightarrow i = \frac{V}{R}$$

$$i_c = 166.67 \text{ mA}$$

$$R_L = \frac{V_{CC}}{i_c} = \frac{24}{166.67}$$

$$R_L = 144 \Omega$$

[2.29]

Para el circuito de entrada:

$$V_{inSAT} = \frac{V_{CC} * R_B}{\beta * R_L} + V_{CE}$$

[2.30]

Si el factor de amplificación de corriente es $\beta = 400$ y $V_{CE} \approx 1.4$ dado que son dos transistores; despejando R_B de [2.23] se tiene que:

$$R_B = \frac{(5 - 1.4)(400)(144)}{24} \quad [2.31]$$

$$R_B = 8640\Omega$$

$$\beta = \frac{i_{CSat}}{i_{BSat}} \rightarrow i_B = \frac{166.67}{400}$$

$$i_B = 0.416mA \quad [2.32]$$

$$i_B \approx 0.500mA$$

2.5.4.- LEVANTAMIENTO DE LA ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA

Para la activación de las válvulas eléctricas empleamos la siguiente tabla de verdad:

Tabla II.16 Asignación de Pines a Electroválvulas para cambio de marchas

Válvula	Pines del Puerto A			
	RA3	RA2	RA1	RA0
V0	0	0	0	1
V1	0	0	1	0
V2	0	1	0	0
V3	1	0	0	0

Cabe recordar que, conforme a lo mostrado en la Figura 2.14, cuando se desee realizar un cambio de marcha los movimientos de los pistones deberán ser secuenciales esto es, si se encuentra en la posición Neutro y se requiere cambiar

a la Primera Marcha, la primera válvula en accionarse será V1 y luego se activará V2.

En atención a esta última observación y, tomando en cuenta la información de la Tabla , los pasos que se deberán seguir para ejecutar cada uno de los cambios de marcha serán los mostrados en la tabla.

Tabla II.17 Decodificación para el Cambio de Marcha

Tipo de Marcha	Código Hexadecimal
Reversa	0x24
Neutro	0x12
Primera Marcha	0x09
Segunda Marcha	0x0C
Tercera Marcha	0x11
Cuarta Marcha	0x14
Quinta Marcha	0x21

Para la visualización de la marcha en la cual se encuentra el vehículo se emplea un display, y la codificación del mismo se muestra en la siguiente tabla:

Tabla II.18 Decodificación para Display

Tipo de Marcha	Código Hexadecimal	Símbolo Display
Reversa	0x88	R
Neutro	0xBF	-
Primera Marcha	0xF9	1
Segunda Marcha	0xA4	2
Tercera Marcha	0xB0	3
Cuarta Marcha	0x99	4
Quinta Marcha	0x92	5

2.5.5.- SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

Para el diseño del software se utilizaron las siguientes herramientas:

- MPLAB IDE Versión 6.5. Software para programación de Microcontroladores.
- PROTEUS ISIS SCHEMATIC CAPTURE Versión 7.2. Software para la simulación de hardware y software electrónico.

III.- CONSTRUCCIÓN DEL MANDO SECUENCIAL DE LA TRANSMISIÓN

3.1.- CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

3.1.1.- GENERACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO Y SU TRATAMIENTO

3.1.1.1.- Compresor

El compresor de aire que se selecciona deberá mantener una presión mínima, que deberá ser al menos igual a la más elevada que necesite para accionar cualquiera de los aparatos. Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se empieza por comprobar el margen de presión y el volumen de aire que necesita para cada aparato que se piensa accionar.

3.1.1.1.1 *Compresor de Émbolo Oscilante*

Este es el tipo de compresor más difundido actualmente. Es apropiado para comprimir a baja, media o alta presión. Su campo de trabajo se extiende desde unos 1.100 kPa (1 bar) a varios miles de kPa (bares).

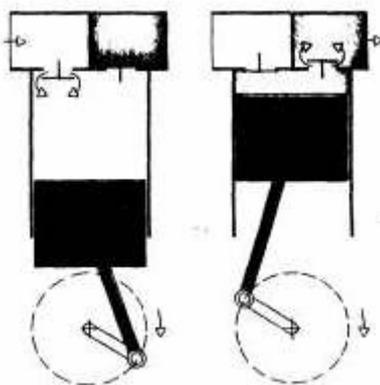


Fig. 3.1 Compresor de émbolo oscilante

Se logra la compresión mediante el movimiento de un mecanismo biela – manivela. Las válvulas de admisión y escape se abren respectivamente en las carreras de descenso y ascenso del pistón, permitiendo el ingreso y la evacuación del aire.

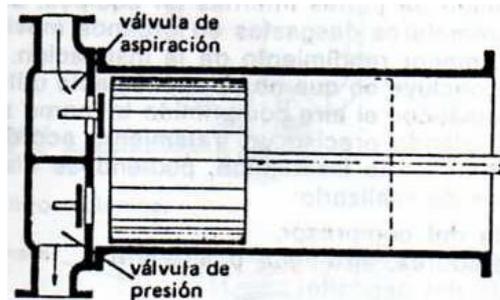


Fig. 3.2 Ingreso y salida del aire comprimido

Pueden constituirse en más de una etapa de compresión para mejorar el rendimiento. Para obtener el aire a presiones elevadas, es necesario disponer varias etapas compresoras. El aire aspirado se somete a una compresión previa por el primer émbolo, seguidamente se refrigera, para luego ser comprimido por el siguiente émbolo.

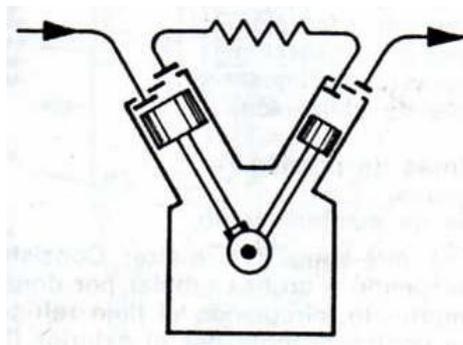


Fig. 3.3 Compresor de doble pistón

El volumen de la segunda cámara de compresión es, en conformidad con la relación, más pequeño. Durante el trabajo de compresión se forma una cantidad de calor, que tiene que ser evacuada por el sistema refrigeración que puede ser por aire o por agua.

3.1.1.2.- Tratamiento del aire

“La fuente principal del deterioro de los componentes neumáticos es la utilización de aire comprimido no acondicionado adecuadamente.

Las impurezas más frecuentes son los condensados como productos de la humedad del ambiente, de aceites degradados del compresor, partículas metálicas provenientes de su desgaste, así como óxidos metálicos desprendidos de cañerías y polvo atmosférico.

Dichas impurezas serán arrastradas por el flujo de aire hacia los puntos de utilización provocando prematuros desgaste en órganos móviles y en definitiva, menor rendimiento.

Por tal motivo es aconsejable un tratamiento del aire comprimido acorde a los requerimientos de cada instalación, pudiéndose distinguir tres formas de realizarlo:

- A la salida del compresor
 - Refrigeradores aire-agua o aire-aire: consiste en general de un serpentín o un haz tubular por donde circula el aire comprimido, circulando en contra el flujo refrigerante en contracorriente por el exterior. En el exterior se ubica un colector donde se recogen los condensados producidos durante la refrigeración, que la que lleva el aire hasta unos 25°C.

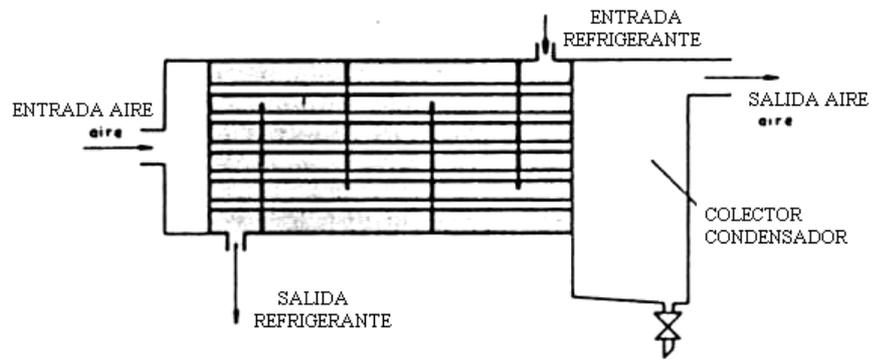


Fig. 3.4 Refrigerador

- A la salida del depósito
 - Secadores frigoríficos: el aire a secar pasa por un intercambiador donde se lo enfría por la acción de un fluido refrigerante de un ciclo frigorífico, colocándose a la salida del intercambiador un separador colector de condensados. Con estos equipos se obtiene temperaturas del aire del orden de 2°C y el aire obtenido puede llamarse prácticamente seco.

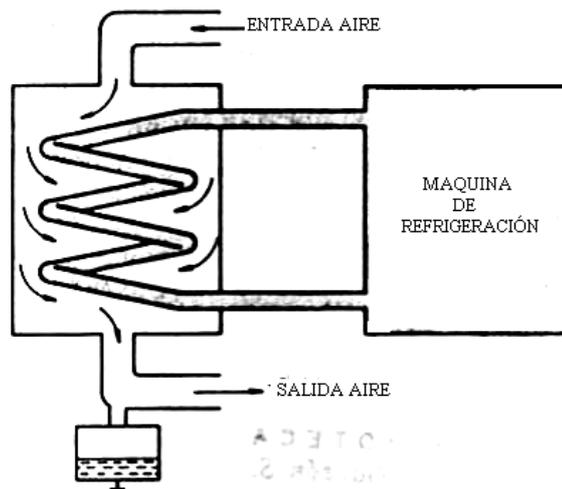


Fig. 3.4 Secador frigorífico

- Secadores por adsorción: el secado se realiza en un tanque cargado con un adsorbente sólido de elevada porosidad, tales como silicagel, alúmina activa, carbón activado, etc. Estas sustancias se saturan y deben ser regeneradas periódicamente mediante adecuado proceso de reactivación.

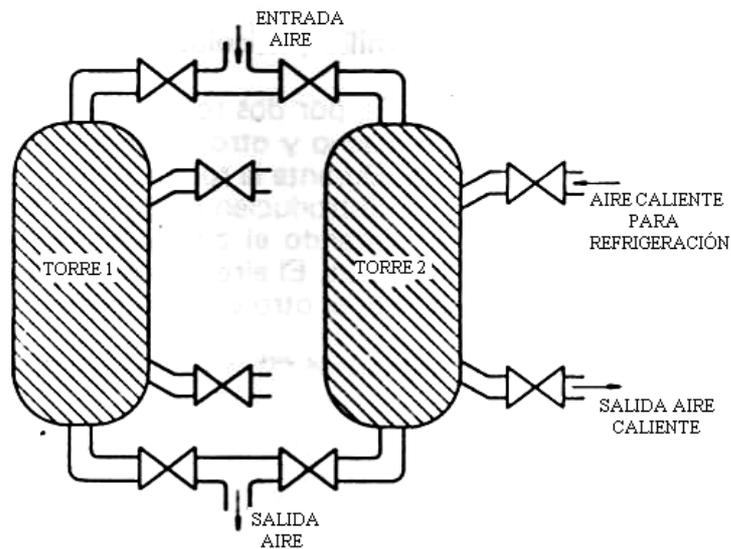


Fig. 3.4 Secador por adsorción

- Secadores por absorción: se utilizan pastillas desecantes de composición química y granulada altamente higroscópica, las que licuan al ir reteniendo el vapor de agua contenido en el flujo de aire a secar

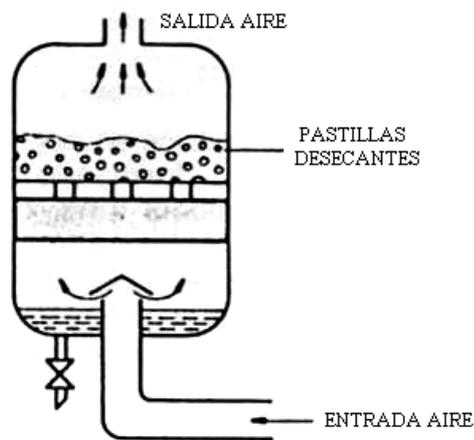


Fig. 3.5 Secador por absorción

- Separadores centrífugos: se trata de direccionar el flujo de aire por unos deflectores que le imprimen un movimiento circular, originándose una fuerza centrífuga que obliga a las partículas líquidas e impurezas a adherirse a la pared, detectando a la parte inferior donde existe un grifo de purga.
- En las bocas de utilización
 - Filtros: son indispensables en toda instalación correctamente concebida, aún cuando se haga tratamiento del aire a la salida del compresor, pues esto no impediría la llegada a los puntos de consumo de partículas y condensados recogidos en las tuberías de la red

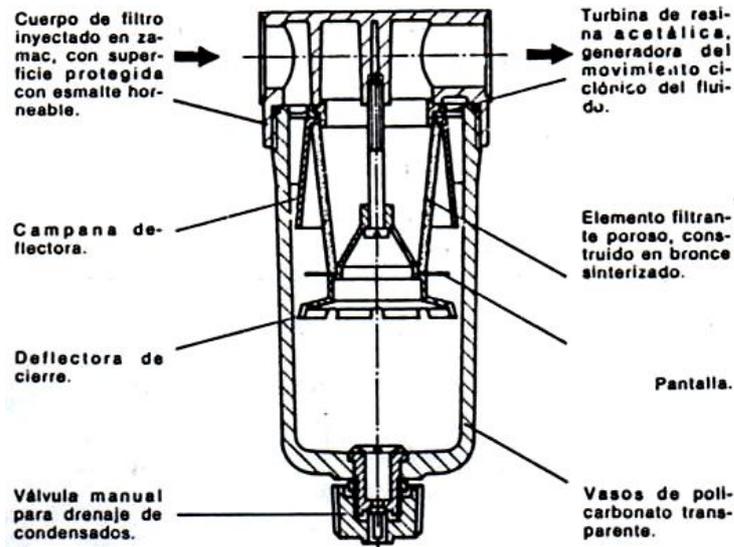


Fig. 3.6 Filtro Cónico

- o Reguladores de presión: mantienen una presión de trabajo en los equipos, constante e independiente del consumo. Evita el consumo inútil por exceso de presión en los equipos e independizar los distintos equipos instalados.

Se clasifican según su accionamiento: de comando directo y comando asistido. El primero, la acción del tornillo de regulación efectúa directamente sobre el resorte de contrapresión, con lo que la acción se torna áspera e insensible a presiones elevadas. El segundo, el tornillo actúa directamente sobre los resortes, siendo asistido por la misma presión regulada sobre el pistón, con lo cual se obtiene mayor suavidad y sensibilidad en el tornillo de regulación.

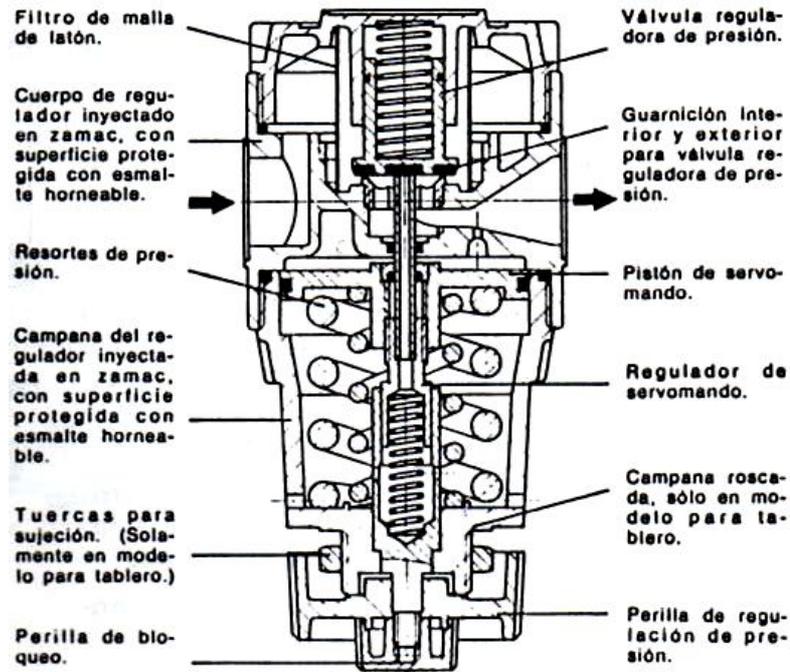


Fig. 3.7 Regulador de presión

- Lubricadores: al operar con herramientas neumáticas, cilindros, válvulas u otros equipos accionados por aire comprimido, es necesario inyectar lubricante al aire para evitar deterioros provocados por la fricción y la corrosión, reduciendo los costos de repuestos y mantenimiento.

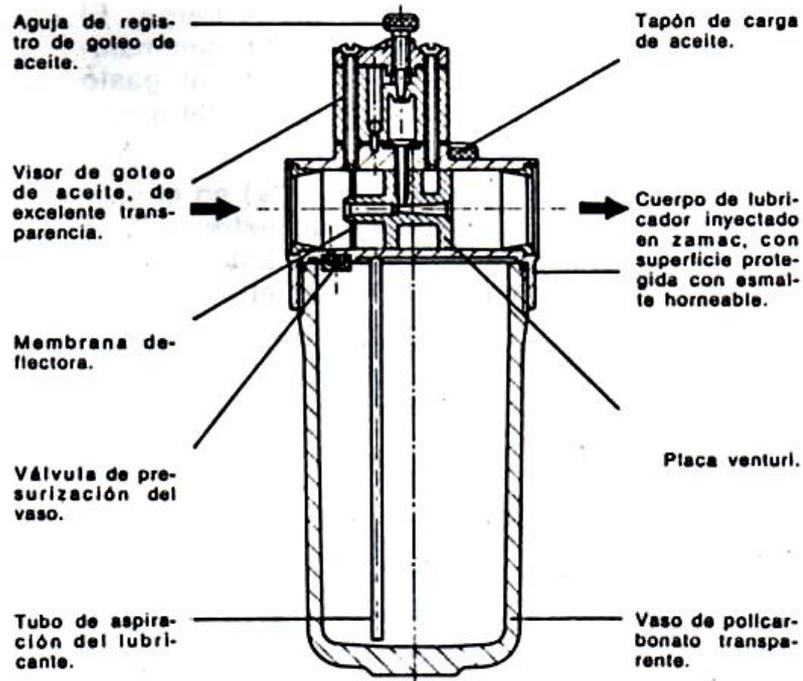


Fig. 3.8 Lubricador

- Unidades de mantenimiento: formadas por la combinación de los elementos descritos en los puntos anteriores.”²²

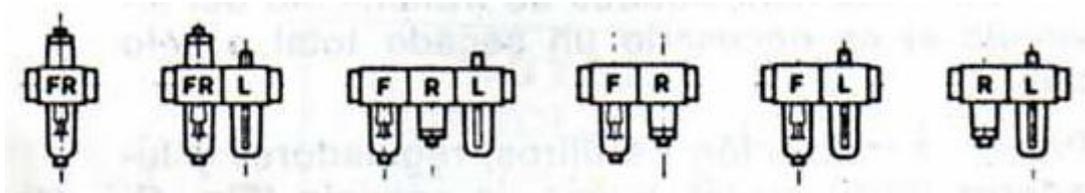


Fig. 3.9 Unidades de mantenimiento

²² Folleto Automatización y Micromecánica, Ecuatoriana Cia. Ltda.

3.1.2.- DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

El trazado de las redes de distribución debe ser compatible con la ubicación de los puntos de consumo.

Componiendo una red de distribución de aire comprimido podemos encontrar tres tipos de tubería:

- Tubería Principal: es aquella que proviene del depósito y conduce la totalidad del caudal de aire comprimido
- Tuberías Secundarias: son aquellas que se derivan de la principal y se distribuyen sobre las áreas de trabajo
- Tuberías de servicio: se desprenden de las secundarias y son las que alimentan a los equipos neumáticos

En el tendido de la red no conviene descuidar los conceptos siguientes:

- En el trazado elegir los recorridos más cortos, tratando en general de lograr tramos rectos; evitar cambios bruscos de dirección, reducciones de sección, piezas T, etc. eue sean innecesarios, a modo de producir la menor pérdida de carga
- Dimensionar ampliamente los conductos de aire (tuberías o mangueras) de modo que sean capaces de absorber futuros aumentos de demanda sin una excesiva pérdida de carga.
- Inclinar las tuberías ligeramente un 3% en el sentido del flujo de aire y colocar en su extremo más bajo un ramal de bajada con purga

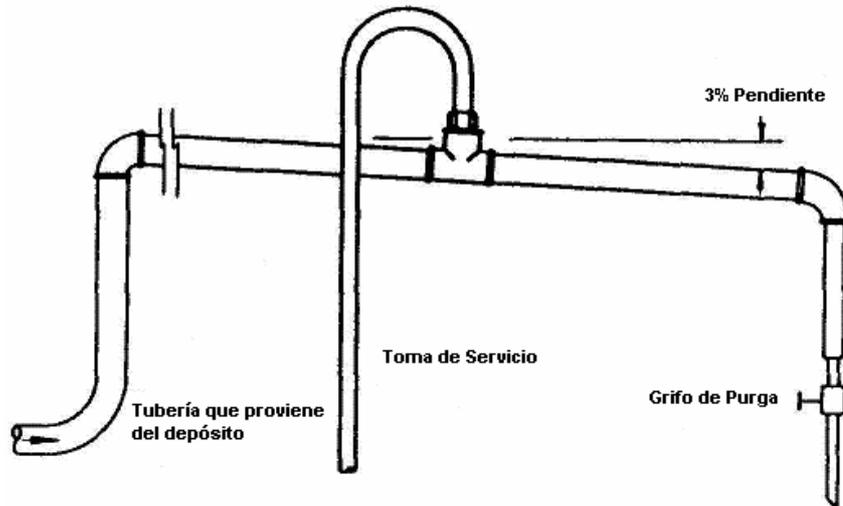


Fig. 3.10 Colocación de Tuberías Neumáticas

3.1.3.- CILINDROS NEUMÁTICOS

Este componente es capaz de generar un movimiento rectilíneo alternativo, transformando la energía de presión del aire en energía cinética o esfuerzos prensores.

3.1.3.1.- Montaje de Cilindros Neumáticos

“Normalmente los cilindros se fijan a alguna parte firme de la máquina por medio de accesorios y montajes, quedando el extremo del vástago del cilindro fijo a partes móviles.

La forma de montar un cilindro en cuanto a la cinemática, puede ordenarse de la siguiente manera:

- A) Montajes en los cuales el cilindro permanece fijo, y su vástago describe una trayectoria rectilínea

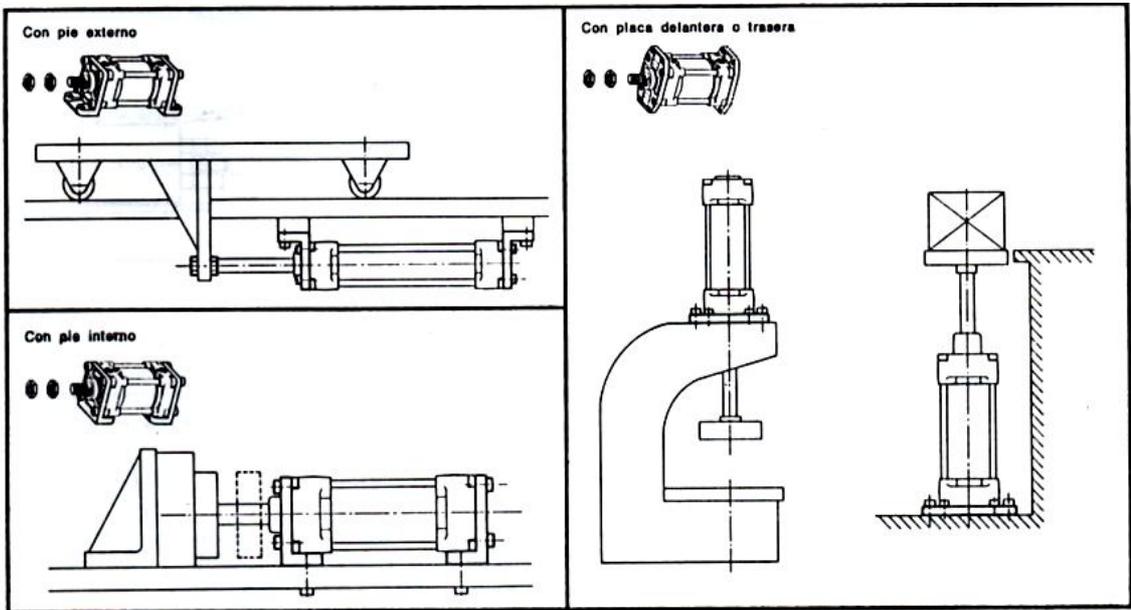


Fig. 3.11 Anclajes de Pistones Neumáticos

- B) Montajes donde el cilindro bascula sobre un eje transversal a su eje longitudinal, con posibilidad de girar en un plano fijo coincidente con el mismo, y el extremo del vástago describe una curva en el plano.

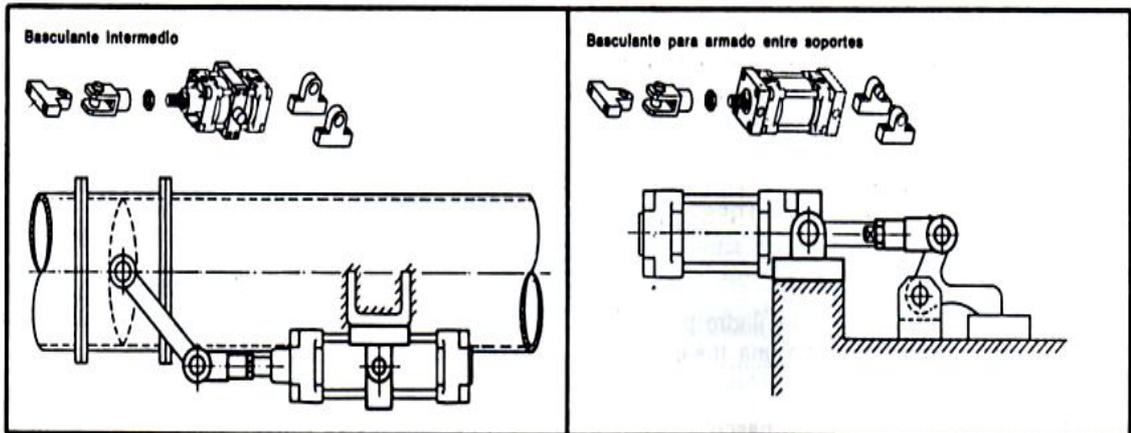


Fig. 3.12 Anclajes de Pistones Neumáticos

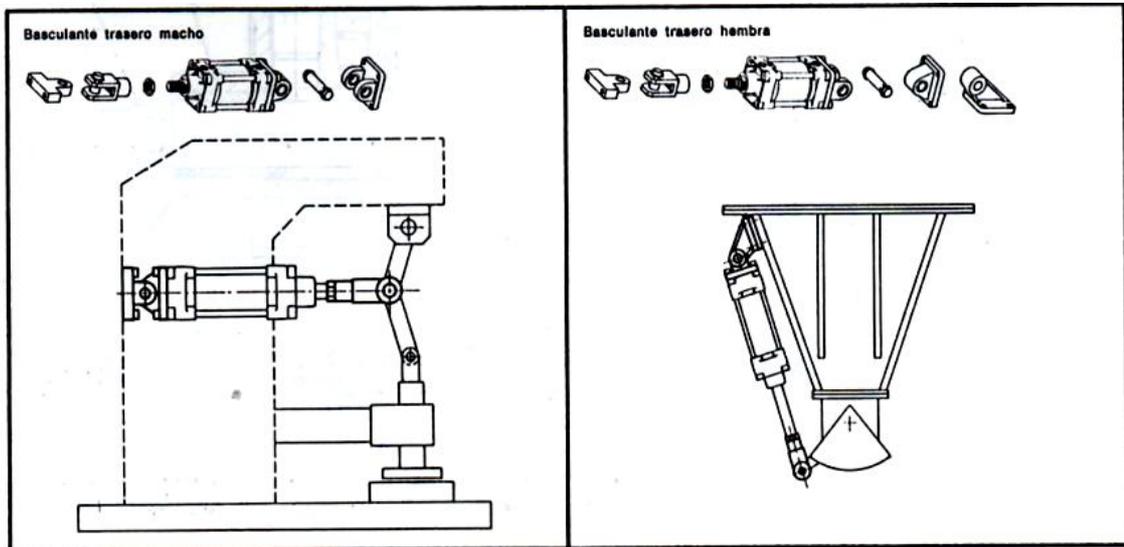


Fig. 3.13 Anclajes de Pistones Neumáticos

- C) Montajes donde el cilindro bascula sobre un eje de rotación transversal en su parte posterior, pero montado sobre rótula que permite pequeñas variaciones angulares transversales. El extremo del vástago también es provisto de rótula que permite al cilindro describir una curva compensado las variaciones angulares.”²³

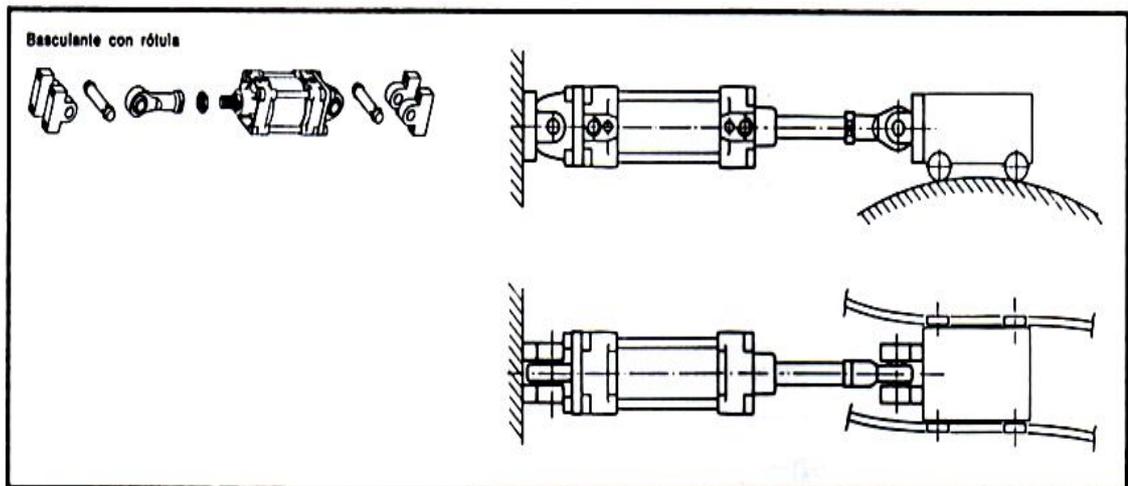


Fig. 3.14 Anclajes de Pistones Neumáticos

²³ Folleto Automatización y Micromecánica, Ecuatoriana Cia. Ltda.

3.1.4.- VÁLVULAS

Son aquellas que en un circuito neumático, distribuyen o direccional el aire comprimido hacia los elementos de trabajo, constituyendo los órganos de trabajo. Para la lección de válvulas es necesario determinar cuatro factores fundamentales:

- Número de vías: ligadas directamente al componente que se deba actuar
- Cantidad de posiciones: definidas por las condiciones operativas del circuito
- Tipo de mando: condicionado por la naturaleza de la señal de mando que se desee dar o exigido por el circuito
- Tamaño de la válvula: relativo a la capacidad de permitir el pasaje de mayores o menores caudales de aire comprimido

3.1.5.- CONEXIONADO

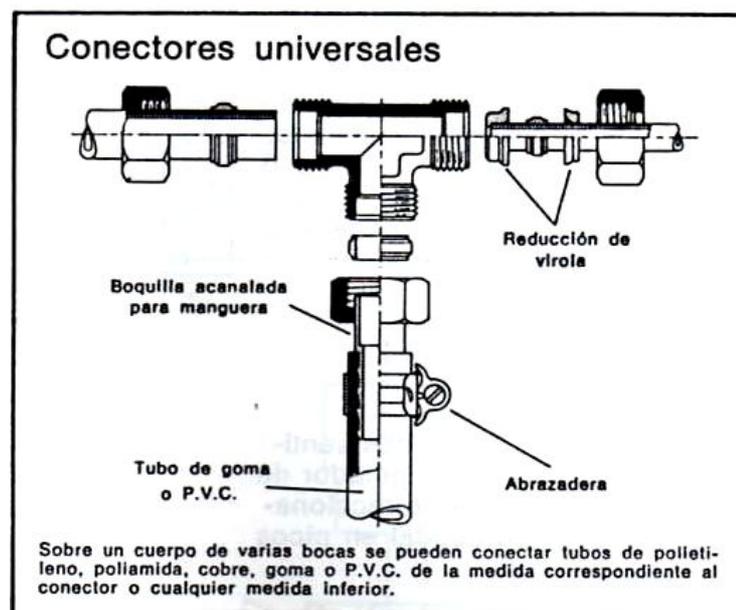


Fig. 3.15 Tipo Conector Universal

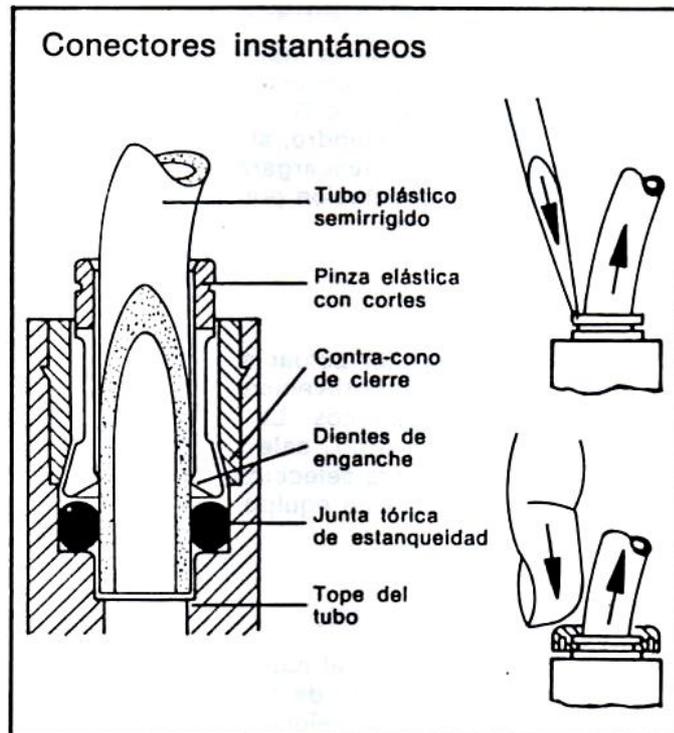


Fig. 3.16 Conector Instantáneo Flexible

3.1.5.1.- Factores que intervienen en la elección de conectores y tuberías en circuitos neumáticos

“La acertada elección de las tuberías y conectores reviste una particular importancia en cuanto puede influir directamente sobre el costo global de la instalación. En el campo industrial el concepto de economía no concluye con la compra sino que sigue con los costos de mano de obra del armado del equipo, el mantenimiento, la durabilidad y la confiabilidad del producto.

3.1.5.1.1.- Medio ambiente

Las características del medio ambiente son factores determinantes en la elección del tipo de material de las tuberías y conectores.

Para pequeños caudales de aire, temperaturas normales y falta de agresividad mecánica, las tuberías de plásticos son buena solución. Los materiales más

usados son poliamida 11 y 12 y polietileno, si bien este último es muy susceptible en sus condiciones operativas a las variaciones térmicas.

Cuando el sistema debe actuar bajo condiciones extremas, sea con temperaturas elevadas, exposición a la intemperie, un medio mecánicamente agresivo o para grandes secciones, es conveniente adoptar cañerías metálicas de cobre o aluminio. En caso de requerir movilidad se emplean tubos de goma reforzados con malla.

3.1.5.1.2.- Dimensiones

Como primera medida y respondiendo a un principio lógico, las dimensiones de los tubos y conectores deben ser compatibles con los componentes neumáticos del circuito.

A su vez, la sección de pasaje del conector no debe representar un obstáculo en la circulación del aire. Se trata de evitar todo tipo de estrechamientos innecesarios debidos a algún elemento del circuito subdimensionado; esto induciría a un error de tipo sistemático que aminoraría el rendimiento global de la instalación

3.1.5.1.3.- Roscas de conectores

En la actualidad coexisten dos teorías: rosca cónica BSPT y rosca cilíndrica BSPP.

En el uso de la rosca cónica es imprescindible colocar selladores de cinta o químicos a fin de evitar pérdidas. Si esta operación no se cumple con la suficiente precisión se corre el riesgo de que se introduzca algún fragmento de sellador en el cuerpo del elemento neumático, alterando el funcionamiento del mismo. Es necesario recambiar el sellador en cada oportunidad en que se desarme la conexión.

En cambio, optando por la rosca cilíndrica con asiento para guarnición, cuyo empleo se va generalizando día a día, se gana rapidez y seguridad de montaje,

una tenida más firme y mayor confiabilidad. La guarnición puede usarse reiteradas veces.”²⁴

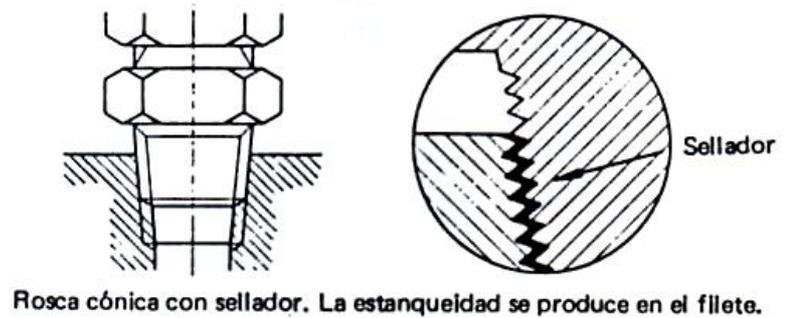


Fig. 3.17 Roscas de Conectores Cónicos

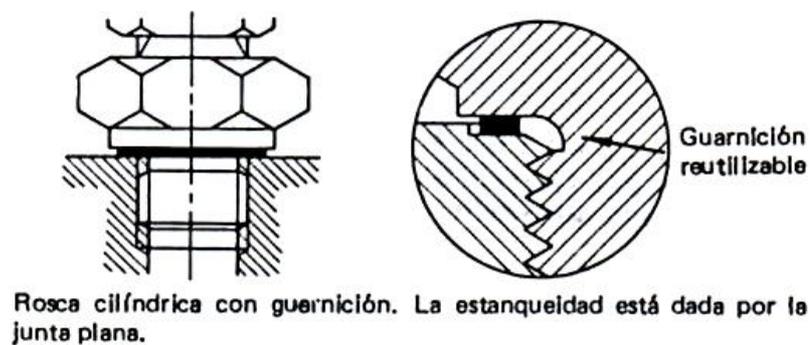


Fig. 3.18 Roscas de Conectores Cilíndricos

²⁴ Folleto Automatización y Micromecánica, Ecuatoriana Cia. Ltda.

3.1.6.- EQUIPOS UTILIZADOS

Tomando en consideración lo antes mencionado en los ítems anteriores y basados en las siguientes tablas, cada elemento empleado en el presente tema de tesis tiene las siguientes características:

Tabla III.1 Volumen de aire requerido para pistones

Volumen de aire comprimido, en litros. necesario por carrera para accionar el cilindro de aire

Estos volúmenes son para cilindros de simple efecto.
Para cilindros de doble efecto, multiplíquese por dos y sustráigase el volumen del vástago del pistón.
El volumen de este vástago del pistón no ha sido deducido. Empléese como factor de seguridad.

Ø del pistón en mm.	Longitud de carrera, en centímetros													
	25	50	75	100	125	150	200	250	300	400	500	600	800	1 000
20	0,008	0,016	0,024	0,031	0,039	0,047	0,063	0,079	0,094	0,126	0,157	0,188	0,251	0,314
25	0,012	0,024	0,037	0,049	0,061	0,073	0,098	0,122	0,146	0,195	0,244	0,293	0,390	0,488
30	0,018	0,035	0,053	0,070	0,088	0,106	0,141	0,176	0,211	0,282	0,352	0,422	0,563	0,704
32	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480	0,640	0,800
35	0,024	0,048	0,072	0,096	0,121	0,145	0,193	0,241	0,289	0,386	0,482	0,578	0,771	0,964
40	0,031	0,063	0,094	0,126	0,157	0,188	0,251	0,314	0,377	0,502	0,628	0,754	1,005	1,256
50	0,049	0,098	0,147	0,196	0,246	0,295	0,393	0,491	0,589	0,786	0,982	1,178	1,571	1,964
63	0,078	0,156	0,234	0,312	0,390	0,468	0,624	0,780	0,936	1,248	1,560	1,872	2,496	3,120
70	0,096	0,192	0,289	0,385	0,481	0,577	0,770	0,912	1,154	1,539	1,924	2,310	3,078	3,848
80	0,126	0,252	0,378	0,504	0,630	0,756	1,008	1,260	1,512	2,016	2,520	3,024	4,032	5,040
90	0,159	0,318	0,477	0,636	0,795	0,954	1,272	1,590	1,908	2,544	3,180	3,816	5,088	
100	0,196	0,392	0,588	0,784	0,980	1,176	1,568	1,960	2,352	3,136	3,920	4,704	6,272	7,840
110	0,238	0,476	0,714	0,952	1,190	1,428	1,904	2,380	2,856	3,808	4,760	5,712	7,616	9,520
125	0,307	0,614	0,921	1,228	1,535	1,842	2,456	3,070	3,684	4,912	6,140	7,368	9,824	12,280
140	0,385	0,770	1,155	1,540	1,925	2,310	3,080	3,850	4,620	6,160	7,700	9,240	12,320	15,400
160	0,502	1,004	1,506	2,008	2,510	3,012	4,016	5,020	6,024	8,032	10,040	12,048	16,064	20,080
180	0,636	1,272	1,908	2,544	3,180	3,816	5,088	6,360	7,632	10,176	12,720	15,264	20,352	25,440
200	0,785	1,570	2,355	3,140	3,925	4,710	6,280	7,850	9,420	12,560	15,700	18,840	25,120	31,400

Tabla III.2 Flujo de Aire

Presión manométrica en el recipiente		Flujo de aire libre (l/min.) a través de orificios de varios tamaños							
lbs/in	bars	1/64"=0,40	1/32"=0,80	3/64"=1,20	1/16"=1,60	3/32"=2,40	1/8"=3,20	3/16"=4,75	1/4"=6,35
1	0,07	0,76	3,03	6,85	12,18	27,5	48,7	109,3	194
2	0,14	1,08	4,33	9,68	17,19	38,5	68,8	153,5	275,8
3	0,21	1,30	5,32	13,34	21,29	47,6	84,4	190	337
5	0,35	1,67	6,85	25,43	27,33	61,7	109,3	246,6	436,1
10	0,70	2,38	9,68	21,80	38,51	87,2	154,3	348,3	617,3
15	1,05	2,92	11,84	26,6	47,3	106,2	188,3	424,8	756
20	1,40	3,37	13,73	30,3	54,6	120,3	218,0	484,2	872
25	1,75	3,76	15,29	34,3	61,2	134,5	243,5	549,3	977
30	2,10	4,67	17,90	39,6	71,4	158,6	283,2	637,1	1 133
35	2,45	4,90	20,10	44,2	79,3	175,6	317,2	708	1 266
40	2,8	5,38	21,80	48,4	86,4	192,6	348,3	778,7	1 390
45	3,15	5,89	23,87	53,8	95,1	215,2	379,4	858	1 523
50	3,5	6,37	25,88	58,0	103,1	232,2	410,6	928,8	1 648
60	4,2	7,36	29,73	66,5	118,9	266,2	475,7	1 061,9	1 897
70	4,9	8,35	33,70	75,9	134,9	303	538,0	1 217,6	2 152
80	5,6	9,34	37,66	84,1	150,6	337	600,3	1 345,1	2 407
90	6,3	10,31	41,62	92,9	166,2	371	665,4	1 486,6	2 662
100	7	11,33	45,59	103,6	182,6	410,6	730,6	1 650,9	2 917
110	7,7	12,18	49,84	111,9	198,2	444,6	792,9	1 784	3 172
120	8,4	13,31	53,80	120,9	214,6	481,4	855,2	1 925,6	3 426
130	9,1	14,16	57,77	129,4	230,2	515,4	917,5	2 067	3 681
140	9,8	15,29	61,45	137,9	245,8	552,2	977	2 209	3 908
150	10,5	16,14	65,98	147,2	260,5	586,2	1 039	2 350	4 163
175	12,25	18,69	75,04	168,2	300,2	673,9	1 192	2 690	4 785
200	14	21,52	86,93	195,4	345,5	778,7	1 379	3 115	5 522

Tabla III.3 Componentes Neumáticos

Equipo	CARACTERÍSTICAS	
	DIMENSIONES	PRESIÓN (PSI)
Compresor de aire	3426 L/min	120 (mínimo)
Cilindros de doble efecto	32 x 25 mm	50 (mínimo)
Cilindros de doble efecto	32 x 15 mm	60 (mínimo)
Cilindro de doble efecto	50 x 25 mm	120 (mínimo)
Válvulas distribuidoras	5/2 x 1/8	125 (máximo)
Válvulas limitadoras de presión	N/A	60 – 80 – 125
Manguera	8 mm Diam.	125 (máximo)
Conectores Rectos	1/4x8mm y 1/8x8mm	125 (máximo)
Silenciador de Bronce	1/8	N/A

3.1.7.- ESQUEMA DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

VER ANEXO III

3.2.- PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO

El programa del control obedece a la lógica planteada en los diagramas de flujo mostrados en las siguientes figuras, correspondientes a los procedimientos que se deberán ejecutar.

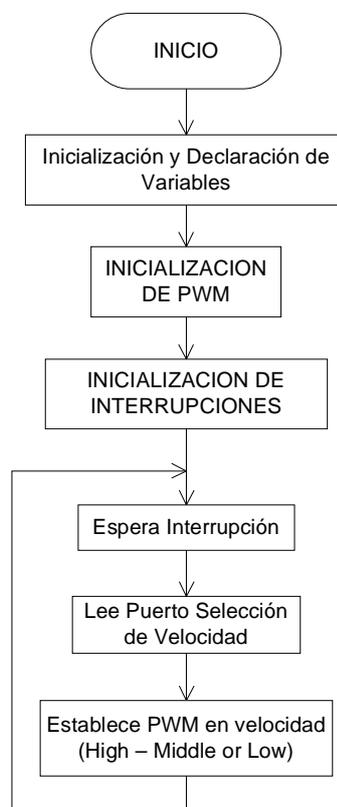


Fig. 3.19 Diagrama de Flujo para la Función Principal del Programa

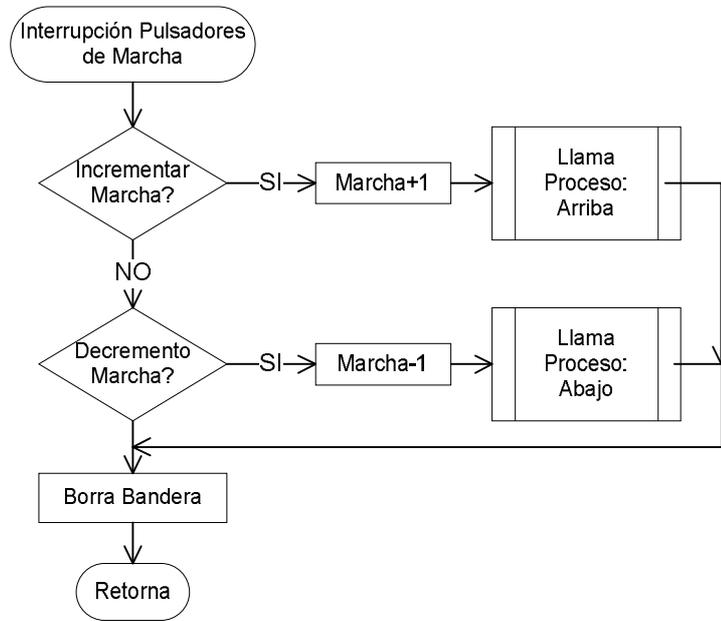


Fig. 3.20 Diagrama de Flujo para la Interrupción generada por el Cambio de Marcha

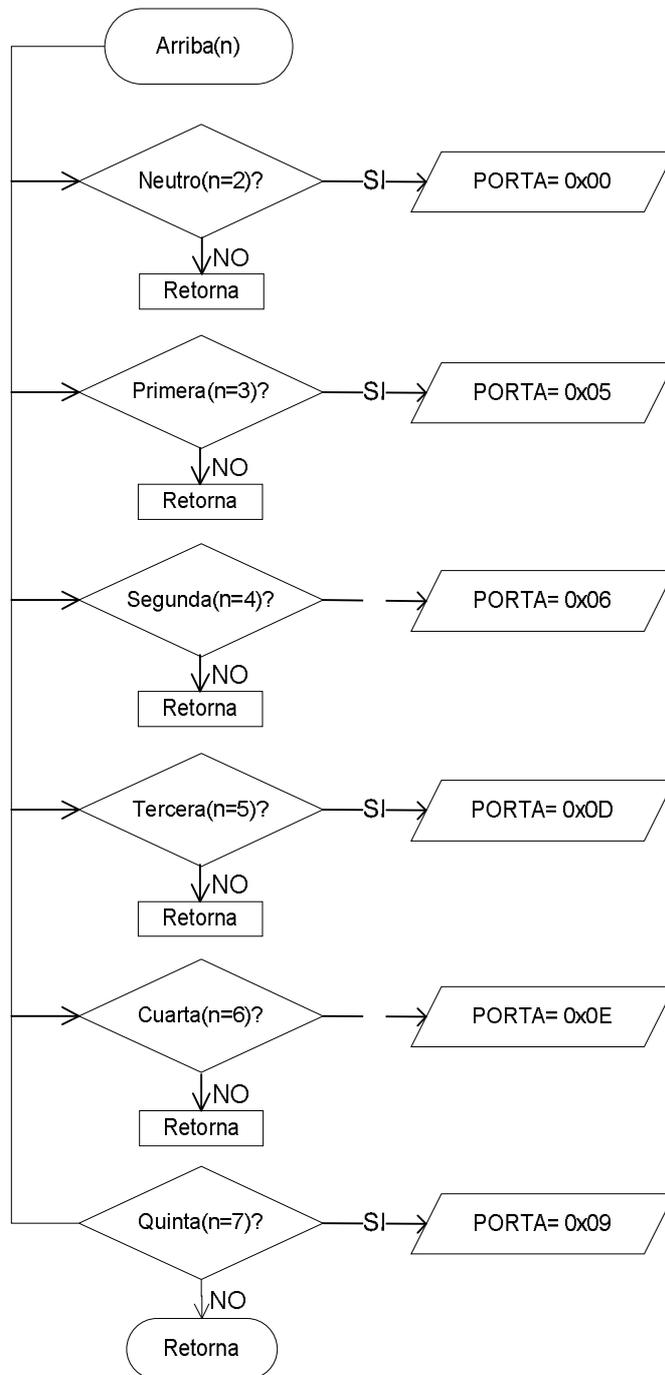


Fig. 3.21 Diagrama de Flujo para la función de Incremento de Marcha

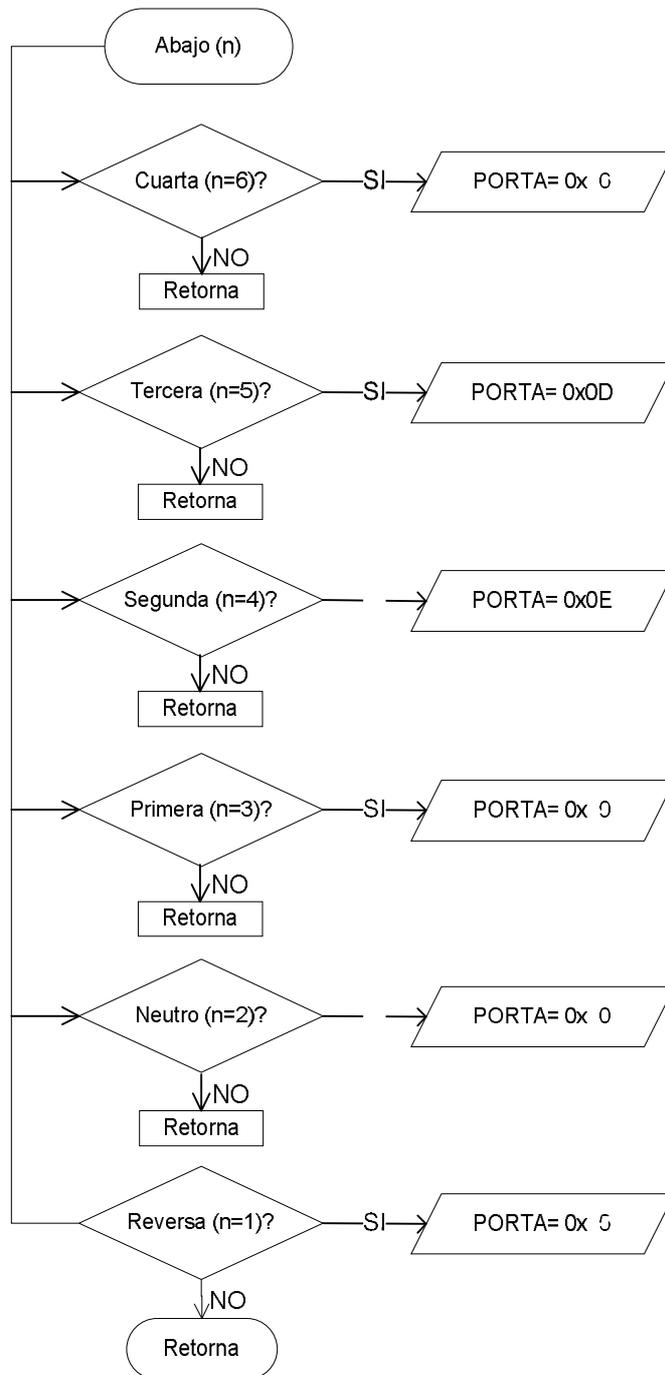


Fig. 3.22 Diagrama de Flujo para la función de Decremento de Marcha

3.2.1.- CONFIGURACIÓN DEL PWM (MÓDULO PARA MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO)

Para la inicialización del módulo PWM del microcontrolador PIC16F877A, se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1 – Fijar el periodo de la onda cuadrada PWM en el registro PR2 del Microcontrolador.

Para escoger de manera correcta este valor, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$RESOLUCION = \frac{\log\left(\frac{Fosc}{Fpwm}\right)}{\log(2)} \quad [3.1]$$

Sabiendo que la frecuencia de oscilación es $Fosc = 20\text{MHz}$ y que la Resolución Máxima con la que se desea trabajar es 10 bits, se tiene que **$Fpwm = 19.531\text{KHz}$** , la cual será constante. Luego, haciendo referencia a información que proporciona la hoja técnica del PIC16F877A, se tiene que:

- *Time Prescaler = 1*. Este valor corresponde al prescaler del Timer2, que es el registro que se comparará con el valor del PR2, de acuerdo al funcionamiento del módulo PWM.
- *PR2 = 0xFFH*.

Paso 2 – Fijar el ciclo de trabajo del módulo PWM.

Para el efecto, se debe escribir en el registro CCPR1L (8 bits) y en los bits (4) y (5) del registro CCP1CON.

De manera predefinida, el valor inicial del ciclo de trabajo corresponde al 80% del periodo de la onda PWM. Luego, para calcular el valor hexadecimal propio a este porcentaje se sabe que:

$$T_{pwm} = 1/F_{pwm} \rightarrow T_{pwm} = 0,0000512\text{seg} \quad [3.2]$$

Después,

$$\text{Ciclo de Trabajo} = 80\% T_{pwm} \rightarrow 80\% T_{pwm} = 0.00004096\text{seg} \quad [3.3]$$

Ahora, con los datos conocidos, se aplica la fórmula dada en la hoja técnica,

$$\text{PWM_Dutty_Cycle} = [\text{CCPR1L:CCP1CON}<5:4>] * T_{osc} * \text{TMR2_Prescaler Value}$$

Siendo la incógnita $y = [\text{CCPR1L:CCP1CON}<5:4>]$. Entonces,

$$y = \frac{0.00004096}{\frac{1}{20E+6} * 1} = 819.2 = 333H = 1100110011b \quad [3.4]$$

$$\rightarrow \text{CCPR1L} = 11001100 = 0xCC \text{ (hex)}$$

$$\rightarrow \text{CCP1CON } <5:4> = 11 = 0x30 \text{ (hex)}$$

Paso 3 – Configurar el pin RC2/CCP1 como salida.

Para esto se debe encerrar el bit 2 del TRISC ya que por este pin saldrá la onda PWM.

Paso 4 – Fijar el prescaler del TMR2 y habilitar el Timer2.

Recordando que el valor del Prescaler se lo obtuvo en el paso 1, se cargan los bits del registro T2CON con los siguientes valores:

```
T2CKPS1 = 0;    // Fijo a 1 el prescaler del TMR2
T2CKPS0 = 0;    //
TMR2ON = 1;     // Habilita el TMR2
```

Paso 5 – Configurar el módulo CCP1 para PWM.

Para el efecto, se configuran lo siguientes bits:

```
CCP1M3 = 1;     //Habilito el modo PWM de CCP1
CCP1M2 = 1;     //
```

3.3.- ADAPTACIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS Y EMBRAGUE

Para el montaje de los cilindros neumáticos y válvulas utilizadas, la caja de cambios se la monto en una base y también se colocaron algunos elementos para que sirvan de soporte; como se muestra a continuación:

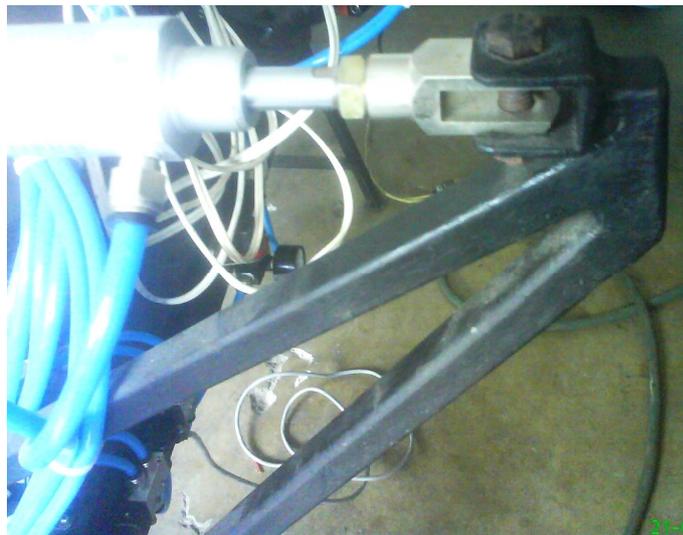


Fig. 3.23 Soporte para los cilindros de movimiento horizontal de la palanca de cambios



Fig. 3.24 Soporte para los cilindros de movimiento vertical de la palanca de cambios



Fig. 3.25 Soporte para los cilindros que ubican la palanca de cambios



Fig. 3.26 Soporte y Accionamiento para el Sistema de Embrague

3.4.- COMPROBACIÓN DE FUGAS EN EL SISTEMA

“Las fugas son un serio problema en cuanto a pérdidas de caudal de aire en algunas instalaciones. En Algunas ocasiones las fugas de aire no son seguras cuando las pérdidas son por encima de la mitad de los límites permitidos. Las pruebas de pérdidas por fugas han mostrado que es aceptable un 20% del aire comprimido como límite extremo. Por otro lado, el 10% es más común.

Las fugas ocasionalmente ocurren por pequeños aberturas. Cada abertura no tiene mucho efecto pero si la suma de todas las partes por las cuales fuga el aire comprimido.

Para dar un ligero acercamiento para detener las fugas del aire comprimido, se toman las siguientes consideraciones:

- Inspeccione los conectores y empaques de cada sistema de válvulas, en caso de ser necesario vuélvalas a empacar o reemplácelas
- Reemplace las válvulas dañadas
- Repare las fugas de las herramientas y equipos neumáticos, las herramientas neumáticas no deberían pero con alguna frecuencia, se desgastan cuando no son usadas, incluso cuando son utilizadas ocasionalmente.
- Utiliza abrazaderas estandarizadas para cada tubería
- Instale sistemas de purgas al final de cada línea y separadores de condensación
- Use tuberías de calidad para eliminar rupturas.”²⁵

²⁵ **Manual Ingersollrand Air Compressor group**



Fig. 3.27 Inspección de conectores y abrazaderas

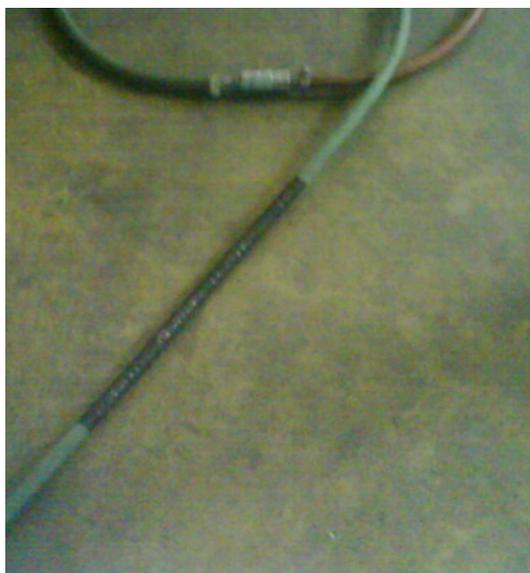


Fig. 3.28 Manguera de aire rota mal refaccionada

IV.- COMPARACIONES Y COMPROBACIONES

4.1.- ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1.- COMPROBACIÓN DE PRESIONES

Tabla IV.1 Presiones del Circuito Neumático

EQUIPO	PRESIÓN (PSI)	
	TEÓRICA	NOMINAL
Circuito de Palanca Lateral	33.94	50
Circuito de Palanca Vertical	54.92	60
Circuito de Embrague	71.94	110

4.1.2.- VERIFICACIONES DE TENSIONES Y CORRIENTES ELÉCTRICAS

Tabla IV.2 Especificaciones Eléctricas para la tarjeta controladora de cambio de marchas

Parámetro	Min	Max	Nominal	Unidades
Voltaje de Alimentación - Vcc	5	7	5	V
Voltaje de Alimentación - Vdc	21,8	26,4	24	V
Corriente de Drenaje - Vcc	5	255	---	mA
Potencia Disipada - Vcc	20	1000	80	mW
Potencia Disipada - Vdc	4	12	8	W
Temperatura de Operación	0	70	25	°C
Temperatura de Almacenamiento	-55	120	30	°C

4.1.3.- CRONOMETRACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE MARCHAS EN CARRETERA

Tabla IV.3 comparación del tiempo de marcha teórico y los cronometrados aproximados

MARCHA	TIEMPO (miliseg)			
	TEÓRICO	NOMINAL DEPORTIVO	MEDIO	NORMAL
Primera marcha	118.05	520	845	1170
Segunda marcha	120.36	520	845	1170
Tercera marcha	163.16	520	845	1170
Cuarta marcha	120.36	520	845	1170
Quinta marcha	163.16	520	845	1170
Reversa	118.05	-	845	-

4.1.4.- CAÍDA DE REVOLUCIONES EN EL MOTOR A MÁXIMA POTENCIA.

Caída de rpm = 5600 – nuevas rpm

Tabla IV.4 Caída de revoluciones a régimen de máxima potencia

Cambio de marcha	<i>Caída de rpm</i>
De 1 ^{ra} a 2 ^{da}	2011.33 rpm
De 2 ^{da} a 3 ^{ra}	1760 rpm.
De 3 ^{ra} a 4 ^{ta}	1400 rpm.
De 4 ^{ta} a 5 ^{ta}	1225,30 rpm

4.2.- COMPARACIÓN DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

Tabla IV.5 Consumo de combustible durante el cambio de marchas

	MODO MANUAL		MODO DEPORTIVO		AHORRO DE COMBUSTIBLE
	TIEMPO DE ACCIONAMIENTO (Seg)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (cc)	TIEMPO DE ACCIONAMIENTO (seg)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (cc)	
A	8.23	3	4.2	1.5	50 %
B	1.65	0.5	0.84	0.3	40 %

En el caso A se realizó un cambio secuencial desde la posición neutro a quinta arrojando los datos comparativos de la tabla IV.5.

En el caso B los datos fueron obtenidos para el accionamiento de cada marcha.

4.3.- ALCANCES Y LIMITACIONES DEL SISTEMA

- En la velocidad más rápida del embrague el cambio de marchas se debe hacer a régimen de máxima potencia (5600rpm) cuando se sube de marcha y a régimen de máximo torque (3500rpm) cuando se baja de marcha.
- El sistema garantiza que las ruedas motrices del vehículo traccionan todo el tiempo relativo al funcionamiento del vehículo.
- Para detener el vehículo hay que bajar las marchas hasta la primera velocidad y mantenerla hasta que el motor se encuentre a 1750rpm, para finalmente bajar a neutro y detener por completo el movimiento del automóvil.
- El sistema de control electrónico enclava la caja en neutro cada vez que se encienda o apague el módulo.

4.4.- MANUAL DE OPERACIÓN

4.4.1.- PARA EL SISTEMA NEUMÁTICO

Para el sistema neumático seguimos los siguientes pasos:

- Conecte a la toma de salida del compresor la manguera de entrada de aire del sistema y verifique que no existan fugas



Fig. 4.1 Conexión de toma de aire

- Verifique que las presiones de operación de las válvulas sean las indicadas en la Tabla IV.1

4.4.2.- PARA EL MODULO DE CONTROL

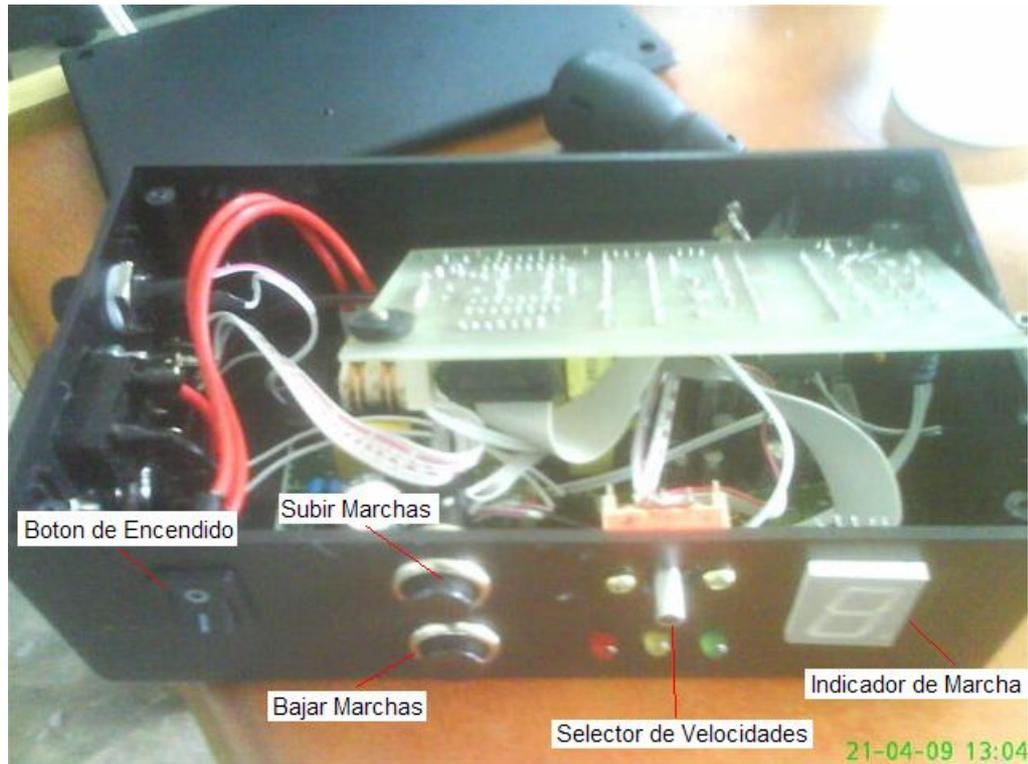


Fig. 4.2 Módulo de Control Electrónico

- Conecte el módulo de control electrónico a la toma corriente de 110 VAC y el motor de corriente alterna a una toma de 220 VAC de ser posible, caso contrario a 110 VAC.
- Coloque el botón de encendido en la posición de On (1) y espere a que el display muestre la posición de neutro (barra media del display encendida)
- Seleccione la velocidad con la que quiere operar el retorno del embrague: Rápida, normal y lenta
- Suba o baje de cambios utilizando los pulsadores

NOTA: Según la velocidad de operación del embrague seleccionada será la respuesta del sistema neumático y el despliegue de la información del display.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

Al finalizar el presente proyecto de tesis se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se realizó la programación del microcontrolador para el funcionamiento del prototipo, además de la implementación de la tarjeta de control.
- Se realizó pruebas de operación y funcionamiento del prototipo.
- Se determinó los parámetros de operación de los componentes del módulo de la caja de cambios y de los componentes neumáticos.
- El sistema garantiza tracción permanente durante el funcionamiento del vehículo, brindando mayor maniobrabilidad y control.

5.2.- RECOMENDACIONES

- El diseño y construcción depende de múltiples factores y condiciones que dependen del criterio de la persona quien realiza la operación, además siempre se debe tomar en cuenta que se debe realizar muchas pruebas hasta llegar a obtener buenos resultados.
- Para evitar que el microcontrolador del módulo electrónico este en corto circuito, el regulador de voltaje debe tener un buen disipador de calor o un ventilador. También puede emplearse un regulador de corriente en caso de instalar los dos dispositivos ya mencionados.
- Se recomienda en lo posible no manipular el sistema de accionamiento neumático ya que esto puede producir la descalibración del equipo para la selección de marchas y por ende el mal funcionamiento
- Para poner en funcionamiento primero cerciorarse que todas las conexiones estén bien realizadas.

- Para una mejor operación del sistema de accionamiento del embrague, se recomienda utilizar un cilindro neumático de simple efecto para que al regresar a la posición inicial, se pueda apreciar de mejor manera el accionamiento de la válvula distribuidora por medio del pulso modulado
- El sistema de control electrónico enclava la caja en neutro cada vez que se encienda o apague el vehículo por lo que se debe accionar el freno de mano.
- Con estas recomendaciones se quiere prevenir el daño y deterioro del equipo que fue realizado con mucho esfuerzo y dedicación.

BIBLIOGRAFÍA

- MANUAL DE LA TOYOTA, “Transeje Y Transmisiones Automáticas”, Toyota Motor Corporation
- MANUAL DE LA TOYOTA, “Embrague, Transeje Y Transmisión”, Toyota Motor Corporation
- GILLIERI, Estefano, “Preparación De Motores De Serie Para Competición”, Ediciones CEAC, España, 1994
- MOTT, Robert, “Diseño De Elementos De Máquina”, Prince Hall, México, 1992
- SHIGLEY, Joseph, “Diseño De Ingeniería Mecánica”, McGraw Hill, Mexico 2002
- SHIGLEY, Joseph, “Resistencia De Materiales”, McGraw Hill, México 2002
- JÓVAC, M.S., “Motores del Automóvil”, Editorial Mir. Moscú, 1982
- ALONSO, J.M., “Técnicas del Automóvil Chasis”, Editorial Parafino, Quinta edición, España, 1999
- ZUBICARAY, Viejo, “Bombas, teoría, diseño y aplicaciones” editorial Limusa, Segunda Edición, México, 2000
- MOTT, Robert, “Mecánica de Fluidos”, Prince Hall, México, 1992
- TYLER G. HICKS, “Bombas, Su Selección Y Aplicación” editorial CECSA, primera publicación, México, 1985
- NORVELLE, F.D. “Electrohydraulic Control Systems” editorial Prentice Hall united states of America 2000
- DORSEY John, “Sistemas De Control Continuos Y Discretos, Diseño Implementación”, editorial McGraw Hill, México 2004
- VARIOS, “Automatización Y Control Prácticas De Laboratorio”. Editorial McGraw Hill, México 2004
- PALCACIOS, LÓPEZ, “Microcontrolador Pic16f84 Desarrollo De Proyectos”. Editorial alfaomega segunda edición. México 2006
- FILER, LEINONEN “Programmable Controllers Using And Control Logics” editorial Prentice Hall united states of America 2002.

- SAINZ C; How to reach the top as a Competition Driver, España 1992
- ERAZO G; Apuntes de Inyección Electrónica de Gasolina, ESPE-L, 2006
- REINOSO S; Apuntes de PLC
- DE-VOS PASCUAL J; Seguridad e higiene en el Trabajo, McGraw Hill, España 1994
- ROLDÁN J; Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada, 4ta edición, Editorial Paraninfo, España 1995
- GTZ; Matemática Aplicada para la Técnica del automóvil, 8va Edición, editorial Reverté.
- Folleto Automatización y Micromecánica, Ecuatoriana Cia. Ltda.
- Manual Ingersollrand Air Compressor group
- [http:// www.micoche.com](http://www.micoche.com)
- <http://www.mecanicavirtual.com>
- <http://www.bmwfaqclub.com>
- <http://www.geocities.com>

ANEXOS

ANEXO I

PROGRAMACIÓN DEL PIC

```

/*****
*****/
//      SIMULADOR DE CAJA DE CAMBIOS
//      20 de Enero del 2009
/*****
*****/

#include <pic.h>
#include <math.h>
#include <stdio.h>
#include "C:\PICCLITE\samples\delay\delay.c"

__CONFIG (HS & WDTDIS & PWRTEN & BORDIS & LVPDIS & UNPROTECT &
DUNPROT);

unsigned int marcha, velocidad, time;
unsigned char DC_HIGH, DC_LOW, TPWM = 255, Percent_DC;
int aux=0, Percent_DC_uni, Percent_DC_dec, cont;

void arriba(void);           //Función Secundaria Aumento de Marchas
void abajo (void);          //Función Secundaria Disminución de Marchas
void wait(int retardo); //Función que espera segundos aprox
void main()
{
/**** INICIALIZACION PUERTO B PARA KEYBOARD
*****/
*****/

        RBPU=0;           //Habilita pullups de portB, bit RBPU* =0
        TRISA = 0x00;     //Configuro PORTA como salida para conexion de Valvulas
        TRISB = 0xFF;     //MSN como IN aqui se detecta la Int PORTB Changes, LSN
como entradas para las otras
        TRISC = 0x00;     //Configuro el PIN RC2/CCP1 como salida
        TRISD = 0x00;     //Configuro PORTD como salida para conexion de Display
        TRISE = 0X00;     //Configuro PORTE como salida para habilitar PWM

        PORTA = 0x00;     //Inicializa con Neutro
        PORTB = 0x00;     //pone LSN en L para detectar cambios en MSN con Interr
        PORTC = 0x00;     //Inicializo Puerto C en cero
        PORTD = 0x3F;     //Inicializo Puerto D en Neutro
        PORTE = 0X00;     //Inicializo regreso en velocidad normal

```

```

/***** INICIALIZACION DE PWM
*****
*****/

//Paso 1:
PR2 = 0xFF;          // PWM frequency = 1.22 KHz -> PERIODO PWM = 5.12E-
5seg, Timer2 Prescaler = 1, Maximun Resolution bits = 10

//Paso 2:
CCPR1L = 0XCC;      // DUTY CYCLE = 4.096E-5SEG escribo los 8 bits mas
significativos -> 80% DC
CCP1CON = 0X30;     // DUTY CYCLE = 4.096E-5SEG escribo los 2 bits menos
significativos -> 80% DC
DC_HIGH = CCPR1L;   // Guardo la config de CCPR1L
DC_LOW = CCP1CON;   // Guardo la config de CCP1CON

//Paso 3:
T2CKPS1 = 1;        // Fijo a 16 el prescaler del TMR2
T2CKPS0 = 1;        //
TMR2ON = 1;         // Habilito el TMR2

//Paso 4:
CCP1M3 = 1;         //Habilito el modo PWM de CCP1
CCP1M2 = 1;         //

/**** CALCULOS
*****/

Percent_DC = DC_HIGH*100/255;
Percent_DC_dec = Percent_DC/10;
aux = Percent_DC_dec*10;
Percent_DC_uni = Percent_DC - aux;
marcha = 2;

/**** INICIALIZACION DEL TIMER0
*****/

TMR0IE = 1;         //Habilito la interrupción del Timer0
// TOCS = 0;        //Timer 0 como timer
PSA = 0;            //Escojo prescaler para el timer0
PS2 = 1;            //Escojo prescaler de 256 para el timer0
PS1 = 1;            //
PS0 = 1;            //
TMR0IF = 0;         //Encero la bandera de interrupción del Timer0 (Por si
acaso....)

```

```

/** INICIALIZACION DEL TIMER1
*****
*****/

    TMR1IE = 1; //Habilito las interrupciones del TMR1
    TMR1ON = 0; //Habilito al Timer1 (Por default queda con un prescaler de
1:1)
    TMR1IF = 0; //Encero la bandera de interrupción del Timer1 (Por si acaso....)
    TMR1CS = 0; //Escojo el clock interno para que trabaje el Timer1

/** INICIALIZACION DE INTERRUPCIONES
*****
*****/

    GIE = 1; //habilitacion global de las 14 interr
    PEIE = 1; //habilita todas las interr perifericas
    RBIF = 0; //por seguridad encera el Flag de Interr PORTB Changes
    RBIE = 1; //habilita Interr PORTB Changes

while(1)
{
    if((PORTB&0x38)==0x20) //Velocidad Alta
    {
        velocidad=0x00;
        CCPR1L = 0x00;
        time = 3;
    }
    if((PORTB&0x38)==0x10) //Velocidad Media
    {
        velocidad=0x5A;
        CCPR1L = 0x5A;
        time = 18;
    }
    if((PORTB&0x38)==0x08)
    {
        velocidad=0xB4; //Velocidad Baja
        CCPR1L = 0xB4;
        time = 33;
    }
}

}

void interrupt isr(void) @ 0x04
{
    //existe una sola isr en 0x04 para todas las fuentes posibles
    //para saber a quien corresponde se debe evaluar el flag

```

```

//correspondiente dentro de la isr

if (RBIF)
{
    RBIF=0;
    aux= (PORTB&0xC0); //lee el estado de row que
    produjo la interr(se sabe la fila, pero no cual col) antes de barrer las col
    if (aux!=0x00){ //para que no responda en el
    cambio de L-H al soltar la tecla, solo en H-L
        switch(aux)
        {
            case 0x80:
                if(marcha == 7) marcha=7;
                else{
                    marcha = marcha+1;
                    arriba();
                }
                break;
            case 0x40:
                if(marcha==1) marcha=1;
                else{
                    marcha = marcha-1;
                    abajo();
                }
                break;
            default: break;
        }
        while((PORTB&0xC0)!=0x00); //detecta flanco asc L-H
    }//if aux
}

}

RBIF=0; //para evitar que vuelva a entrar porque quedo pendiente un solicitud de
interr mientras estaba en L, el uC siempre
//es mas rapido que el humano y un solo pulso de la tecla puede
producir otra interrupción. A pesar que se detecto
//el flanco asc, todavia quedaba pendiente otra interr, y la tecla
ingresaba dos veces
}

void arriba (void)
{
    switch(marcha)
    {
        RBIE = 0; //des-habilita
        Interr PORTB Changes
        case 2: CCPR1L=0xFC;
    }
}

```

```

        PORTE = 0x01;wait(3);           //Activo Salida al máximo
        PORTD = 0xBF;wait(3);           //Embrago & Display
        PORTA = 0x00;wait(1);           //Neutro

        PORTD = 0x3F;                     //Quito

Embrague

        CCPR1L= velocidad;
        PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
        PORTE = 0X00;                     //Desactivo

Salida PWM

        RBIE = 1;                         //habilita Interr

PORTB Changes

        break;
case 3: CCPR1L=0xFC;
        PORTE = 0x01;wait(3);           //Activo Salida al máximo
        PORTD = 0xF9;wait(3);           //Embrago & Display
        PORTA = 0x02;wait(1);           //Cuasi-Primera Marcha
        PORTA = 0x06;wait(1);           //Primera Marcha
        PORTD = 0x79;                     //Quito

Embrague

        CCPR1L= velocidad;
        PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
        PORTE = 0X00;                     //Desactivo

Salida PWM

        RBIE = 1;                         //habilita Interr

PORTB Changes

        break;
case 4: CCPR1L=0xFC;
        PORTE = 0x01;wait(3);           //Activo Salida al máximo
        PORTD = 0xA4;wait(3);           //Embrago & Display
        PORTA = 0x02;wait(1);           //Cuasi-Segunda Marcha
        PORTA = 0x0A;wait(1);           //Segunda Marcha
        PORTD = 0x24;                     //Quito

Embrague

        CCPR1L= velocidad;
        PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
        PORTE = 0X00;                     //Desactivo

Salida PWM

        RBIE = 1;                         //habilita Interr

PORTB Changes

        break;
case 5: CCPR1L=0xFC;
        PORTE = 0x01;wait(3);           //Activo Salida al máximo
        PORTD = 0xB0;wait(3);           //Embrago & Display
        PORTA = 0x00;wait(1);           //Neutro
        PORTA = 0x04;wait(1);           //Tercera Marcha
        PORTD = 0x30;                     //Quito

Embrague

```

```

        CCPR1L= velocidad;
        PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
        PORTE = 0X00; //Desactivo
Salida PWM
        RBIE = 1; //habilita Interr
PORTB Changes
        break;
    case 6: CCPR1L=0xFC;
        PORTE = 0x01;wait(3); //Activo Salida al máximo
        PORTD = 0x99;wait(3); //Embrago & Display
        PORTA = 0x00;wait(1); //Neutro
        PORTA = 0x08;wait(1); //Cuarta Marcha
        PORTD = 0x19; //Quito
Embrague
        CCPR1L= velocidad;
        PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
        PORTE = 0X00; //Desactivo
Salida PWM
        RBIE = 1; //habilita Interr
PORTB Changes
        break;
    case 7: CCPR1L=0xFC;
        PORTE = 0x01;wait(3); //Activo Salida al máximo
        PORTD = 0x92;wait(3); //Embrago & Display
        PORTA = 0x00;DelayMs(255); //Neutro
        PORTA = 0x01;wait(1); //Cuasi-Quinta Marcha
        PORTA = 0x05;wait(1); //Quinta Marcha
        PORTD = 0x12; //Quito
Embrague
        CCPR1L= velocidad;
        PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
        PORTE = 0X00; //Desactivo
Salida PWM
        RBIE = 1; //habilita Interr
PORTB Changes
        break;
    default: break;
} //switch (marcha)
}

void abajo (void)
{
    switch(marcha)
    {
        RBIE = 0; //des-habilita
Interr PORTB Changes
        case 1: CCPR1L=0xFC;

```

```

PORTE = 0x01;wait(3);           //Activo Salida al máximo
PORTD = 0x88;wait(3);           //Embrago & Display
PORTA = 0x01;wait(1);           //Cuasi-Retro Marcha
PORTA = 0x09;wait(1);           //Retro Marcha
PORTD = 0x08;                     //Quito

Embrague

CCPR1L= velocidad;
PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
PORTE = 0X00;                     //Desactivo

Salida PWM

RBIE = 1;                           //habilita Interr

PORTB Changes

break;
case 2: CCPR1L=0xFC;
PORTE = 0x01;wait(3);           //Activo Salida al máximo
PORTD = 0xBF;wait(3);           //Embrago & Display
PORTA = 0x00;wait(1);           //Neutro

PORTD = 0x3F;                       //Quito

Embrague

CCPR1L= velocidad;
PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
PORTE = 0x00;                     //Desactivo

Salida PWM

RBIE = 1;                           //habilita Interr

PORTB Changes

break;
case 3: CCPR1L=0xFC;
PORTE = 0x01;wait(3);           //Activo Salida al máximo
PORTD = 0xF9;wait(3);           //Embrago & Display
PORTA = 0x02;wait(1);           //Cuasi-Primera Marcha
PORTA = 0x06;wait(1);           //Primera Marcha
PORTD = 0x79;                       //Quito

Embrague

CCPR1L= velocidad;
PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
PORTE = 0X00;                     //Desactivo

Salida PWM

RBIE = 1;                           //habilita Interr

PORTB Changes

break;
case 4: CCPR1L=0xFC;
PORTE = 0x01;wait(3);           //Activo Salida al máximo
PORTD = 0xA4;wait(3);           //Embrago & Display
PORTA = 0x00;DelayMs(255);       //Neutro
PORTA = 0x02;wait(1);           //Cuasi-Segunda Marcha
PORTA = 0x0A;wait(1);           //Segunda Marcha

```

```

        PORTD = 0x24; //Quito
Embrague
        CCPR1L= velocidad;
        PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
        PORTE = 0X00; //Desactivo
Salida PWM
        RBIE = 1; //habilita Interr
PORTB Changes
        break;
    case 5: CCPR1L=0xFC;
        PORTE = 0x01;wait(3); //Activo Salida al máximo
        PORTD = 0xB0;wait(3); //Embrago & Display
        PORTA = 0x00;wait(1); //Neutro
        PORTA = 0x04;wait(1); //Tercera Marcha
        PORTD = 0x30; //Quito
Embrague
        CCPR1L= velocidad;
        PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
        PORTE = 0X00; //Desactivo
Salida PWM
        RBIE = 1; //habilita Interr
PORTB Changes
        break;
    case 6: CCPR1L=0xFC;
        PORTE = 0x01;wait(3); //Activo Salida al máximo
        PORTD = 0x99;wait(3); //Embrago & Display
        PORTA = 0x00;wait(1); //Neutro
        PORTA = 0x08;wait(1); //Cuarta Marcha
        PORTD = 0x19; //Quito
Embrague
        CCPR1L= velocidad;
        PORTE = 0x01;wait(time); //Activo Salida PWM
        PORTE = 0X00; //Desactivo
Salida PWM
        RBIE = 1; //habilita Interr
PORTB Changes
        break;
    default: break;
} //switch (marcha)
}

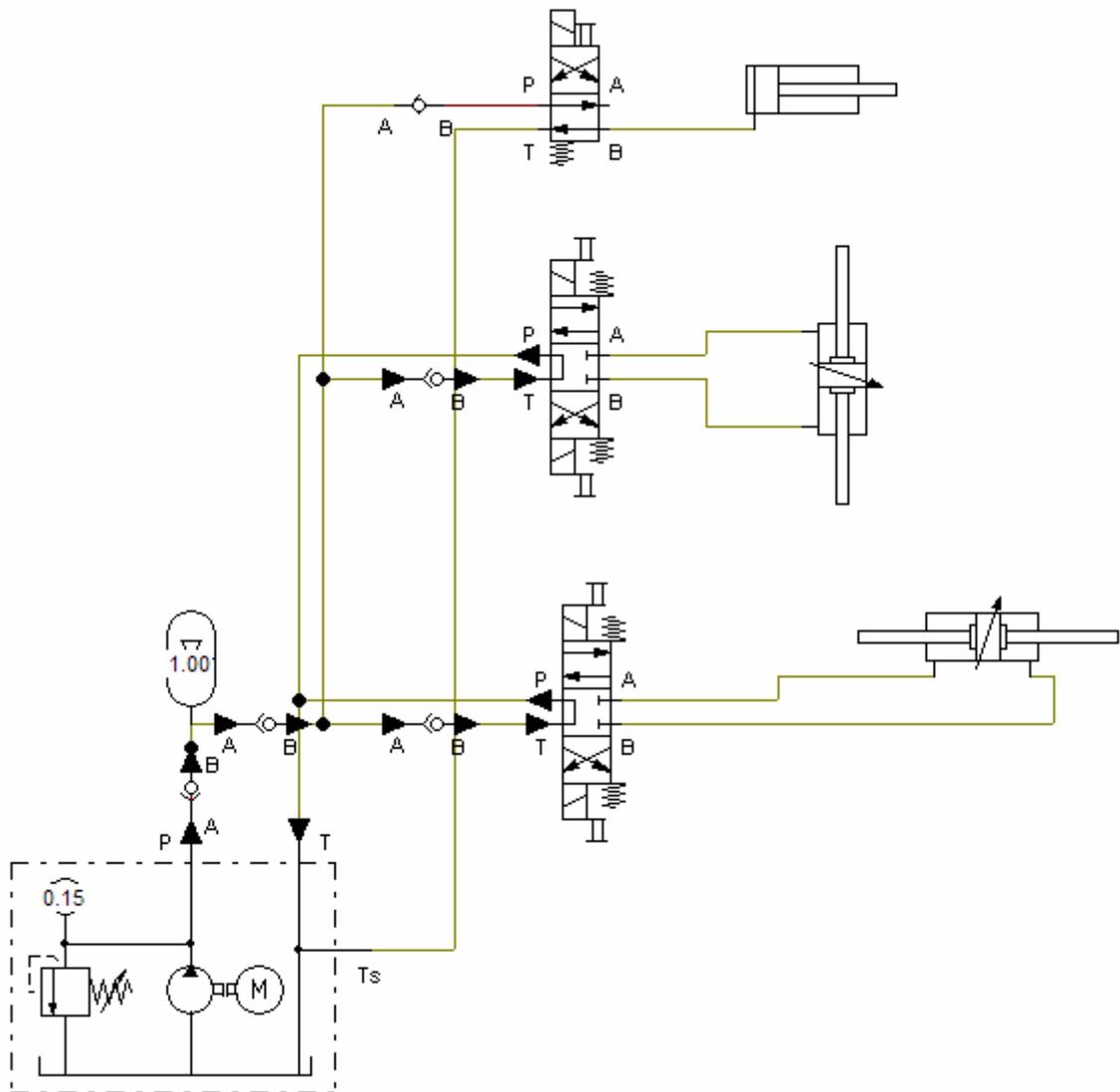
void wait(int retardo)
{
    do{
        DelayMs(130);
        DelayMs(130);
        DelayMs(130);
        //DelayMs(255);
    }
}

```

```
        //DelayMs(255);  
        //DelayMs(255);  
        //DelayMs(120);  
    }while(--retardo);  
}
```

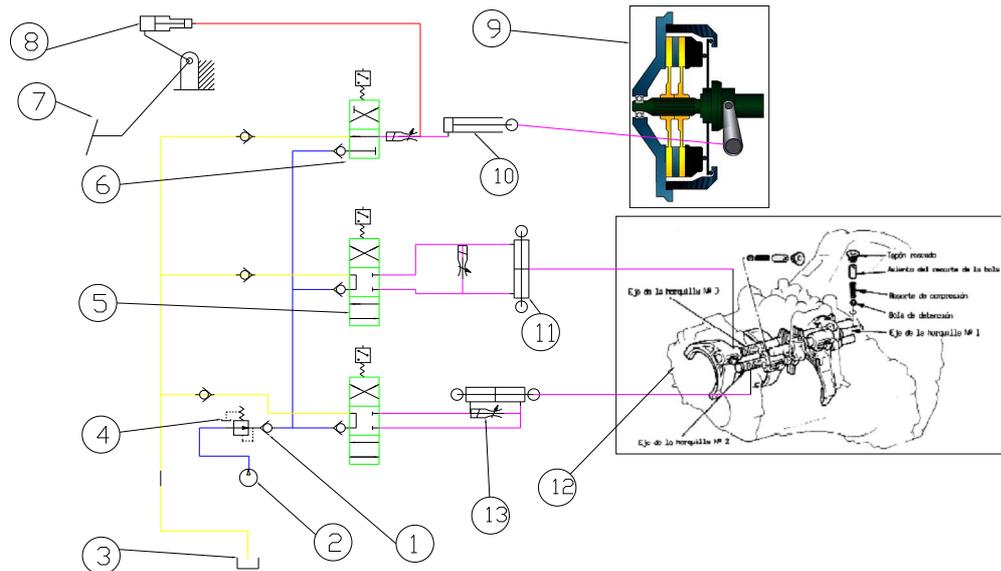
ANEXO II

CIRCUITO NEUMÁTICO



ANEXO III

ESQUEMA NEUMÁTICO



Nro.	NOMBRE.	DESCRIPCIÓN.
1	Válvula antiretorno	Permite que el aire fluya en una sola dirección
2	Compresor neumático	Genera la presión necesaria para efectuar las operaciones requeridas
3	Tanque reservorio	Almacena a presión el aire del sistema
4	Vál. liberadora de presión	Protege el sistema de daños por sobrepresión
5	Vál. Distribuidora 5/2	Es gobernada por el módulo de control electrónico, enclava las marchas
6	Vál. Distribuidora 2/2	Es gobernada por el módulo de control electrónico, acciona el embrague
7	Pedal de embrague	Para el mando manual de marchas o en caso de falla como alterno
8	Cilindro principal embrague	Acciona el embrague al presionar el pedal del embrague
9	Embrague	Acopla y desacopla el motor y la caja de cambios
10	Cilindro simple efecto	Acciona el embrague por disposición del módulo de control electrónico
11	Cilindro doble efecto	Permite que el módulo cambie secuencialmente de marchas
12	Caja de cambios	Cambia la relación de transmisión del motor al diferencial
13	Electroválvula de presión	Permite mantener la presión de trabajo necesaria en el circuito