



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA
IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA**

AUTOR: BLADIMIR MARCELO VARGAS CAIZA

**DIRECTOR: ING. GUIDO TORRES
CODIRECTOR: ING. LEONIDAS QUIROZ**

LATACUNGA

2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICADO

ING. GUIDO TORRES (DIRECTOR)
ING. LEONIDAS QUIROZ (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA” realizado por Bladimir Marcelo Vargas Caiza, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con las normas y estatutos establecidos en el Reglamento de estudiantes de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE.

Debido a que el proyecto es de excelente calidad y contenido científico consideramos que servirá para la enseñanza/aprendizaje, aplicación de conocimientos y el desarrollo profesional, por lo que recomendamos su publicación.

Latacunga, Julio del 2015.

ING. GUIDO TORRES
DIRECTOR

ING. LEONIDAS QUIROZ
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo: Bladimir Marcelo Vargas Caiza

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA”**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las paginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

De la misma manera testifico que este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Julio del 2015.

Bladimir Marcelo Vargas Caiza.

C.C.: 0502610009

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo: Bladimir Marcelo Vargas Caiza

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE para que publique en la biblioteca virtual de la institución el trabajo denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA”**, en el que se encuentra contenidos, ideas y criterios que son de mi exclusiva autoría.

Latacunga, Julio del 2015.

Bladimir Marcelo Vargas Caiza

C.C.: 050261000-9

DEDICATORIA

A DIOS por siempre estar a mi lado y darme su mano para levantarme cuando he caído y enseñarme que en la vida no se sale adelante celebrando triunfos, sino superando fracasos.

A mi abuelita Rafelita que aunque no se encuentre aquí en la tierra su apoyo espiritual siempre está a mi lado guiándome y dándome sus bendiciones, que en donde se encuentre, sé que debe estar orgullosa.

A mi hija Rafaela del Pilar por ser el regalo más valioso que me ha dado DIOS, la razón de mi existir y uno de los pilares más importantes de mi vida.

A mi madre María Rafaela quien ha sido mi ejemplo de superación, humildad, motivación y que con su apoyo incondicional y consejos he llegado a esta etapa de mi vida.

A mi esposa Yoli del Pilar por brindarme día a día su amor, apoyo incondicional, cariño y comprensión en cada momento de este tiempo que estamos juntos, gracias por nunca dejarme desistir de alcanzar mis ideales, por tu “si se puede” en esos momentos difíciles.

Bladimir

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios por sus bendiciones, por ayudarme a ser mejor persona y llenar mi vida de felicidad. A la Virgen de Agua Santa, Manuelito, Guapo, que son la parte espiritual de mi vida y con sus bendiciones me ayudan a seguir siempre adelante.

A mi esposa por todo su apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto, por creer en mí y a pesar de los problemas y tropiezos que tuvimos en la culminación del mismo, nunca dejaste de creer que era posible, que un día se lo terminaría, me apoyaste y aquí está, lo logramos.

A mi madre por siempre estar pendiente de mí en cada etapa de mi vida, guiándome y aconsejándome de hacer las cosas de forma correcta, recordándome de dónde vengo y hacia donde debo ir.

A mi hermano por estar en todo momento apoyándome y ayudarme a salir adelante en los momentos más difíciles de nuestras vidas.

A mi padre por ayudarme, aconsejarme y apoyarme de una u otra manera durante mi formación profesional y estar pendiente de mí cuando te he necesitado.

A mis tutores Ing. Guido Torres e Ing. Leónidas Quiroz, por brindarme sus conocimientos, consejos y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

A todas las personas, amigos y familiares que Dios puso en mi camino para que de una u otra manera me ayuden en el desarrollo y culminación de este proyecto, de corazón mil gracias.

Bladimir

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA	i
CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE TABLAS	xxii
RESUMEN	xxiv
ABSTRACT	xxv
CAPÍTULO I	1
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Justificación e importancia	2
1.4. Alcance	3
1.5. Desarrollo de sistemas híbridos	3
1.6. Objetivo general	3
1.7. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Introducción vehículo de aire comprimido.....	5
2.1.1. Implicaciones ambientales	5

2.1.2.	O ₂ Pursuit.....	6
2.1.3.	Motor de aire comprimido MDI.....	6
2.1.4.	Desventaja del uso de motor de aire comprimido MDI	7
2.1.5.	Funcionamiento del motor de aire comprimido MDI.....	7
2.1.6.	Aire comprimido	10
a)	Ventajas	10
b)	Desventajas:	11
2.1.7.	Composición	11
2.1.8.	Fundamentos físicos.....	11
a)	Área total del cilindro	11
b)	Volumen del cilindro	12
c)	Ecuaciones derivadas de presión, volumen y temperatura	13
2.1.9.	Propiedades de los fluidos, principios básicos.....	14
a)	Presión	14
b)	Caudal.....	15
c)	Potencia	15
2.2.	Análisis de los componentes neumáticos	16
2.2.1.	Actuador neumático	16
2.2.2.	Actuadores neumáticos de paletas	16
a)	Características	17
2.2.3.	Selección de un motor de aire comprimido	17
2.2.4.	Llave de impacto	17
2.2.5.	Llave de impacto CL1502	18
2.2.6.	Compresor	18
2.2.7.	Compresores de émbolo.....	19
a)	Funcionamiento.....	19
2.2.8.	Elementos de regulación y control	20

2.2.9.	Electroválvula.....	20
2.2.10.	Bobina MSFG-12-OD.....	21
a)	Características técnicas	21
2.2.11.	Depósito de almacenamiento de aire comprimido	22
2.2.12.	Tanque de alta presión.....	23
2.3.	Uniones y accesorios neumáticos.....	23
2.3.1.	Tuberías.....	23
2.3.2.	Montaje de tuberías flexibles	25
2.3.3.	Uniones para tubería flexible	25
a)	Adaptadores.....	25
b)	Uniones	26
c)	Tés	27
2.4.	Medios de control.....	27
2.4.1.	Manómetro.....	27
2.4.2.	Regulador o limitador de presión	28
2.4.3.	Válvulas de alivio de presión.....	29
a)	Partes de la válvula de seguridad CGA540.....	30
2.5	Simbología de elementos neumáticos	31
2.6	Selección de elementos mecánicos	32
2.6.1.	Componentes de la motocicleta	32
2.6.2.	Motocicleta JIANSHE JS125T-8	32
2.6.3.	Bastidor.....	33
2.6.4	Propiedades de tubos redondos estructurales ASTM A-36.....	34
2.7.	Sistema de transmisión de una motocicleta	35
2.7.1.	Correas de transmisión	35
2.7.2.	Selección de correas de transmisión.....	36
2.7.3.	Correas trapezoidales	38

2.7.4.	Identificación	40
2.7.5.	Constitución	40
2.7.6.	Correas sincrónicas	41
a)	Longitud	41
b)	Paso:	42
c)	Ancho	42
2.7.7.	Poleas	43
a)	Características técnicas polea de aluminio 7x1	43
b)	Relación de transmisión	44
2.8.	Cálculos del sistema mecánico	45
2.8.1.	Fuerza generada por carga muerta	45
2.8.3.	Fuerza total	46
2.8.4.	Distancia entre ejes (BATALLA)	47
2.8.5.	Masas suspendidas	47
2.8.6.	Transferencia de carga en aceleración brusca	48
a)	Velocidad alcanzada	48
b)	Aceleración máxima	48
c)	Transferencia de carga (ACELERADO)	49
2.8.7.	Carga en el eje delantero en aceleración brusca	49
2.8.8.	Carga en el eje posterior en aceleración brusca	50
2.8.9.	Carga en el eje delantero en frenada brusca	50
2.8.10.	Carga en el eje posterior en frenada brusca	51
2.8.11.	Área del pistón	51
2.9.	Elementos del sistema de control electrónico	52
2.9.1.	Capacitor	52
2.9.2.	Diodo	52
2.9.3.	Resistencia o resistor	52

2.9.4.	Transistor bipolar NPN	53
2.9.5.	Conector tipo bornera.....	53
2.9.6.	Diodo led	54
2.9.7.	Regulador 7805.....	54
2.9.8.	Microcontrolador	55
2.9.9.	Potenciómetro	55
2.9.10.	Relé.....	56
2.10.	Simbología de elementos electrónicos.....	56
CAPÍTULO III.....		58
3.1.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES NEUMÁTICOS	58
3.1.1.	Parámetros del diseño del prototipo.....	58
3.2.	Análisis temperatura, presión, caudal y tiempo de autonomía	59
3.2.1.	Cálculo de la presión de inicio del sistema de baja presión	59
a)	Datos de la polea:	59
b)	Datos del cabezote de compresor:.....	59
3.2.2.	Cálculos cabezote de compresor y el depósito de baja presión.....	62
a)	Cálculos en el cabezote de compresor	62
b)	Presión Inicial:.....	64
c)	Cálculo del área total.....	64
d)	Cálculo del volumen.....	65
e)	Ley de BOYLE Y CHARLES	65
f)	Variando la presión	65
g)	Variando la temperatura.....	66
h)	Cálculo de la velocidad del aire de salida	66
i)	Cálculo de consumo de potencia del compresor.....	67
3.2.3.	Cálculo del tiempo del aire en el depósito a presión baja	67

3.3.	Cálculo temperatura, presión, caudal y tiempo de autonomía	67
3.3.1.	Cálculo del área total.....	68
3.3.2.	Cálculo del volumen	69
3.3.3.	Cálculo tiempo de autonomía del aire depósito de presión alta	69
3.4.	Diseño del sistema neumático en el programa CAD FLUIDSIM	70
3.4.1.	Secuencia de pasos del sistema neumático	70
3.4.2.	Selección de elementos neumáticos	72
a)	Actuador neumático	72
b)	Electroválvula MFH-3-1/4-EX.....	73
3.5.	Análisis de resultados	80
3.6.	Diseño y selección de componentes eléctricos y electrónicos	82
3.6.1.	Diagrama general del sistema de control electrónico.....	83
3.6.2.	Secuencia de pasos del sistema de control	83
3.6.3.	Funcionamiento del sistema de control	84
a)	Conexión de microcontrolador PIC12F675	84
b)	Conexión de potenciómetros.....	85
c)	Conexión de elementos de potencia	85
d)	Conexión del relé para el apagado del motor de combustión	86
e)	Conexión del relé para la apertura/cierre de la electroválvula.....	87
f)	Conexión del relé para el encendido y apagado del arranque	87
g)	Conexión del regulador de voltaje 7805	88
h)	Conexión de leds rojos	89
3.6.4.	Parámetros de funcionamiento	89
3.6.5.	Programación del sistema de control	90
3.6.6.	Constantes utilizadas en el sistema de control	91
3.6.7.	Compilador del sistema de control	91
3.6.8.	Ruteado de la placa	92

3.7.	Diseño y selección de los elementos mecánicos del prototipo.....	94
3.7.1.	Parámetros de diseño del prototipo.....	94
3.7.2.	Selección del tipo de correa	95
3.7.3.	Determinación del centro de masa.....	97
3.7.4.	Distancias de los ejes delantero y posterior	98
a)	Respecto al centro de masa.....	98
3.7.5.	Distribución de cargas en el vehículo.....	98
a)	Determinación de carga muerta	98
b)	Determinación de la carga total.....	101
3.7.6.	Distancia entre ejes (BATALLA).....	102
3.7.7.	Determinación de masas respecto al centro de gravedad	103
a)	Masa Total en el Eje delantero.....	104
b)	Masa Total en el Eje Posterior	104
3.7.8.	Masas suspendidas.....	104
a)	Masa suspendida en el eje delantero.....	105
b)	Masa suspendida en el eje posterior.....	105
3.7.9.	Transferencia de carga en aceleración brusca	106
a)	Velocidad Alcanzada.....	106
b)	Aceleración Máxima	106
3.7.10.	Transferencia de carga	106
a)	Trasferencia de carga bajo un factor crítico	107
b)	Carga en el eje delantero en aceleración brusca	107
c)	Carga en el eje posterior en aceleración brusca	107
3.7.11.	Transferencia de carga en frenada brusca.....	108
a)	Transferencia de Carga Durante el Frenado.....	108
3.7.12.	Transferencia de carga (frenado).....	108
a)	Trasferencia de carga bajo un factor crítico	109

b)	Carga en el eje delantero en frenada brusca	109
c)	Carga en el eje posterior en frenada brusca	110
3.7.13.	Diseño del sistema de transmisión.....	110
a)	Diseño del eje mitad- alojamiento doble.....	111
b)	Cálculo del acople del motor	111
c)	Sistema reductor de velocidad	113
3.7.14.	Cálculos selección de la banda-tipo de sincronización	114
a.	Sistema Reductor De Velocidad	114
3.7.15.	Cálculos selección de la banda parte posterior.....	117
3.7.16.	Distancia entre centros.....	117
3.7.17.	Diseño del bastidor.....	119
a)	Peso elementos de motocicleta	119
3.7.18.	Simulación del diseño	120
a)	Análisis de esfuerzos en SOLIDWORKS	120
3.7.19.	Resultados del estudio	121
3.7.20.	Asignación del material	122
3.7.21.	Análisis de los elementos del sistema de transmisión.....	123
a)	Análisis del acople del motor.....	123
3.7.22.	Análisis polea conducida - cabeza del compresor	126
a.	Polea cabeza del compresor.....	127
3.7.23.	Análisis polea conducida-tracción posterior	130
3.7.24.	Transmisión parte posterior.....	130
CAPÍTULO IV		135
4.	CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA HÍBRIDO... ..	135
4.1	Parámetros del scooter	135
4.2	Diseño e implementación de elementos en el chasis.....	136

4.3	Implementación de los elementos neumáticos.....	137
4.4	Implementación de los elementos mecánicos.....	144
4.5	Implementación del sistema de control electrónico.....	148
4.6	Implementación estética de la motocicleta.....	151
4.7	Prototipo de la motocicleta con sistema híbrido.....	151
4.8	Prototipo terminado.....	153
4.9	Pruebas de funcionamiento de la motocicleta.....	154
4.9.1	Velocidad máxima y distancia recorrida con el sistema híbrido	155
4.10	Análisis de resultados.....	157
CAPÍTULO V		159
5.1	RECURSOS.....	159
5.1.1	Recursos humanos.....	159
5.1.2	Recursos tecnológicos.....	159
5.1.3	Recursos físicos.....	160
5.1.4	Recursos materiales.....	160
5.1.5	Recursos financieros.....	160
5.2	Costo de construcción de la motocicleta híbrida.....	160
5.3	Costo total del proyecto.....	165
CAPÍTULO VI.....		166
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	166
6.1	Conclusiones.....	166
6.2	Recomendaciones.....	167
BIBLIOGRAFÍA.....		168
NETGRAFÍA.....		170

ANEXOS..... 173

Anexo 1. Diámetros mínimos de poleas.

Anexo 2. Banda de sincronización norma de referencia: ASAE S211.4

Anexo 3. Propiedades de algunos materiales de bandas planas y redondas.

Anexo 4. Valores orientativos para coeficientes de fricción estática.

Anexo 5. Programación del sistema de control electrónico.

Anexo 6. Implementación de los componentes neumáticos en la motocicleta.

Anexo 7. Construcción del acople mecánico de la rueda posterior.

Anexo 8. Construcción del acople mecánico del M.C.I

Anexo 9. Implementación de componentes mecánicos.

Anexo 10. Implementación de componentes electrónicos.

Anexo 11. Elementos para diagramación de circuitos neumáticos.

Anexo 12. Planos.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Motocicleta con motor de aire comprimido.....	5
Figura 2.2 O ₂ Pursuit.....	6
Figura 2.3 Vehículo con motor de aire comprimido MDI.	7
Figura 2.4 Motor de aire comprimido MDI.	8
Figura 2.5 ETAPA 1 - Motor de aire comprimido MDI.	8
Figura 2.6 ETAPA 2 - Motor de aire comprimido MDI.	9
Figura 2.7 ETAPA 3 - Motor de aire comprimido MDI.	9
Figura 2.8 Presión absoluta, relativa y atmosférica.....	10
Figura 2.9 Medidas de un cilindro.	12
Figura 2.10 Proceso a temperatura constante.	13
Figura 2.11 Actuador neumático.	16
Figura 2.12 Actuador Neumático de Paletas.....	17
Figura 2.13 Pistola de impacto instalada en la motocicleta.....	18
Figura 2.14 Pistola de impacto.....	18
Figura 2.15 Compresor de aire.	19
Figura 2.16 Compresor de émbolo.....	19
Figura 2.17 Electroválvula neumática.	20
Figura 2.18 Bobina MSFG-12-OD.....	21
Figura 2.19 Depósito de aire comprimido a baja presión.	22
Figura 2.20 Tanque de alta presión de oxígeno.....	23
Figura 2.21 Tubería Flexible de alta presión.	24
Figura 2.22 Tubería Flexible de baja presión.....	24
Figura 2.23 Adaptador Macho y Hembra.	26
Figura 2.24 Uniones.....	26
Figura 2.25 Tés.	27
Figura 2.26 Manómetro.....	28
Figura 2.27 Reductor conectado a la válvula de la cabeza.	29
Figura 2.28 Regulador de presión.....	29
Figura 2.29 Válvula de alivio.	30
Figura 2.30 Partes-Válvula de alivio.....	30
Figura 2.31 Partes de una motocicleta.....	32
Figura 2.32 Motocicleta Jianshe JS125T-8.	33

Figura 2.33 Bastidor de la motocicleta.	33
Figura 2.34 Geometría de la dirección de una motocicleta.	34
Figura 2.35 Sistema de transmisión-correa sincrónica.	36
Figura 2.36 Selección de la sección de la correa.	38
Figura 2.37 Esquema de una correa trapezoidal.	39
Figura 2.38 Identificación de correa trapezoidal.	40
Figura 2.39 Elementos de una correa trapezoidal.	40
Figura 2.40 Elementos de una correa trapezoidal.	41
Figura 2.41 Ejemplo de Longitud.	41
Figura 2.42 Identificación del paso.	42
Figura 2.43 Ejemplo de paso.	42
Figura 2.44 Ejemplo de ancho.	43
Figura 2.45 Polea.	43
Figura 2.46 Polea-Parámetros técnicos.	44
Figura 2.47 Distancia entre ejes.	47
Figura 2.48 Capacitor.	52
Figura 2.49 Diodo.	52
Figura 2.50 Resistor.	53
Figura 2.51 Transistor.	53
Figura 2.52 Conector tipo bornera.	54
Figura 2.53 DIODO-LED.	54
Figura 2.54 7805.	55
Figura 2.55 PIC12F675.	55
Figura 2.56 Potenciómetro.	55
Figura 2.57 Relé.	56
Figura 3.1 Fuerzas generadas y componentes del sistema	59
Figura 3.2 Fuerza resultante, polea conductora.	60
Figura 3.3 Análisis de fuerzas.	61
Figura 3.4 Análisis de fuerzas – cabeza de compresor.	63
Figura 3.5 Medidas del depósito de baja presión.	65
Figura 3.6 Medidas del depósito de alta presión.	68
Figura 3.7 Prototipo sistema neumático.	71
Figura 3.8 Esquema sistema neumático-motocicleta.	74
Figura 3.9 Esquema neumático-motocicleta en FluidSim.	75

Figura 3.10	Asignación presión y caudal en el programa de diseño.	75
Figura 3.11	Almacenamiento depósito aire a baja presión.	76
Figura 3.12	Válvula de retención.....	76
Figura 3.13	Fuente de aire comprimido a alta presión.	77
Figura 3.14	Sumatoria fuentes de aire comprimido.....	77
Figura 3.15	Conexión electroválvula.	78
Figura 3.16	Funcionamiento electroválvula.....	78
Figura 3.17	Motor neumático.	79
Figura 3.18	Sistema neumático en funcionamiento.	79
Figura 3.19	Diagrama general del sistema de control electrónico.....	83
Figura 3.20	Conexión microcontrolador PIC12F675.	85
Figura 3.21	Conexión de potenciómetros.	85
Figura 3.22	Conexión de elementos de potencia.....	86
Figura 3.23	Relé de apagado del M.C.I.	87
Figura 3.24	Relé de apertura y cierre de la electroválvula.	87
Figura 3.25	Relé de apertura y cierre de la electroválvula.	88
Figura 3.26	Bloque de conexión del regulador 7805.....	88
Figura 3.27	Bloque de conexión de leds rojos.	89
Figura 3.28	Led de activación de la electroválvula.....	90
Figura 3.29	Edición MICROCODE STUDIO.	91
Figura 3.30	Compilador PICBASIC PRO.	92
Figura 3.31	Ruteado de la placa del sistema de control.	92
Figura 3.32	Diseño de la placa del sistema de control.....	93
Figura 3.33	Correa Dayco.....	96
Figura 3.34	Peso de la motocicleta, centro de gravedad.	97
Figura 3.35	Determinación del centro de masa de la motocicleta.....	97
Figura 3.36	Distancia entre ejes.....	98
Figura 3.37	Distribución de fuerzas respecto al centro de gravedad.	101
Figura 3.38	Sistema de tracción.....	111
Figura 3.39	DCL. Sistema de tracción.	112
Figura 3.40	Diagrama cinemático sistema reductor de velocidad.....	115
Figura 3.41	Diagrama cinemático sistema transmisión de fuerza.....	118
Figura 3.42	Fijaciones en el chasis tubular- motocicleta.....	121
Figura 3.43	Acople eje motor Motocicleta.	124

Figura 3.44	Análisis acople eje motor, Análisis estático-Tensiones.....	124
Figura 3.45	Análisis de desplazamientos acople motor.	125
Figura 3.46	Análisis factor de seguridad.	126
Figura 3.47	Polea cabeza del compresor.....	127
Figura 3.48	Análisis de diseño eje y polea cabeza de compresor.....	128
Figura 3.49	Análisis de desplazamientos polea, eje cabeza motor.....	129
Figura 3.50	Análisis factor de seguridad.	130
Figura 3.51	Transmisión posterior.....	131
Figura 3.52	Análisis tracción posterior, Análisis estático-Tensiones.	132
Figura 3.53	Análisis desplazamientos sistema transmisión posterior.	133
Figura 3.54	Análisis factor de seguridad.	134
Figura 4.1	Condiciones iniciales scooter JIANSHE.....	135
Figura 4.2	Disposición de los elementos en el scooter.	137
Figura 4.3	Depósito de baja presión.	137
Figura 4.4	Fijación del depósito de baja presión.	138
Figura 4.5	Cabezote sin polea de aluminio.	139
Figura 4.6	Cabezote con polea de aluminio.....	140
Figura 4.7	Base del cabezote.....	140
Figura 4.8	Adaptación del depósito de alta presión.	142
Figura 4.9	Adaptación de la electroválvula.	142
Figura 4.10	Tubería Parker 3/8" de 3763 PSI de presión máxima.	143
Figura 4.11	Tubería de baja presión.	143
Figura 4.12	Implementación de tacómetros.	144
Figura 4.13	Conjunto-Acople actuador neumático.	145
Figura 4.14	Maquinado del eje.....	146
Figura 4.15	Suelda de las partes (1) y (2).	146
Figura 4.16	Acople para el actuador neumático.....	146
Figura 4.17	Implementación del actuador neumático.....	147
Figura 4.18	Implementación del acople de movimiento al cabezote.	147
Figura 4.19	Implementación de la banda Dayco 17660.	148
Figura 4.20	Implementación de la batería.....	149
Figura 4.21	Batería Tsunami.....	150
Figura 4.22	Implementación del controlador electrónico.....	150
Figura 4.23	Tablero de componentes electrónicos.	150

Figura 4.24	Diseño en fibra de vidrio de la carcasa de la motocicleta.	151
Figura 4.25	Prototipo de motocicleta con sistema híbrido de propulsión. .	153
Figura 4.26	Escenario de prueba.	155
Figura 4.27	Temperatura del escenario de prueba.	155
Figura 4.28	Pruebas de funcionamiento velocidad máxima 15 km/h.	156
Figura 4.29	Pruebas con la motocicleta híbrida.	156

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Composición en volumen del aire.....	11
Tabla 2.2 Fórmulas para P, V y T.....	13
Tabla 2.3 Características técnicas bobina MSFG-12-OD.....	21
Tabla 2.4 Simbología del sistema neumático.....	31
Tabla 2.5 Propiedades de tubos redondos estructurales ASTM A-36.....	35
Tabla 2.6 Factor de servicio, K.....	37
Tabla 2.7 Perfiles normalizados para correa trapezoidal.....	39
Tabla 2.8 Tabla de paso 5M, 8M, 14M, 20M.....	42
Tabla 2.9 Poleas perfil "A".....	44
Tabla 2.10 Simbología del sistema de control electrónico.....	56
Tabla 3.1 Especificaciones compresor AIRFLOW.....	58
Tabla 3.2 Especificaciones depósito de alta presión.....	67
Tabla 3.3 Características tubería Parker 7093.....	68
Tabla 3.4 Características llave de impacto CL1502.....	72
Tabla 3.5 Diámetro de las mangueras.....	73
Tabla 3.6 Características y propiedades electroválvula MFH-3-1/4-EX.....	73
Tabla 3.7 Cuadro de resultados del sistema neumático.....	80
Tabla 3.8 Constantes del programa del controlador electrónico.....	91
Tabla 3.9 Datos técnicos motocicleta.....	94
Tabla 3.10 Especificaciones correa Dayco 17660.....	96
Tabla 3.11 Distancia de los ejes con respecto al centro de masas.....	98
Tabla 3.12 Elementos carga muerta.....	99
Tabla 3.13 Elementos que conforman la carga viva.....	100
Tabla 3.14 Centro de gravedad.....	102
Tabla 3.15 Fuerzas distribución respecto al centro de masas.....	103
Tabla 3.16 Masas soportadas por los ejes al centro de masas.....	104
Tabla 3.17 Elementos que no serán considerados masa suspendida.....	105
Tabla 3.18 Potencia y torque vehículo dos ruedas.....	112
Tabla 3.19 Selección tipo de banda de sincronización.....	116
Tabla 3.20 Masas totales aplicadas sobre el bastidor.....	119
Tabla 3.21 Fuerzas totales aplicadas sobre el bastidor.....	119
Tabla 3.22 Sistema de unidades del análisis.....	120

Tabla 3.23 Propiedades material empleado en la estructura.	121
Tabla 3.24 Propiedades mecánicas de materiales en el sistema.	122
Tabla 3.25 Parámetros de simulación.	124
Tabla 3.26 Parámetros de Análisis.	125
Tabla 3.27 Deformación acople motor (Análisis estático).	126
Tabla 3.28 Parámetros de simulación cabezote de compresor.	127
Tabla 3.29 Parámetros de Análisis cabezote de compresor.	128
Tabla 3.30 Deformación polea-cabeza compresor (Análisis estático)	129
Tabla 3.31 Parámetros de simulación pistola de impacto.	131
Tabla 3.32 Parámetros de Análisis pistola de impacto.	132
Tabla 3.33 Deformación transmisión posterior (Análisis estático)	133
Tabla 4.1 Parámetros técnicos scooter JIANSHE JS125T-8	135
Tabla 4.2 Diagrama de procesos del compresor en el chasis	138
Tabla 4.3 Diagrama de procesos del depósito de alta presión.	141
Tabla 4.4 Diagrama de procesos del sistema mecánico.	144
Tabla 4.5 Diagrama de procesos del sistema electrónico.	148
Tabla 4.6 Diagrama de procesos de los sistemas.	152
Tabla 4.7 Escenario de prueba.	154
Tabla 4.8 Resultados obtenidos.	157
Tabla 5.1 Recursos Humanos	159
Tabla 5.2 Materiales iniciales.	160
Tabla 5.3 Lista de Herramientas.	161
Tabla 5.4 Costos de manufactura.	162
Tabla 5.5 Elementos mecánicos.	162
Tabla 5.6 Elementos neumáticos.	163
Tabla 5.7 Elementos electrónicos.	163
Tabla 5.8 Pintura y Acabados.	164
Tabla 5.9 Costos varios.	164
Tabla 5.10 Costo total del proyecto.	165

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño y construcción de un prototipo de motocicleta con la implementación de un sistema de propulsión híbrido, es la combinación de un actuador neumático y un motor de combustión interna, para dar movimiento a una motocicleta de tipo Scooter, garantizando la seguridad del conductor y de esta forma buscar nuevas formas de movilidad que sean amigables con el medio ambiente. La motocicleta con sistema de tracción híbrida consta de tres sistemas para su funcionamiento que son: neumático, mecánico y electrónico, los mismos que fueron desarrollados con herramientas de diseño, que permitieron realizar un estudio preciso de los elementos que constan en los sistemas mencionados y su posterior implementación en la motocicleta. La generación de aire comprimido a baja presión está dada por un cabezote de compresor que recibe el movimiento de un motor de combustión interna, este aire generado se almacena en el depósito de baja presión y con la combinación de aire en un tanque de alta presión, que mediante un actuador neumático instalado en el rueda posterior, dotará de esta forma de tracción y autonomía a la motocicleta. El paso de aire comprimido está regulado por un control electrónico que controla la activación de la electroválvula según parámetros de operación para cada acción, cuando se encuentra en estado activo la movilidad de la motocicleta es por tracción neumática y cuando se encuentra desactivada la tracción es mecánica al mismo tiempo que se encuentra comprimiendo aire al tanque de baja presión.

PALABRAS CLAVE:

- **SCOOTER**
- **MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO**
- **MOTOCICLETA HÍBRIDA**
- **AIRE COMPRIMIDO**
- **INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

ABSTRACT

This project aims to design and build a prototype motorcycle with the implementation of a hybrid propulsion system is the combination of a pneumatic actuator and a combustion engine, to give movement to a scooter-type motorcycle, ensuring driver safety and thus seek new forms of mobility that are friendly to the environment. Motorcycle with Hybrid traction system consists of three systems for operation are: pneumatic, mechanical and electronic, the same that were developed with design tools that allowed for a precise study of the elements contained in the above systems and subsequent implementation on the motorcycle. Generating compressed air at low pressure is given by a headstock compressor that receives the movement of a internal combustion engine, this air generated is stored in the low-pressure tank and with the combination of air in a high pressure tank, that by a pneumatic actuator mounted on the rear wheel, thus will provide traction and autonomy motorcycle. The passage of compressed air is regulated by an electronic control that controls the activation of the solenoid valve according to operating parameters for each action, when in active state mobility motorcycle is pneumatic traction and when off the traction is mechanical while compressing air is at low pressure tank.

KEYWORDS:

- **SCOOTER**
- **ENGINE AIR**
- **HYBRID MOTORCYCLE**
- **COMPRESSED AIR**
- **AUTOMOTIVE ENGINEERING**

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. Introducción

En la actualidad el uso de motocicletas ha aumentado durante los últimos años en nuestro país, y en especial de tipo Scooter, ya que existe una gran variedad de marcas que son de fácil adquisición. Debido al constante incremento del flujo vehicular en el Ecuador y por ende el incremento de gases contaminantes en el proceso de combustión se ha visto necesario desarrollar un proyecto que ayude a la reducción de este tipo de emisiones, por este motivo, se diseñó un sistema híbrido; aire comprimido y combustión interna, que genera movimiento a una motocicleta y disminuyendo contaminación al ambiente.

El presente proyecto es la concepción de los parámetros necesarios para la implementación de un sistema híbrido en una motocicleta que utiliza como fuente de tracción un motor aire comprimido en un depósito y un motor de combustión interna que ayuda a la recarga del aire comprimido en el depósito. El estudio se realizó adecuando un actuador neumático al sistema de transmisión de la motocicleta para su movilidad. Los resultados de este proyecto se ven reflejados en el diseño, construcción, implementación y funcionamiento de la motocicleta utilizando este sistema híbrido de tracción.

1.2. Antecedentes

La Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Extensión Latacunga, forma profesionales calificados para el diseño, construcción, repotenciación y mantenimiento de sistemas automotrices.

En la actualidad nuestro planeta está viviendo un continuo cambio, acompañado de una política de conservación del medio ambiente. El presente proyecto está enfocado en el sector automotriz, pues las motocicletas son una fuente principal de contaminación del medio ambiente, debido a que la mayoría de estos funcionan con motores de combustión interna, los cuales emiten gases tóxicos, por esto surge la necesidad de utilizar fuentes de energías alternativas menos contaminantes.

El presente proyecto es el diseño de un prototipo de aire comprimido que fue implementado en una motocicleta de tipo scooter. El sistema consta de un motor neumático de tipo rotativo adaptado al sistema de transmisión, para el impulso de la misma, la presión del aire mueve las paletas dentro del motor y con ello consigue la energía mecánica de rotación para el desplazamiento de la motocicleta, mediante un sistema de control electrónico, cuando la presión del aire no sea la suficiente para generar la tracción se enciende el motor de combustión para de esta forma poder continuar con el movimiento de la motocicleta y al mismo tiempo recargar el depósito con aire comprimido de baja presión.

1.3. Justificación e importancia

En la actualidad circulan millones de motocicletas a gasolina en el mundo, cada una es fuente de contaminación para el medio ambiente, el presente proyecto pretende impulsar la investigación de fuentes alternativas para la movilidad, disminuyendo de esta forma el uso de motores de combustión interna.

Este proyecto es el diseño y construcción de un sistema de potencia que funciona combinando la energía del aire comprimido y la del motor de combustión interna para generar movimiento a una motocicleta, contribuyendo de esta forma al desarrollo de sistemas de propulsión convencionales que den movimiento a las motocicletas, ya que este tipo de energía genera menos gases contaminantes.

1.4. Alcance

La presente investigación esta direccionada hacia la utilización de sistemas de propulsión híbridos que disminuyan la contaminación generada en el medio ambiente, para dar movimiento a motocicletas, considerando la viabilidad, factibilidad y seguridad técnica, garantizando a la vez las condiciones para su uso y generando una mayor autonomía menos contaminante por el uso del sistema híbrido del scooter. Contribuyendo de esta forma al desarrollo de nuevas tecnologías amigables con el planeta.

1.5. Desarrollo de sistemas híbridos

Al momento de pensar en energías alternativas y amigables con el medio ambiente solemos asociarlo a automóviles eléctricos principalmente, pero existen otras opciones. Una de ellas trata de los motores neumáticos o vehículos impulsados mediante el aire comprimido, este tipo de tecnología es simple, no emite gases contaminantes y su combustible es aire a presión. El aire proporciona una fuente de energía limpia, que mediante sucesivas variaciones de presión, es la que puede ser la base de los futuros vehículos no contaminantes, económicos y sencillos, que ayudaran a la conservación del medio ambiente.

El presente proyecto logró una investigación de un sistema de energía alternativa aplicada en una motocicleta, que contribuirá de esta manera a la disminución de emisiones por la dependencia de motores de combustión interna.

1.6. Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo de motor de aire comprimido MDI para la implementación en una motocicleta.

1.7. Objetivos específicos

- Diseñar el motor de aire comprimido MDI.
- Seleccionar los materiales para la construcción del motor de aire comprimido MDI.
- Construir el motor de aire comprimido MDI.
- Diseñar y construir un control de mandos para el motor de aire comprimido MDI.
- Implementar un sistema de arranque para el motor de aire comprimido MDI.
- Realizar pruebas de los parámetros característicos del motor de aire comprimido MDI.
- Determinar la eficiencia del motor de aire comprimido MDI implementado en la motocicleta.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción vehículo de aire comprimido

Un vehículo de aire comprimido es un medio de transporte que tiene como medio de propulsión un motor neumático.

Cuando pensamos en energías alternativas generalmente las asociamos con automóviles eléctricos principalmente, pero se puede encontrar más opciones. Una de ellas, son los motores neumáticos o vehículos impulsados por aire comprimido, este tipo de tecnología es simple, no tiene emisión contaminante alguna y su combustible es aire comprimido. La Figura 2.1 muestra una motocicleta con motor de aire comprimido. (Dean Benstead, 2012)



Figura 2.1 Motocicleta con motor de aire comprimido.

Fuente: Dean Benstead. (2012)

2.1.1. Implicaciones ambientales

El funcionamiento de vehículos de aire comprimido generalmente estará libre de contaminación durante el funcionamiento. Por otra parte, la energía necesaria para la compresión debe ser de origen, y por lo general se deriva de la electricidad, o un motor de combustión interna. Dependiendo del método utilizado para producir la electricidad, la energía puede contribuir todavía algunas cantidades de gases de efecto invernadero y otros contaminantes, especialmente si se utilizan combustibles fósiles.

2.1.2. O₂ Pursuit

La figura 2.2 muestra el prototipo de motocicleta de aire comprimido O₂ Pursuit que fue desarrollado por Dean Benstead, estudiante de diseño industrial de la Universidad de RMIT y funciona con un motor rotatorio de 10 kilos de peso que opera con una bomba de aire de 18 litros, similar a las utilizadas por los buceadores.

El motor de aire “Di Pietro” se recarga a través de un compresor solar y se encuentra montado en el chasis de una Yamaha WR-250 con el cual alcanza una velocidad máxima de 100 kilómetros por hora. (Dean Benstead, 2012)



Figura 2.2 O₂ Pursuit.

Fuente: Dean Benstead. (2012)

2.1.3. Motor de aire comprimido MDI

MDI (Moteur Development International) fue creada en 1991 por el francés Guy Nègre, El proyecto viable de realizar un motor de aire comprimido nace en 1992, pero el primer prototipo fue realizado en 1998.

En esta tecnología se intenta combinar de una manera efectiva el uso de aire comprimido con el de motor de combustión, pudiendo disponer de sólo energía proveniente del aire comprimido y la alternativa de trabajar simultáneamente ambas tecnologías, teniendo un sistema automático encargado en la gestión del carburante. Entonces por debajo de los 50 km/h los motores funcionan exclusivamente con aire comprimido y superando esa

velocidad los motores pasan a gastar aire comprimido más carburante. La figura 2.3 muestra un vehículo con este tipo de motor. (Panadero, 2012)



Figura 2.3 Vehículo con motor de aire comprimido MDI.

Fuente: Panadero. (2012)

2.1.4. Desventaja del uso de motor de aire comprimido MDI

El uso de tanques pesados para el almacenamiento del aire comprimido aumenta el peso total del vehículo disminuyendo la autonomía, la pérdida de potencia, la energía necesaria para comprimir el aire es más elevada que la de los motores eléctricos, estos son algunos factores que limitan el funcionamiento óptimo de este tipo de motor.

2.1.5. Funcionamiento del motor de aire comprimido MDI

A continuación se describe el funcionamiento de este tipo de motor, como se muestra en la figura 2.4: (Kafafana, 2008)

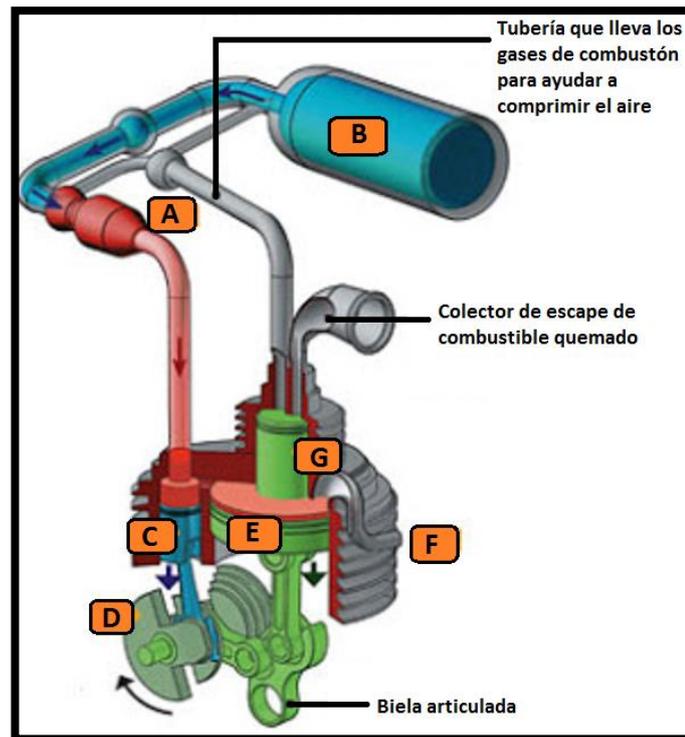


Figura 2.4 Motor de aire comprimido MDI.

Fuente: Kafafana. (2008)

1. La válvula de calentamiento (A) regula el paso del aire que proviene de los depósitos de almacenamiento. Se calienta, luego el aire se expande y aumenta la presión, dando inicio al movimiento del cilindro menor (C). Como se muestra en la figura 2.5.

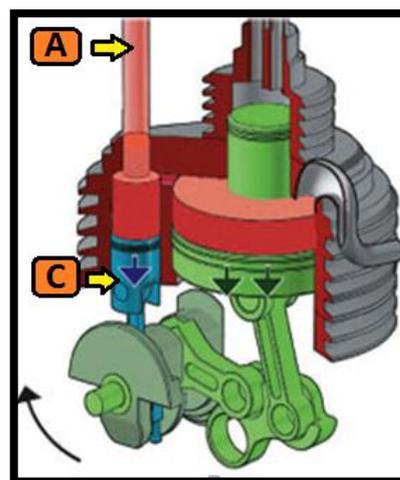


Figura 2.5 ETAPA 1 - Motor de aire comprimido MDI.

Fuente: Kafafana. (2008)

2. El pistón del cilindro menor baja y gira el volante (D), al mismo tiempo se mueve también el cilindro mayor (E). El aire es inyectado a las dos cámaras. Como se muestra en la figura 2.6.

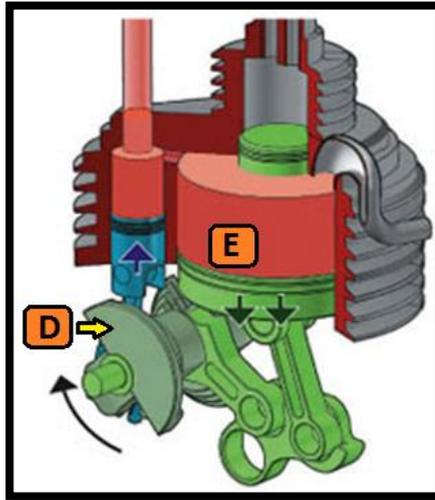


Figura 2.6 ETAPA 2 - Motor de aire comprimido MDI.
Fuente: Kafafana. (2008)

3. El pistón cilindro menor sube y vuelve a comprimir el aire en la segunda cámara, esto hace que el cilindro mayor continúe con su descenso. Como se muestra en la figura 2.7.

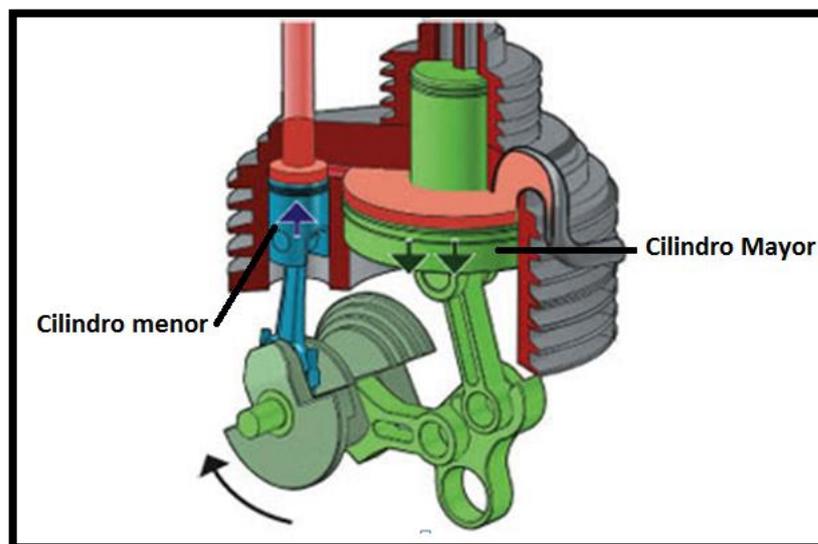


Figura 2.7 ETAPA 3 - Motor de aire comprimido MDI.
Fuente: Kafafana. (2008)

4. Cuando el pistón del cilindro menor llega a su punto muerto superior, el pistón del cilindro mayor sube rápidamente y expulsa todo el aire por el escape, de esta forma se repite el ciclo.

2.1.6. Aire comprimido

El aire comprimido utiliza aire que ha sido sometido a presión por medio de un compresor. En la mayoría de aplicaciones, el aire no sólo se comprime sino que también se deshumidifica y se filtra. El uso del aire comprimido es muy común en la industria, su uso tiene la ventaja sobre los sistemas hidráulicos de ser más rápido, aunque es menos preciso en el posicionamiento de los mecanismos. La figura 2.8 muestra las diferentes presiones como son absoluta, relativa y atmosférica.

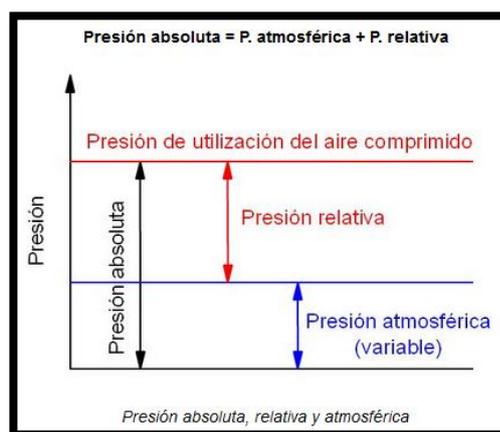


Figura 2.8 Presión absoluta, relativa y atmosférica.
Fuente: Saramago. (2014)

a) Ventajas

Las ventajas que se puede destacar del aire comprimido son:
 (Saramago, 2014)

- Transportable (fácilmente transportable, además los conductos de retorno son innecesarios).
- Se puede almacenar (permite el almacenamiento en depósitos).
- Resistente a las variaciones de temperatura.
- Es seguro, antideflagrante (no existe peligro de explosión ni incendio).

b) Desventajas:

Las mayores desventajas que posee frente a otros tipos de fuente de energía, son: (Saramago, 2014)

- Necesita de preparación antes de su utilización (eliminación de impurezas y humedad).
- Debido a la compresibilidad del aire, no permite velocidades de los elementos de trabajo, regular y constante.
- Los esfuerzos de trabajo son limitados (de 20 a 30000 N).

2.1.7. Composición

La composición aproximada en volumen del aire se muestra en la tabla 2.1:

Tabla 2.1

Composición en volumen del aire.

N ₂ => 78,084 %	O ₂ => 20,9476 %	CO ₂ => 0,0314 %
----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Fuente: Saramago. (2014)

2.1.8. Fundamentos físicos

a) Área total del cilindro

Se obtiene calculando el área de la región rectangular, cuyo largo corresponde a su altura, y el ancho es la medida de la base del cilindro, datos que se muestran en la figura 2.9. Si a la expresión anterior le sumamos el área de las dos regiones circulares de base, tendremos el área total del cilindro.

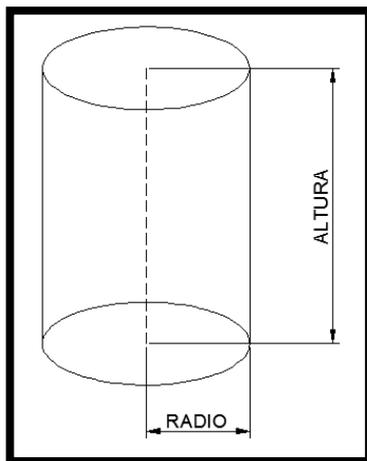


Figura 2.9 Medidas de un cilindro.

Fórmula para el cálculo del área total:

$$A_T = 2 * \pi * r * (h + r)$$

Ec. 2.1

Fuente: Querelle. (2007)

Dónde:

A_T = Área (m^2)

r = Radio del cilindro (m)

h = Altura del cilindro (m)

b) Volumen del cilindro

El volumen de un cilindro de base circular, es:

$$V = \pi * r^2 * h$$

Ec. 2.2

Fuente: Querelle. (2007)

Dónde:

V = Volumen del cilindro (m^3)

r = Radio del cilindro (m)

h = Altura del cilindro (m)

c) Ecuaciones derivadas de presión, volumen y temperatura

Las tres magnitudes P , V y T pueden variar, pero si mantenemos constante una de ellas, la ley de los gases perfectos queda reducida y podemos establecer la relación entre dos estados distintos, como se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2

Fórmulas para P , V y T .

Magnitud constante	Ley de los gases perfectos	Relación entre dos estados	Ley de ...
Temperatura	$P \cdot V = \text{cte.}$	$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$	Boyle-Mariotte
Presión	$V/T = \text{cte.}$	$V_1/T_1 = V_2/T_2$	Gay-Lussac
Volumen	$P/T = \text{cte.}$	$P_1/T_1 = P_2/T_2$	Charles

Fuente: Saramago. (2014)

- **Ley de Boyle**

Establece que la presión de un gas en un recipiente cerrado es inversamente proporcional al volumen del recipiente, cuando la temperatura es constante, como se muestra en la figura 2.10.

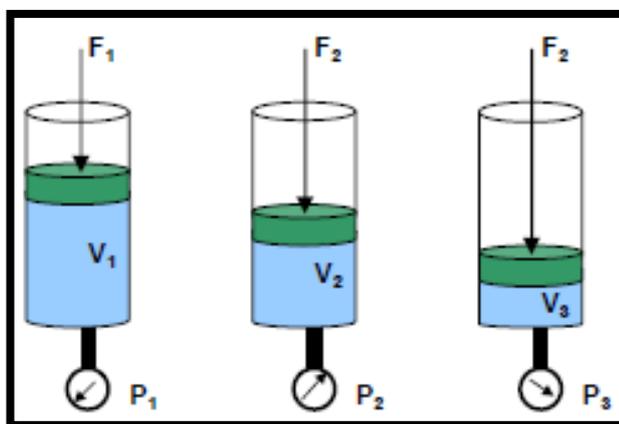


Figura 2.10 Proceso a temperatura constante.

Fuente: INACAP. (2002)

De donde se establece la siguiente ecuación:

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2 \quad \text{Ec. 2.3}$$

Fuente: INACAP. (2002)

- **Ley de Gay-Lussac**

Indica que la relación entre la temperatura y la presión de un gas cuando el volumen es constante.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Fuente: INACAP. (2002)

- **Ley de Charles**

El volumen es directamente proporcional a la temperatura del gas, si la temperatura aumenta, el volumen del gas aumenta, si la temperatura disminuye, el volumen disminuye.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Fuente: INACAP. (2002)

2.1.9. Propiedades de los fluidos, principios básicos

Las magnitudes que determinan a los fluidos son la presión, el caudal y la potencia.

a) Presión

Es la relación entre la fuerza ejercida sobre la superficie de un cuerpo.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 2.6}$$

Fuente: INACAP. (2002)

Dónde:

P= Presión (Pa)

F= Fuerza (N)

A= Área (m²)

b) Caudal

Cantidad de fluido que atraviesa la unidad de superficie en la unidad de tiempo.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Ec. 2.7

Fuente: INACAP. (2002)

Dónde:

Q= Caudal (m³/s)

V= Volumen (m³)

T= tiempo (s)

c) Potencia

Es la presión que ejercemos multiplicada por el caudal.

$$W = P * Q$$

Ec. 2.8

Fuente: INACAP. (2002)

Dónde:

W= Potencia (W)

P= Presión (Pa)

Q= Caudal (m³/s)

2.2. Análisis de los componentes neumáticos a implementar en la motocicleta con sistema híbrido

Se realizó el análisis y selección de los componentes neumáticos necesarios para implementar un sistema híbrido de propulsión, que en este caso es la combinación de aire comprimido y gasolina, en una motocicleta tipo scooter. Cada elemento fue analizado a través de herramientas CAD como son SOLIDWORKS y FLUIDSIM, para su posterior implementación en la motocicleta.

2.2.1. Actuador neumático

Un actuador neumático o motor de aire comprimido es un tipo de motor que realiza un trabajo mecánico por expansión de aire comprimido, figura 2.11. Los motores neumáticos generalmente convierten el aire comprimido en trabajo mecánico a través de un movimiento lineal o principalmente rotativo. En este último caso el gas entra en una cámara del motor sellada y al expandirse ejerce presión contra las palas de un rotor.



Figura 2.11 Actuador neumático.
Fuente: Cassani (2010)

2.2.2. Actuadores neumáticos de paletas

Estos motores tienen un rotor montado excéntricamente en un cilindro, con paletas longitudinales alojadas en ranuras a lo largo del rotor, como se muestra en la figura 2.12. El par se origina cuando el aire a presión actúa sobre las paletas. El número de paletas suele ser de 4 a 8. Normalmente

cuatro o cinco paletas son suficientes para la mayoría de las aplicaciones. Se utilizan mayor número de paletas cuando se necesita mejorar la fiabilidad de la máquina y su par de arranque.

a) Características

- Los actuadores de paletas giran desde 3000 a 25000 RPM, en vacío.
- Los actuadores de paletas giran a velocidades más altas y desarrollan más potencia en relación con su peso que los motores de pistones, sin embargo tienen un par de arranque menos efectivo.
- Los actuadores de paletas son más ligeros y más baratos que los motores de pistones de potencia similar.

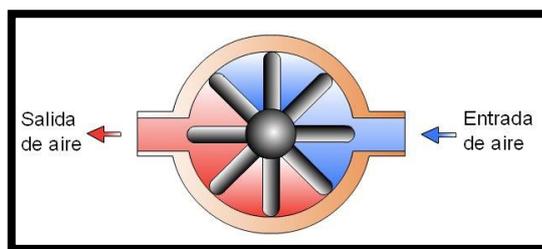


Figura 2.12 Actuador Neumático de Paletas.
Fuente: Bueno. (2011)

2.2.3. Selección de un motor de aire comprimido

“Es fácil variar la potencia y velocidad de un motor neumático ajustando su entrada de aire. De tal manera que la mejor regla práctica para seleccionar un motor es escoger un modelo que proporcione la potencia y par necesario empleando solamente las dos terceras (2/3) partes de la presión disponible.” (GAST, 2009, pág: 2)

2.2.4. Llave de impacto

Las llaves de impacto están diseñadas para quitar e instalar tuercas y pernos. Un mecanismo giratorio proporciona una serie de golpes que producen torsión para quitar o instalar un sujetador.

Para el sistema que se va implementar en la motocicleta utilizaremos el motor neumático de la llave de impacto para generar tracción a la rueda posterior de la motocicleta, como se muestra en la figura 2.13.



Figura 2.13 Pistola de impacto instalada en la motocicleta.

2.2.5. Llave de impacto CL1502

La llave de impacto que se ha seleccionado es de impacto neumático de 12.7mm y 678 Nm, la misma que se muestra en la Figura 2.14.



Figura 2.14 Pistola de impacto.

2.2.6. Compresor

El elemento central de una instalación productora de aire comprimido es el compresor, figura 2.15. La función de un compresor neumático es aspirar a presión atmosférica y comprimirlo a una presión más elevada. (Salvador A., Introducción a la neumática, 1993, pág. 17)



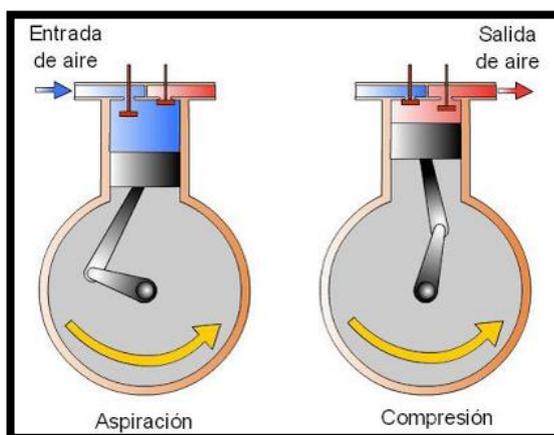
Figura 2.15 Compresor de aire.

2.2.7. Compresores de émbolo

Empleado debido a su ductilidad de funcionamiento. Este tipo de compresores funciona muy parecido al del motor de un vehículo.

a) Funcionamiento

“Un eje, mediante una biela y una manivela produce el movimiento alternativo de un pistón. Al bajar el pistón se introduce el aire. Cuando ha bajado totalmente se cierra la válvula de admisión y comienza a subir el pistón y con ello la compresión del aire. Cuando este aire se ha comprimido hasta el máximo, la válvula de escape se abre y sale el aire a presión”, como se muestra en la figura 2.16. (Saramago, 2014)



**Figura 2.16 Compresor de émbolo.
Fuente: Saramago. (2014)**

2.2.8. Elementos de regulación y control

La presión y el caudal del aire comprimido, que se va a utilizar para el movimiento de las partes operativas o motrices del sistema neumático, va a estar controlado mediante distintos tipos de válvulas. Las válvulas se clasifican como:

- **Válvulas de dirección del flujo:** Seleccionan hacia donde se dirige el flujo.
- **Válvulas de regulación de presión y caudal:** regulan y estabilizan la presión y caudal del flujo.

2.2.9. Electroválvula

Es una válvula electromecánica, desarrollada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve por acción de una bobina solenoide. Por lo general no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado. Las electroválvulas son usadas en varias aplicaciones para controlar el paso de todo tipo de fluidos.

Se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. Como se muestra en la figura 2.17.



Figura 2.17 Electroválvula neumática.

2.2.10. Bobina MSFG-12-OD

Llamada válvula solenoide, se utiliza para accionar un tipo de válvula que responde a pulsos eléctricos para su apertura y cierre. Como se muestra en la figura 2.18.



Figura 2.18 Bobina MSFG-12-OD.

a) Características técnicas

Tabla 2.3

Características técnicas bobina MSFG-12-OD.

CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES
Valores característicos de las bobinas	12VDC
Temperatura ambiente	268,15 ... 313,15 °k
Par de apriete máximo del conector tipo zócalo	0,4 Nm
Peso del producto	0.06 kg

2.2.11. Depósito de almacenamiento de aire comprimido

Se lo conoce también como acumulador su objetivo principal es almacenar aire comprimido para suministrarlo en los momentos de mayor consumo, además de garantizar un caudal constante al sistema.

Normalmente el acumulador tiene un sensor de presión, que activa el compresor cuando la presión disminuye hasta un cierto límite y que lo desconecta cuando la presión aumente. La figura 2.19 muestra el depósito instalado en la motocicleta.



Figura 2.19 Depósito de aire comprimido a baja presión.

Las funciones principales del depósito son:

- Obtener una considerable acumulación de energía para afrontar "picos" de consumo que superen la capacidad del compresor.
- Contribuir al enfriamiento del aire comprimido y la disminución de su velocidad, actuando así como separadores de condensado y aceites provenientes del compresor.
- Amortiguar las pulsaciones originadas en los compresores, sobre todo en los alternativos.
- Permitir la regulación del compresor compensando las diferencias entre el caudal generando el consumo, los cuales normalmente trabajan con regímenes diferentes.

2.2.12. Tanque de alta presión

Para la implementación del sistema se utilizara un tanque de aire comprimido de 2 m³, como se muestra en la figura 2.20, que está almacenado a una presión de 13,79 MPa que ayuda a mantener la presión constante en el sistema. El cilindro de aire de alta presión es regulado por 3,45 MPa antes de pasar a través de la válvula de control de flujo y el conector de salida. Para garantizar una operación sin riesgos, los reguladores son equipados con una válvula de escape interna segura.



Figura 2.20 Tanque de alta presión de oxígeno.

El oxígeno no se debe mantener a presiones superiores a los 20,68 MPa, ya que los peligros de incendio por temperaturas altas originados por algún proceso adiabático se incrementan cuando cambia la presión del gas al moverse éste de un recipiente a otro.

2.3. Uniones y accesorios neumáticos

2.3.1. Tuberías

Los tubos flexibles para el transporte de aire comprimido ocupan poco espacio y son imprescindibles para establecer la conexión entre válvulas y cilindros neumáticos y las unidades descentralizadas de preparación del aire. Estas tuberías pueden ser de plástico, goma o metal. Como se muestra en las figuras 2.21 y 2.22.



Figura 2.21 Tubería Flexible de alta presión.



Figura 2.22 Tubería Flexible de baja presión.

Son utilizadas cuando la instalación requiere cambios de dirección, como por ejemplo, curvas, codos, té. Debemos tener en cuenta las recomendaciones del fabricante, para saber cuánta presión puede soportar la tubería que escogimos.

Al momento de elegir las tuberías debemos tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Presión de trabajo, nominal y máxima
- Pérdidas de presión admisible
- Variación de la presión de trabajo debido a las oscilaciones
- Temperatura de trabajo del aire comprimido y del medio ambiente
- Distancia entre conexiones
- Velocidad del aire comprimido
- Caudal

2.3.2. Montaje de tuberías flexibles

Para evitar pérdidas innecesarias y alargar la vida de las tuberías se debe seguir los siguientes pasos: (Molina, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE POTENCIA NEUMÁTICO PARA ACOPLARLO A UNA BICICLETA COMERCIAL, 2009, pág. 17)

1. Evitar las curvas y codos de pequeños diámetros, pues originan perdidas de presión debido a las curvaturas y estrangulación.
2. Intentar que las conexiones sean cortas.
3. No dejar que las tuberías estén sometidas a torsión ni completamente rectas.
4. Es recomendable que la tubería cuelgue verticalmente, a que esté en posición horizontal.

2.3.3. Uniones para tubería flexible

Los acoples y terminales son elementos de un montaje y desmontaje sencillo que permiten el paso del aire comprimido entre los elementos neumáticos que están integrando el circuito neumático.

a) Adaptadores

Son componentes que permiten la unión entre extremos roscados de diferentes diámetros.

Existen dos tipos de adaptadores: macho y hembra. Como se muestra en la figura 2.23. El adaptador macho es usado para unir la tubería (rígida o flexible) con un cilindro o una válvula, en cambio el adaptador de tipo hembra es enroscado directamente con la tubería.

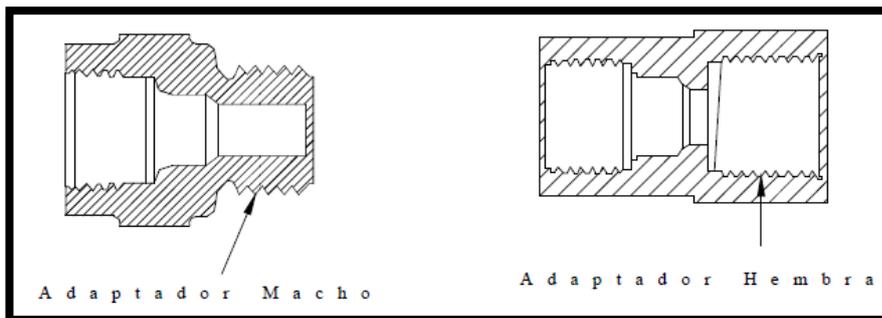


Figura 2.23 Adaptador Macho y Hembra.
Fuente: Molina. (2009)

b) Uniones

Las uniones como se muestra en la figura 2.24, sirven para unir tuberías del mismo diámetro.

Las uniones pueden ser:

- **Unión pasa tabiques.-** se utilizan para acoplar tuberías en los orificios de un bloque o panel, que son fijados por medio de una tuerca. Los extremos pueden ser de doble macho o doble hembra.
- **Uniones rectas.-** sirve para acoplar elementos neumáticos sin la necesidad de utilizar tuberías.



Figura 2.24 Uniones.
Fuente: ACORSA. (2011)

c) Tés

Son elementos que permiten acoplar una tercera tubería a la línea de distribución de aire comprimido. Como se muestra en la figura 2.25.

Se clasifican en dos tipos:

- **Tés iguales.**- Las tres lumbreras de este elemento neumático tienen el mismo diámetro.
- **Tés desiguales.**- Dos de las tres lumbreras tienen el mismo diámetro.



Figura 2.25 Tés.
Fuente: ACORSA. (2011)

2.4. Medios de control

2.4.1. Manómetro

Un manómetro es un dispositivo que mide la intensidad de una fuerza aplicada (presión) a un líquido o gas. Como se muestra en la figura 2.26.

Estos pueden ser de dos clases:

- Los que equilibran la presión desconocida con otra que se conoce. A este tipo pertenece el manómetro de vidrio en U, en el que la presión se determina midiendo la diferencia en el nivel del líquido de las dos ramas.

- Los que la presión desconocida actúa sobre un material elástico que produce el movimiento utilizado para poder medir la presión. A este tipo de manómetro pertenece el manómetro de tubo de Bourdon, el de pistón, el de diafragma, etc.



Figura 2.26 Manómetro.

2.4.2. Regulador o limitador de presión

Los reductores de presión controlan la salida de los gases a la presión de llamada, y mantenerla constante. Como se muestra en la figura 2.27.

Están conformados por los siguientes elementos:

- Un mecanismo de palanca con arandela de baquelita, para asegurar la obstrucción de la parte expuesta a gran presión.
- Un manómetro de alta presión, que muestra la presión del gas en el tubo.
- Un manómetro de baja presión, que muestra la presión reducida, después de la expansión del gas en la cámara del reductor.

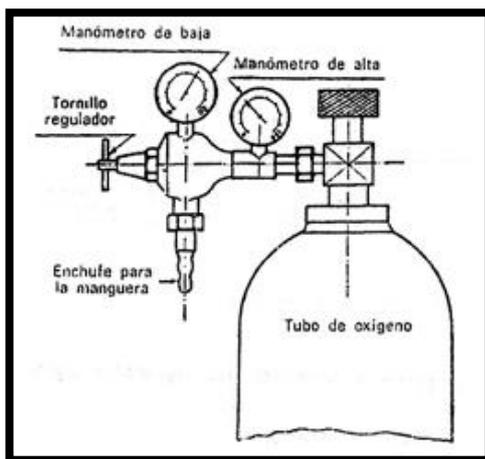


Figura 2.27 Reductor conectado a la válvula de la cabeza.
Fuente: Tecnoficio. (2012)

La figura 2.28 muestra un regulador de presión, que es el encargado de que la compresión en el circuito se mantenga por debajo de un cierto límite y a presión constante. Dispone de una válvula de escape que libera aire cuando la presión aumenta.

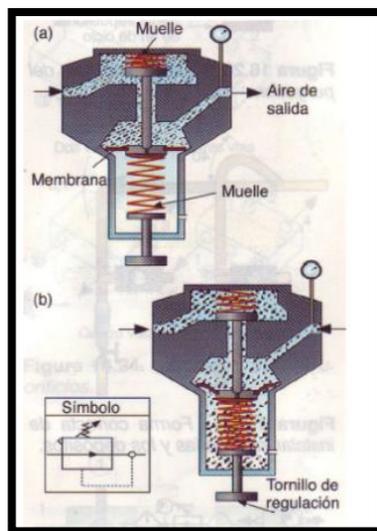


Figura 2.28 Regulador de presión.
Fuente: Torres. (2014)

2.4.3. Válvulas de alivio de presión

Se las conoce también como válvulas de seguridad o válvulas de alivio, su función es aliviar la presión cuando un fluido sobrepasa un límite preestablecido. Su misión es prevenir la explosión del sistema, evitar el fallo

de un equipo o tubería por un exceso de presión. La figura 2.29 muestra un ejemplo.



Figura 2.29 Válvula de alivio.

a) Partes de la válvula de seguridad CGA540

La figura 2.30 muestra las partes de la válvula de alivio de presión que se utilizó en el sistema neumático.

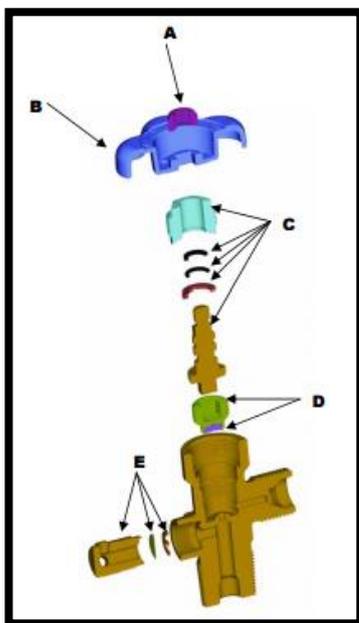


Figura 2.30 Partes-Válvula de alivio.

Los elementos que conforman la válvula de seguridad son:

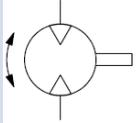
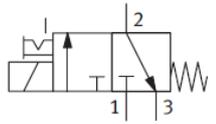
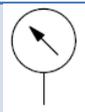
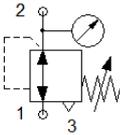
- A) Tuerca del volante
- B) Volante
- C) Capó y vástago
- D) Plug
- E) Dispositivo de alivio de presión

2.5 Simbología de elementos neumáticos

La tabla 2.4 se muestra los símbolos de los componentes que se utilizó en el diseño del circuito neumático.

Tabla 2.4

Simbología del sistema neumático.

SÍMBOLO	FIGURA
Motor Neumático	
Compresor	
Electroválvula	
Depósito de Almacenamiento	
Manómetro	
Válvula reguladora de presión con manómetro	

Fuente: Fluid-Sim5. (2014)

2.6 Selección de elementos mecánicos

2.6.1. Componentes de la motocicleta

Una motocicleta es un vehículo de dos ruedas, impulsado por un motor que acciona la rueda trasera, a excepción de algunos modelos. El chasis y las ruedas constituyen la estructura fundamental del vehículo. En la figura 2.31 se puede ver las partes de una motocicleta.

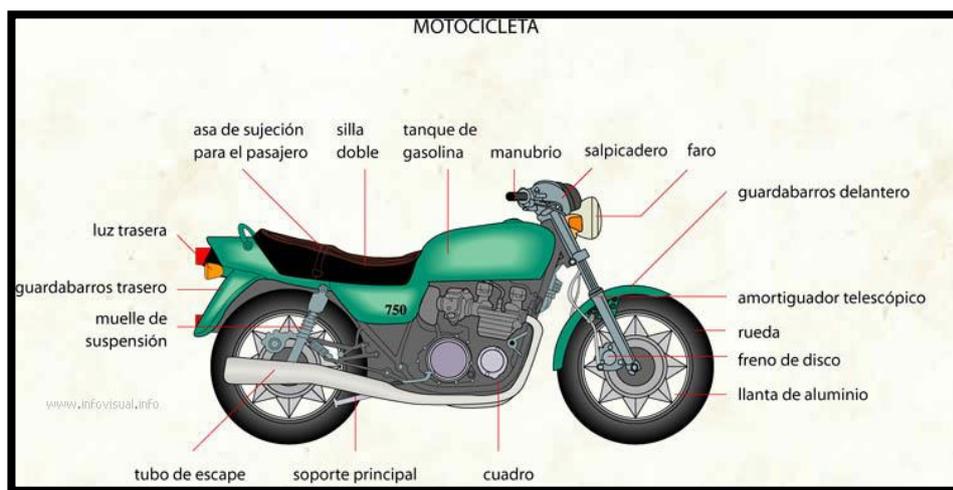


Figura 2.31 Partes de una motocicleta.
Fuente: Bernard Dery. (2008)

2.6.2. Motocicleta JIANSHE JS125T-8

Como se muestra en la figura 2.32, utiliza un motor de cuatro tiempos refrigerado por aire, un carburador tipo válvula, sistema de encendido eléctrico C.D.I., sistema de lubricación a presión salpicado, lo que asegura un buen funcionamiento de la motocicleta.



**Figura 2.32 Motocicleta Jianshe JS125T-8.
Fuente: JiansheTrade. (2013)**

La motocicleta se caracteriza por un nuevo diseño y un aspecto lujoso. Las luces, el ruido y las emisiones están dentro de los datos especificados en la norma NTE INEN 2 204:2002. En especial, tiene como características una gran potencia, confiabilidad y durabilidad, un transporte idea para la diversión.

2.6.3. Bastidor

El bastidor o chasis es la estructura metálica que asegura y vincula los distintos componentes y conjuntos mecánicos del vehículo. Tiene también tiene la finalidad de soportar las cargas que se generen en el mismo. Además, es el encargado de asegurar que la posición relativa de unos elementos respecto a otros permanezca fija o cambie dentro de posiciones preestablecidas para un buen funcionamiento, como es el caso del puente posterior, las ruedas, entre otros componentes en la motocicleta. Como se muestra en la figura 2.33.

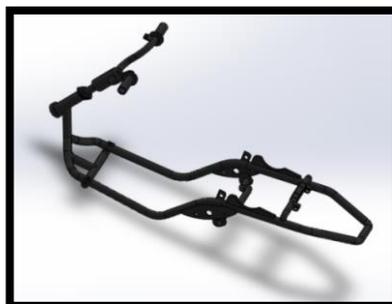


Figura 2.33 Bastidor de la motocicleta.

Generalmente está construido en acero o aluminio, en ocasiones específicas puede estar en magnesio, carbono o titanio. Los parámetros rigidez y geometría del chasis son muy importantes para su estabilidad, como se muestra en la figura 2.34. Prioritariamente la rigidez que necesita va en función de la potencia que posea el motor de la motocicleta y sus características dinámicas.

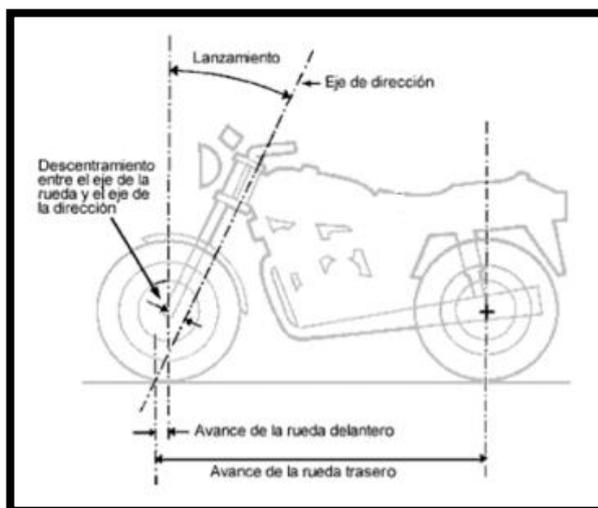


Figura 2.34 Geometría de la dirección de una motocicleta.
Fuente: Vergara. (2009)

2.6.4 Propiedades de tubos redondos estructurales ASTM A-36

Los bastidores de las motocicletas son generalmente de tipo tubular y esto se debe a que es más sencilla su maniobrabilidad y a su vez el cálculo de los esfuerzos a los que se encuentre sometida la estructura.

En la tabla 2.5 se muestra las características técnicas del chasis en el que se encuentra diseñado la motocicleta tipo scooter.

Tabla 2.5

Propiedades de los tubos redondos estructurales ASTM A-36.

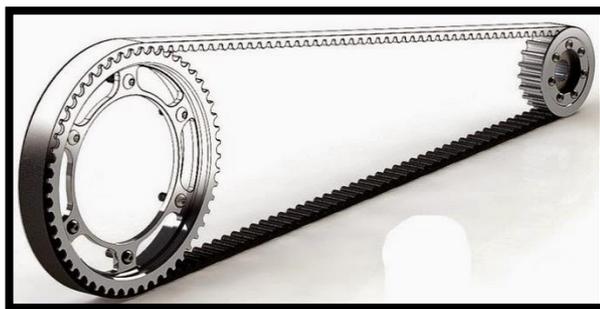
DIMENSIÓN D		ESPESOR E	PESO	ÁREA DE LA SECCIÓN	MOMENTO DE INERCIA	MÓDULO DE INERCIA	RADIO DE GIRO
Pulg. Inches	mm	Mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
1"	25.40	0.80	0.485	0.618	0.477	0.376	0.878
		0.90	0.544	0.693	0.530	0.417	0.875
		1.10	0.659	0.840	0.633	0.498	0.868
		1.20	0.716	0.912	0.682	0.537	0.865
		1.60	0.939	1.196	0.867	0.682	0.851
		2.00	1.154	1.470	1.033	0.813	0.838

Fuente: DIPAC. (2014)

2.7. Sistema de transmisión de una motocicleta**2.7.1. Correas de transmisión**

Los elementos de máquinas elásticos o flexibles como bandas, cables, cadenas y otros similares se utilizan en los sistemas de transporte y para transmitir potencia a distancias comparativamente largas. Generalmente estos elementos se utilizan como reemplazos de engranes, ejes, cojinetes y otros dispositivos de transmisión de potencia. Su utilización simplifica el diseño de una máquina y reduce considerablemente el costo. (Budynas, R. G, Diseño en Ingeniería Mecánica de Sigley, 2008, pág. 860)

Es un método común de transmisión de energía mecánica entre un piñón de arrastre y otro arrastrado, por medio de un sistema dentado mutuo entre la correa y los piñones. Como se muestra en la figura 2.35.



**Figura 2.35 Sistema de transmisión-correa sincrónica.
Fuente: Tecnoelectromecánica. (2011)**

2.7.2. Selección de correas de transmisión

Según la potencia de diseño o la potencia transmitida ejercida sobre la correa se realizó la selección de la misma. La potencia que desarrolla el motor conductor (P) es el punto de partida, a este valor se considera un coeficiente corrector en función de diversos factores como son:

- Tipo de motor conductor que se utilice para accionar la transmisión
- Tipo de máquina conducida que se vaya a accionar
- Horas de servicio por día

De esta manera la potencia corregida (P_c) o total de la potencia transmitida, está dada por la ecuación 2.9:

$$P_c = P * k \quad \text{Ec. 2.9}$$

Fuente: Rodríguez. (2013)

Dónde:

P_c = Potencia corregida

P = Potencia transmitida del motor conductor

K = Factor de corrección

La tabla 2.6 muestra el factor de corrección k para determinar la potencia corregida.

Tabla 2.6
Factor de servicio, K

Máquinas motrices	Motores térmicos >600rpm		
	<6h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
Cargas uniformes ligeras: Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrífugos, pequeños transportadores.	1.0	1.1	1.2
Cargas uniformes medias: Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores a 7,5kw Generadores-alternadores Bombas rotativas	1.1	1.2	1.3
Cargas irregulares con sobrecarga: Maquinaria para ladrillos y cerámica Compresores y bombas de pistones Maquinaria papel Maquinaria textil	1.2	1.3	1.4
Cargas irregulares y sobrecargas importantes: Molinos, machacadoras, laminadoras, grúas, dragas.	1.3	1.4	1.5
Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas	2	2	2

Fuente: Rodríguez. (2013)

En ocasiones, en lugar de la potencia del motor de accionamiento (P) lo que se dispone es su par motor (T). En este caso la potencia (P) que transmite se calculó de la siguiente manera:

$$P = \frac{n \cdot T}{973.8}$$

Ec. 2.10

Fuente: Rodríguez. (2013)

Dónde:

P = potencia transmitida (Kw)

n = revoluciones por minuto (rpm)

T = par motor en ($kgf \cdot m$)

Cada fabricante dispone de gráficas donde se muestra el tipo de correa adecuada para trabajar en función de la potencia a transmitir y de las revoluciones de giro de la polea menor.

La figura 2.36 muestra un tipo de fabricante de correas de transmisión donde se puede seleccionar la sección correcta de la correa:

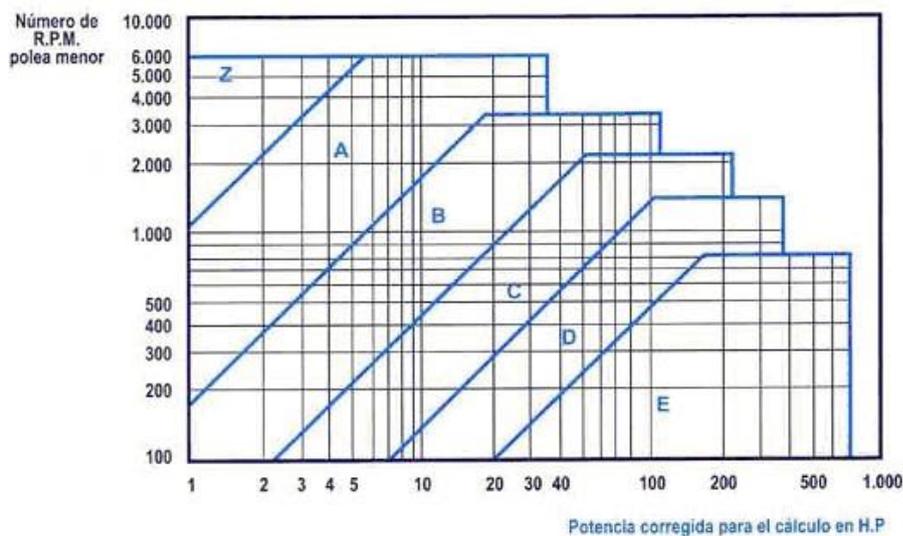


Figura 2.36 Selección de la sección de la correa.
Fuente: Rodríguez. (2013)

2.7.3. Correas trapezoidales

Según las normas ISO 4184 las correas trapezoidales se dividen en dos grandes grupos: las correas de secciones con los perfiles clásicos Z, A, B, C, D y E, y las correas estrechas de secciones SPZ, SPA, SPB Y SPC. En la figura 2.36 se representa esquemáticamente una sección de correa trapezoidal o correa en "V".

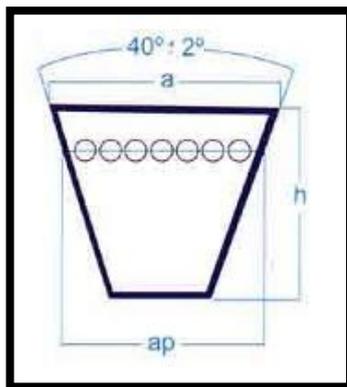


Figura 2.37 Esquema de una correa trapezoidal.
Fuente: Rodríguez. (2013)

Dónde:

a es el ancho de la cara superior de la correa;

h es la altura o espesor de la correa;

ap es el denominado ancho primitivo de la correa.

En la tabla 2.7 se muestra los valores que deben cumplir cada uno de los parámetros anteriores, según el perfil de correa trapezoidal:

Tabla 2.7

Perfiles normalizados para correa trapezoidal.

Sección	a (mm)	h (mm)	ap (mm)
Z	10	6	8.5
A	13	8	11
B	17	11	14
C	22	14	19
D	32	19	27
E	38	25	32

Fuente: Rodríguez. (2013)

2.7.4. Identificación

Las correas trapezoidales se identifican por sus dimensiones físicas. Así, para proceder a su identificación se coloca en primer lugar una letra que indica la sección de la correa, seguido por un número que expresa la longitud nominal de la correa. Como se muestra en la figura 2.38.



Figura 2.38 Identificación de correa trapezoidal.
Fuente: Rodríguez. (2013)

2.7.5. Constitución

La figura 2.39 muestra una sección tipo de una correa trapezoidal, así como de las partes principales que la compone:



Figura 2.39 Elementos de una correa trapezoidal.
Fuente: Rodríguez. (2013)

Dónde:

- 1: núcleo;
- 2: tensores o fibras resistentes;
- 3: recubrimiento.

2.7.6. Correas sincrónicas

Emplean el principio de engranaje ya que los dientes de la correa son correspondientes a los de su polea que también son dentadas, como se muestra en la figura 2.40. Gracias a que las correas dentadas no tienen elongación y prácticamente no queda holgura o juego entre los dientes de la correa y los de las poleas, este tipo de correas son completamente precisas.

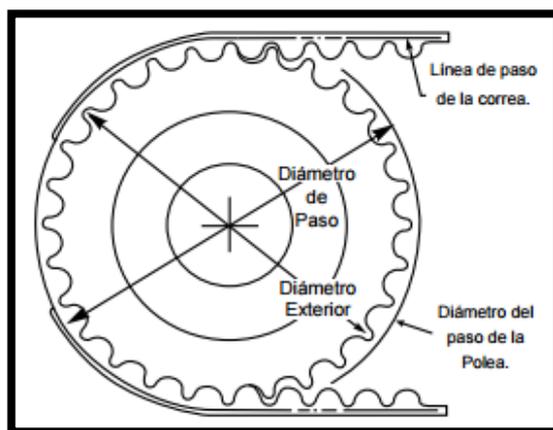


Figura 2.40 Elementos de una correa trapezoidal.
Fuente: Tecnoelectromecánica. (2011)

Las tres dimensiones principales que se debe tener en cuenta de una correa sincrónica son:

a) Longitud

Es el tamaño de la correa (circunferencia) tomado sobre la línea del paso por donde corren sus cuerdas de tensión. Como se muestra en la figura 2.41.

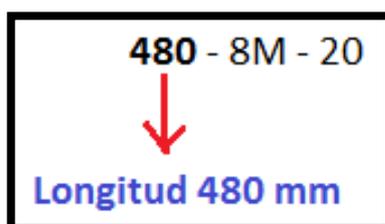


Figura 2.41 Ejemplo de Longitud.

b) Paso:

Es la distancia que existe entre un diente y el siguiente. Se identifican como se muestra en la figura 2.42:

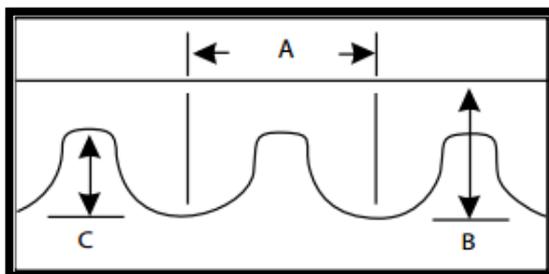


Figura 2.42 Identificación del paso.
Fuente: Intermecc. (2014)

Tabla 2.8

Tabla de paso 5M, 8M, 14M, 20M.

PASO	LETRA	A	B	C
5mm	5M	5mm	3.81 mm	2.08 mm
8mm	8M	8 mm	6 mm	3.4 mm
14mm	14M	14 mm	10 mm	6 mm
20mm	20M	20 mm	13.2 mm	8.4 mm

En la figura 2.43 se muestra un ejemplo del paso en correas sincrónicas:



Figura 2.43 Ejemplo de paso.

c) Ancho

Se mide en milímetros y se escribe al final de la referencia. Como se muestra en la figura 2.44.

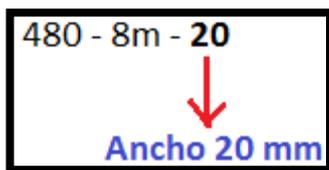


Figura 2.44 Ejemplo de ancho.

2.7.7. Poleas

Es un dispositivo mecánico de tracción, que se utiliza para transmitir una fuerza. Como se muestra en la figura 2.45.



Figura 2.45 Polea.

Para determinar los diámetros correctos de las poleas se debe empezar conociendo del diámetro de alguna de las poleas, de la mayor o menor.

a) Características técnicas polea de aluminio 7x1

La figura 2.46 muestra las características de polea que se utilizó para la implementación en el sistema generador de aire comprimido.

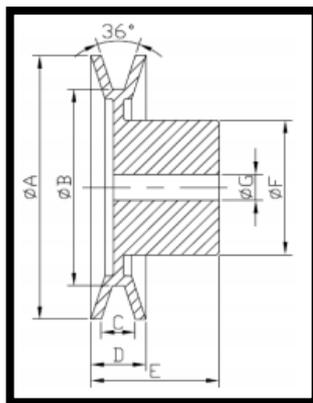


Figura 2.46 Polea-Parámetros técnicos.

Tabla 2.9

Poleas perfil "A".

N° de Parte	Ø A	Ø B	C	D	E	Ø F	Ø G
1 A 7	180	154	13	23	51	82	12,7

b) Relación de transmisión

Para calcular la relación de transmisión debemos partir de la siguiente expresión:

$$R = \frac{N}{n} = \frac{D}{d} \quad \text{Ec. 2.11}$$

Fuente: Rodríguez. (2013)

Dónde:

R = relación de transmisión.

N = son las rpm de la polea menor.

n = son las rpm de la polea mayor.

D = diámetro de la polea mayor.

d = diámetro de la polea menor.

Si se conoce el diámetro de la polea menor (d), el diámetro de la polea mayor (D), se obtendrá a partir de la ecuación 2.11.

$$D = R \cdot d$$

Si por el contrario, se conoce el diámetro de la polea mayor (D), el de la menor (d) se calculara de la siguiente manera:

$$d = D/R$$

Finalmente se debe comprobar que el diámetro de la polea menor se debe elegir, siempre mayor, al mínimo que se necesita para cada sección, según se indica en el Anexo 1.

2.8. Cálculos del sistema mecánico

2.8.1. Fuerza generada por carga muerta

Se trata de la carga vertical aplicada a la estructura que incluye su peso, más la de los elementos permanentes.

$$F_{cm} = m_{cm} * a$$

Ec. 2.12

Fuente: Suntaxi. (2014)

Dónde:

F_{cm} = Fuerza generada carga muerta (N)

m_{cm} = Masa de carga muerta (Kg)

a = Aceleracion, gravedad $\left(g = 9.8 \frac{m}{s^2}\right)$

2.8.2. Fuerza generada por carga viva

Es la carga externa variable sobre una estructura que incluye el peso de la misma junto con el mobiliario, equipamiento, personas, etc., que actúa verticalmente.

$$F_{cv} = m * a \quad \text{Ec. 2.13}$$

Fuente: Suntaxi. (2014)

Dónde:

F_{cv} = Fuerza generada por carga viva (N)

m = masa del ocupante (Kg)

g = gravedad ($g = 9.8 \frac{m}{s^2}$)

2.8.3. Fuerza total

Está determinada por la suma de la fuerza generada por carga muerta más la fuerza generada por carga viva, estos dos parámetros están bajo un factor crítico del 30%.

$$F_t = F_{cv(30\%)} + F_{cm(30\%)} \quad \text{Ec. 2.14}$$

Fuente: Suntaxi. (2014)

Dónde:

F_t = Fuerza total generada (N)

$F_{cm(30\%)}$ = Fuerza generada carga muerta mas un 30%

$F_{cv(30\%)}$ = Fuerza generada carga viva mas un 30%

2.8.4. Distancia entre ejes (BATALLA)

La distancia entre ejes se puede obtener midiendo de eje a eje, pero se recomienda medirlo respecto al centro de masas por motivos de cálculos, como se muestra en la figura 2.47.

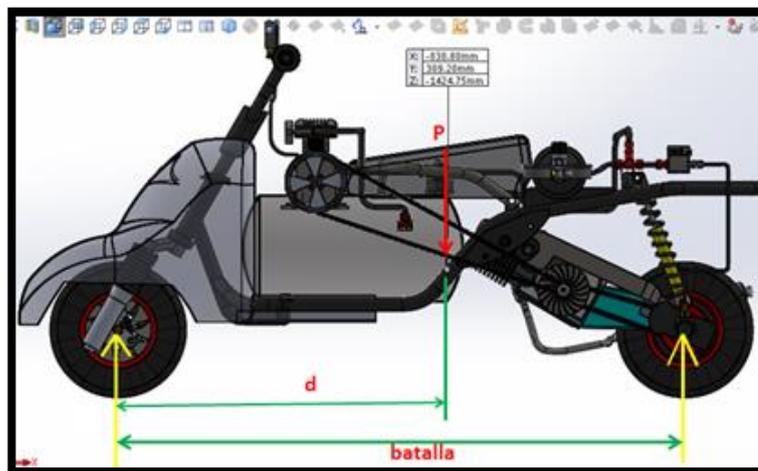


Figura 2.47 Distancia entre ejes.

$$b = (b - d) + d \quad \text{Ec. 2.15}$$

Fuente: Suntaxi. (2014)

2.8.5. Masas suspendidas

Es la masa total que soporta la suspensión del vehículo. Generalmente incluye el chasis, los componentes internos, pasajeros y carga.

$$m_{ts} = m_t - m_{sn} \quad \text{Ec. 2.16}$$

Fuente: Suntaxi. (2014)

Dónde:

m_{ts} = Masa total suspendida (Kg)

m_t = Carga total (Kg)

m_{sn} = Carga no suspendida (Kg)

2.8.6. Transferencia de carga en aceleración brusca

Al momento de acelerar el peso de la motocicleta se transfiere hacia el eje trasero, de esta manera se genera menor tracción, y el eje delantero se descarga, permitiendo a la trasera tener mejores condiciones de aceleración.

a) Velocidad alcanzada

Para determinar la velocidad que alcanza la motocicleta utilizaremos la siguiente fórmula:

$$v = \frac{d_r}{t_p} \quad \text{Ec. 2.17}$$

Fuente: Suntaxi. (2014)

Dónde:

v = velocidad promedio (m/s)

d_r = distancia promedio recorrida (m)

t_p = tiempo promedio (s)

b) Aceleración máxima

Tomamos en cuenta datos en condiciones de manejo aprobadas.

$$a = \frac{v^2}{2d_r} \quad \text{Ec. 2.18}$$

Fuente: Suntaxi. (2014)

Dónde:

V = velocidad promedio (m/s)

d_r = distancia promedio recorrida (m)

c) Transferencia de carga (ACELERADO)

Milliken determina la transferencia de carga durante la Aceleración como:

$$W_a = \frac{a \cdot m_t \cdot h_{CG}}{b} \quad \text{Ec. 2.19}$$

Fuente: Suntaxi. (2014)

Dónde:

w_a = Transferencia de carga (N)

a = aceleración (m/s^2)

m_t = masa total (Kg)

h_{CG} = altura del centro de masas (m)

b = distancia entre ejes (m)

2.8.7. Carga en el eje delantero en aceleración brusca

Con la siguiente ecuación determinaremos la carga generada en el eje delantero durante la aceleración.

$$m_{ac}^d = (m_{st}^d * \gamma_P) + \left(\frac{W_{a(30\%)}}{g} * \gamma_V \right) \quad \text{Ec. 2.20}$$

Fuente: Suntaxi. (2014)

Dónde:

m_{ac}^d = Carga eje delantero aceleracion brusca (Kg)

m_{st}^d = masa total del eje delantero (Kg)

$W_{a(30\%)}$ = Carga durante la aceleración (N)

γ_P = Factor de carga permanente (1.33)

γ_V = Factor de carga variable (1.50)

2.8.8. Carga en el eje posterior en aceleración brusca

Con la siguiente ecuación se determina la carga generada en el eje posterior durante la aceleración.

$$m_{ac}^p = (m_{st}^p * \gamma_P) + \left(\frac{w_{a(30\%)}}{g} * \gamma_v\right) \quad \text{Ec. 2.21}$$

Fuente: Sntaxi. (2014)

Dónde:

m_{ac}^p = Carga eje posterior aceleración brusca (Kg)

m_{st}^p = masa total del eje posterior (Kg)

$w_{a(30\%)}$ = Carga durante la aceleración (N)

γ_P = Factor de carga permanente (1.33)

γ_v = Factor de carga variable (1.50)

2.8.9. Carga en el eje delantero en frenada brusca

La siguiente ecuación ayuda a determinar la carga generada en el eje delantero cuando se produce un frenado brusco.

$$m_f^d = (m_{st}^d * \gamma_P) + \left(\frac{w_{f(30\%)}}{g} * \gamma_v\right) \quad \text{Ec. 2.22}$$

Fuente: Sntaxi. (2014)

Dónde:

m_f^d = Carga eje delantero frenada brusca (Kg)

m_{st}^d = Masa total del eje delantero (Kg)

$w_{f(30\%)}$ = Carga durante la frenada (N)

γ_P = Factor de carga permanente (1.33)

γ_v = Factor de carga variable (1.50)

2.8.10. Carga en el eje posterior en frenada brusca

La siguiente ecuación permite determinar la carga generada en el eje posterior cuando se produce un frenado brusco.

$$m_f^p = (m_{st}^p * \gamma_P) + \left(\frac{w_{f(30\%)}}{g}\right) * \gamma_V \quad \text{Ec. 2.23}$$

Fuente: Suntaxi, (2014)

Dónde:

m_f^p = Carga eje posterior frenada brusca (Kg)

m_{st}^p = Masa total del eje posterior (Kg)

$w_{f(30\%)}$ = Carga durante la frenada (N)

γ_P = Factor de carga permanente (1.33)

γ_V = Factor de carga variable (1.50)

2.8.11. Área del pistón

El área del pistón se obtiene de la siguiente expresión:

$$A_{\text{piston}} = \frac{\pi * d^2}{4} \quad \text{Ec. 2.24}$$

Fuente: Rodríguez. (2013)

2.9. Elementos del sistema de control electrónico

2.9.1. Capacitor

Es un componente pasivo que tiene la propiedad de almacenar energía eléctrica. Está constituido por dos láminas de material conductor (metal) que se encuentran separados por un material dieléctrico (material aislante). Como se muestra en la figura 2.48.

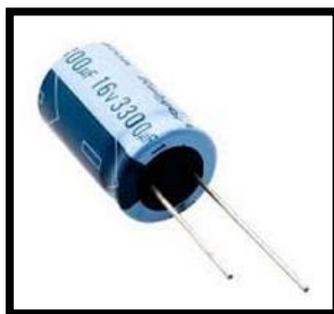


Figura 2.48 Capacitor.

2.9.2. Diodo

Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido. Como se muestra en la figura 2.49.



Figura 2.49 Diodo.

2.9.3. Resistencia o resistor

Se nombra resistor al componente electrónico creado para introducir una resistencia eléctrica dada entre dos puntos de un circuito eléctrico. Como se muestra en la figura 2.50.

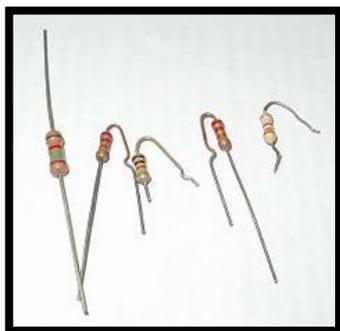


Figura 2.50 Resistor.

2.9.4. Transistor bipolar NPN

Un transistor de unión bipolar está integrado por dos Uniones PN en un solo cristal semiconductor, como se muestra en la figura 2.51, alejados por una región muy estrecha. De tal forma que quedan constituidas tres regiones:

- **Emisor**, es diferente de las otras dos por estar intensamente dopada, comportándose como un metal. Se llama así debido a que este terminal funciona como emisor de portadores de carga.
- **Base**, separa el emisor del colector, se encuentra en medio de las dos.
- **Colector**, su extensión es mayor que las demás.



Figura 2.51 Transistor.

2.9.5. Conector tipo bornera

Es un elemento de alimentación en una placa electrónica, comúnmente se encuentra borneras de dos entradas, una entrada es positivo y la otra es negativo, además que se puede encontrar borneras con tres entradas que

tiene un polo positivo, un neutro y un polo negativo, la selección de la una o de la otra depende de la aplicación que de necesité dar. Como se muestra en la figura 2.52.



Figura 2.52 Conector tipo bornera.

2.9.6. Diodo led

Light Emitting Diode, que en español significa diodo emisor de luz; es un componente opto electrónico pasivo. Como se muestra en la figura 2.53.



Figura 2.53 DIODO-LED.

2.9.7. Regulador 7805

Es un elemento muy usado en fuentes de alimentación. Posee tres terminales (voltaje de entrada, masa y voltaje de salida) y especificaciones similares que sólo cambian en la tensión de salida suministrada o en la intensidad. Como se muestra en la figura 2.54.

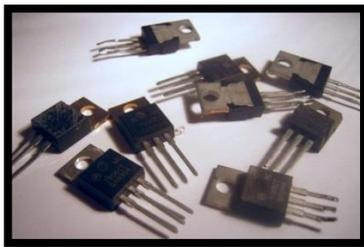


Figura 2.54 7805.

2.9.8. Microcontrolador

Para la aplicación utilizaremos el PIC 12F675, el mismo que ayuda a dar las funciones que necesita nuestro sistema de control. Como se muestra en la figura 2.55.



Figura 2.55 PIC12F675.

2.9.9. Potenciómetro

Es un resistor cuya cantidad de resistencia es variable. De tal forma que, indirectamente, se puede dar la intensidad de corriente que va a recorrer por el circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie. Se utiliza en circuitos de baja corriente y en corrientes altas se utiliza reóstatos que disipan más potencia. Como se muestra en la figura 2.56.



Figura 2.56 Potenciómetro.

2.9.10. Relé

También llamado relevador es un dispositivo electromecánico. Actúa como un interruptor controlado por un circuito eléctrico que usa como recurso una bobina y un electroimán, que activa uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Como se muestra en la figura 2.57.

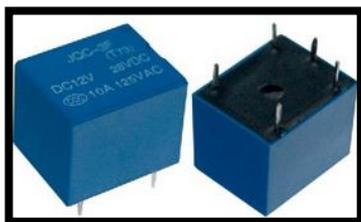


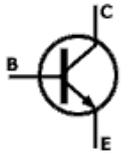
Figura 2.57 Relé.

2.10. Simbología de elementos electrónicos

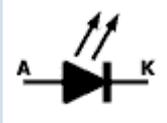
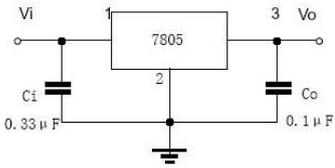
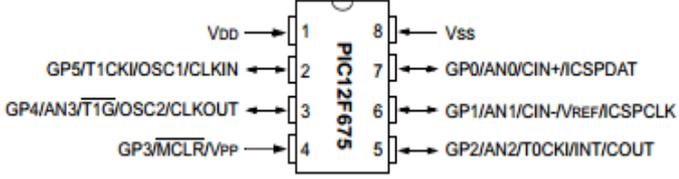
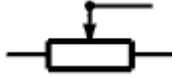
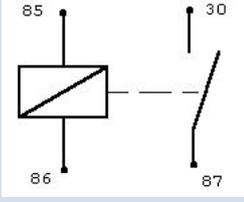
La tabla 2.10 se muestra los símbolos de los componentes que se utilizaran en el diseño del control electrónico.

Tabla 2.10

Simbología del sistema de control electrónico.

SÍMBOLO	FIGURA
Capacitor	
Diodo	
Resistor	
Transistor Bipolar NPN	

CONTINÚA →

Diodo led	
Regulador 7805	
PIC12F675	
Potenciómetro	
Relé	

CAPÍTULO III

3.1. DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES NEUMÁTICOS DE LA MOTOCICLETA HÍBRIDA

3.1.1. Parámetros del diseño del prototipo

Como primer elemento se determinó el compresor que se implementó en el sistema neumático, se seleccionó un compresor que cumple con la condición de generar 690 kpa con una revolución máxima de 6000 rpm, además que se tomó en cuenta el factor peso del mismo, ya que esto influye en la autonomía de la motocicleta. Por esta razón se seleccionó el compresor AIRFLOW de 1,5 HP, que tiene las características que se muestran en la tabla 3.1.

- **Datos técnicos**

Tabla 3.1

Especificaciones compresor AIRFLOW.

CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES
Bomba	De impulsión directa, lubricada con aceite
Diámetro	98,00 mm
Carrera	0.05 mm
Capacidad del tanque de aire	0.02 m ³
Presión de arranque	655 kpa
Presión de parada	861,84 kpa
Flujo de aire libre	0.24 m ³ /min

3.2. Análisis de temperatura, presión, caudal y tiempo de autonomía en el tanque de almacenamiento de baja presión

3.2.1. Cálculo de la presión de inicio del sistema de baja presión

Se inicia con el cálculo la presión con la cual va a iniciar el sistema para lo cual utilizaremos los siguientes datos iniciales:

a) Datos de la polea:

- R: Radio de la polea
- M: masa de la polea
- ω : velocidad angular

b) Datos del cabezote de compresor:

- L: carrera del pistón
- M: masa del pistón
- D: Diámetro del pistón

Realizando el análisis en la polea, como se muestra en la figura 3.1, se obtiene los siguientes parámetros para el análisis:

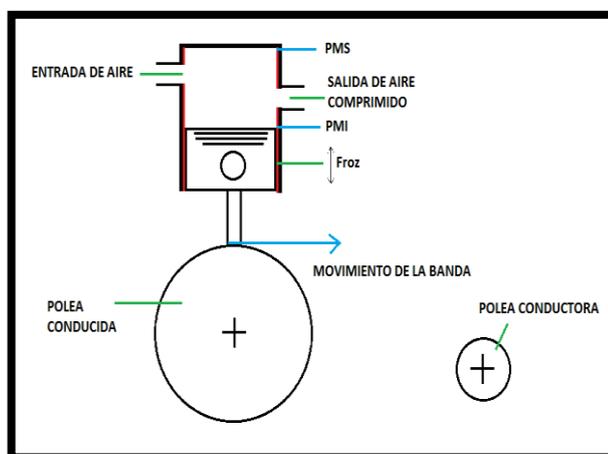


Figura 3.1 Fuerzas generadas y componentes del sistema.

De donde se puede deducir que la energía necesaria para mover la rueda es igual al trabajo efectuado sobre esta, entonces se tiene que:

$$E_c = W_{ext} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Fuente: Wilson. (2003)

Dónde:

E_c = Energía cinética del sistema. (N/m)

W_{ext} = Trabajo externo generado en el sistema. (N/m)

Donde el trabajo externo realizado sobre la rueda (polea), es igual a:

$$W_e = F_r * d \quad \text{Ec. 3.2}$$

Fuente: Wilson. (2003)

Dónde:

W_e = Trabajo externo generado en el sistema. (N/m)

F_r = Fuerza resultante del sistema. (N)

d = Distancia. (m)

La figura 3.2 muestra la fuerza resultante en la polea.

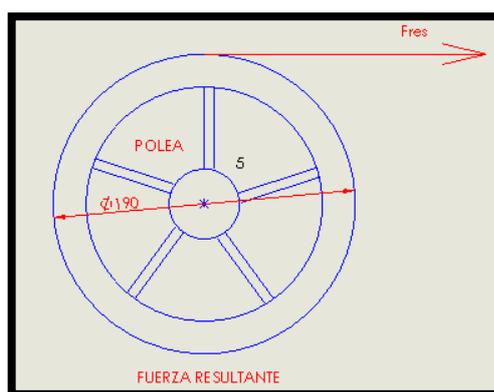


Figura 3.2 Fuerza resultante, polea conductora.

Fuente: SolidWorks. (2014)

Este trabajo permite mover la polea conducida, donde la energía cinética es dependiente del momento de inercia, Ahora se asume a la polea

conducida, como un disco de masa M y radio R respectivamente, la energía necesaria para hacerla girar está dada por la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad \text{Ec. 3.3}$$

Fuente: Wilson. (2003)

Dónde:

E_c = Energía cinética del sistema. (N/m)

I = Momento de inercia. (Kg/m²)

ω = Velocidad angular. (rad/seg)

Remplazando el momento de inercia tenemos que:

$$E_c = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} m * r^2 \right) * \omega^2 = \frac{1}{4} m * r^2 * \omega^2$$

El trabajo necesario para poder vencer esta energía está dado por las fuerzas presentes en el sistema rueda-pistón, de las cuales se hallará la fuerza resultante, donde solo se analizará el D.C.L que se muestra en la figura 3.3.

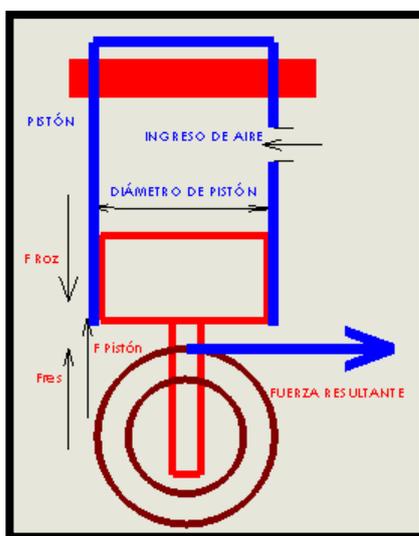


Figura 3.3 Análisis de fuerzas.

Fuente: SolidWorks. (2014)

En base a la sumatoria de fuerzas ejercidas en sistema de la figura 3.4 se obtiene que:

$$F_r = P_{\text{adm-pis}} * A_{\text{pistón}} - m_{\text{pistón}} * g * \mu_{\text{roz}}$$

Ahora con el concepto de:

$$W_e = \int F_r dx$$

A continuación, se determinara el trabajo necesario:

$$W_e = \int_0^d (P_{\text{adm-pistón}} * A_{\text{pistón}} - m_{\text{pistón}} * g * \mu_{\text{roz}}) dx$$

$$W_e = P_{\text{adm-pistón}} * A_{\text{pistón}} * d - m_{\text{pistón}} * g * \mu_{\text{roz}} * d$$

Reemplazando este valor en la ecuación 3.1 mencionada anteriormente se obtiene la presión con la que iniciara el sistema neumático.

$$P_{\text{adm-pistón}} * A_{\text{pistón}} * d - m_{\text{pistón}} * g * \mu_{\text{roz}} * d = \frac{1}{4} m_{\text{polea}} * r_{\text{polea}}^2 * \omega^2$$

De esta expresión se obtiene que la presión de arranque del sistema es:

$$P_{\text{adm-pistón}} = \frac{\frac{1}{4} m_{\text{polea}} * r_{\text{polea}}^2 * \omega^2 + m_{\text{pistón}} * g * \mu_{\text{roz}} * d}{A_{\text{pistón}} * d} \quad \text{Ec. 3.4}$$

3.2.2. Cálculos en el cabezote de compresor y el depósito de almacenamiento de baja presión

a) Cálculos en el cabezote de compresor

Es necesario para determinar la presión con la que inicia el sistema, conocer los datos paramétricos de la cabeza del compresor, los mismos que se muestra en la figura 3.4.

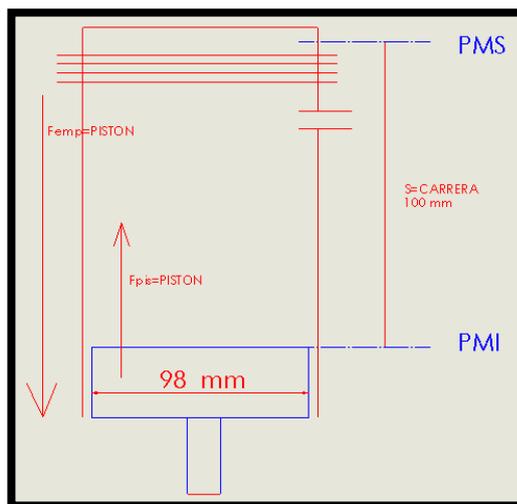


Figura 3.4 Análisis de fuerzas – cabeza de compresor.

Bajo las características del compresor y gracias al software de diseño SOLIDWORKS, se obtiene los datos exactos de peso y geometría del sistema.

- **Datos preliminares: COMPRESOR**

$D_{\text{pistón}}: 98 \text{ mm} = 0.1 \text{ m}$

$m_{\text{pistón}}: 0.37 \text{ Kg}$

$S_{\text{pistón}}: 100 \text{ mm} = 0.1 \text{ m}$

- **Datos preliminares: POLEA CONDUcida**

$r_{\text{polea}}: 50 \text{ mm} = 0.05 \text{ m}$

$m_{\text{polea}}: 0.23 \text{ Kg}$

$\mu_{\text{roz}}: 0.24$

El valor de μ_{roz} se tomó el valor de coeficiente de rozamiento por deslizamiento para materiales Acero-Fundición gris en estado seco, Anexo 4.

Área del pistón se obtiene de la ecuación 2.24:

$$A_p = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$A_p = \frac{\pi * (0.098)^2}{4} = 0.0075 \text{ m}^2$$

Trabajo en la polea se obtiene de la ecuación 2.11:

$$\text{Relación de transmisión } n = \frac{100 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 3.333$$

Velocidad angular en la polea conducida:

$$\text{rpm polea conducida} = \frac{6000 \text{ rpm}}{3.333} = 1800.180 \text{ rpm} = 188.514 \text{ rad/seg}$$

Trabajo ejercido en la polea:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{6100 \text{ W} * \text{s}}{188.514 * \text{s} * \text{rad}} = 32.358 \text{ Nm}$$

b) Presión Inicial:

Para obtener la presión inicial se reemplazó todos los valores obtenidos anteriormente en la ecuación 3.4.

$$P_{\text{adm-pistón}} = \frac{\frac{1}{4} * 0.23 \text{ kg} * (0.05 \text{ m})^2 * \left(188.514 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}\right)^2 + 0.37 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 * 0.24 * 0.1 \text{ m}}{0.0075 \text{ m}^2 * 0.1 \text{ m}}$$

$$P_{\text{adm-pistón}} = 136,343 \text{ kpa}$$

c) Cálculo del área total

Utilizando la ecuación 2.1, se tiene que:

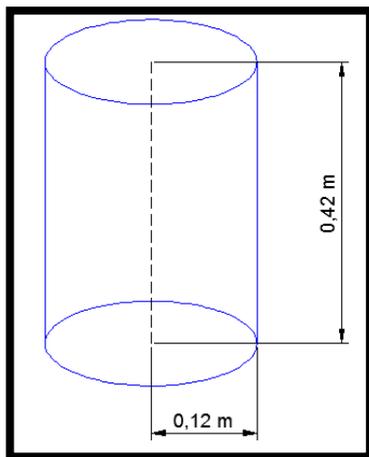


Figura 3.5 Medidas del depósito de baja presión.

$$A_T = 2 * \pi * r(h + r)$$

$$A_T = 0.41 \text{ m}^2$$

d) Cálculo del volumen

Utilizando la ecuación 2.2, se obtiene que:

$$V_{Tbp} = \pi * r^2 * h$$

$$V_{Tbp} = 0,019 \text{ m}^3$$

e) Ley de BOYLE Y CHARLES

De las ecuaciones 2.3 y 2.4 se obtiene que:

$$\frac{P_2 * V_2}{T_2} = \frac{P_1 * V_1}{T_1}$$

f) Variando la presión

$$P_1 = 136.34 \text{ kpa} = 19,77 \text{ PSI}$$

$$V_1 = V_2$$

$$T_1 = 293,15 \text{ } ^\circ\text{K} = 20^\circ\text{C}$$

$$P_2 = 551,58 \text{ kpa} = 80 \text{ PSI}$$

$$T_2 = ?$$

$$\frac{80 * V_2}{T_2} = \frac{19.77 * V_1}{20}$$

$$T_2 = 80.93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 354.08 \text{ } ^\circ\text{K}$$

g) Variando la temperatura

$$P_1 = 136.34 \text{ kpa} = 19,77 \text{ PSI}$$

$$V_1 = V_2$$

$$T_1 = 293,15 \text{ } ^\circ\text{K} = 20^\circ\text{C}$$

$$P_2 = ?$$

$$T_2 = 354.08 \text{ } ^\circ\text{K} = 80.93^\circ\text{C}$$

$$\frac{P_2 * V_2}{80.93} = \frac{19.77 * V_1}{20}$$

$$P_2 = 80 \text{ PSI}$$

$$P_2 = 551,58 \text{ kpa}$$

h) Cálculo de la velocidad del aire de salida

$$Q = V * A$$

Ec. 3.5

Fuente: Córdor. (2005)

Dónde:

Q= Caudal (m^3/seg)

V= Velocidad (m/seg)

A= Área del conductor (m^2)

$$Q = 0,24 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 0,004 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$A = 9,65 \text{ mm}^2 = 0,1 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = 0,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

i) Cálculo de consumo de potencia del compresor

Utilizando la ecuación 2.8, se obtiene que:

$$Pot = Q * P$$

$$P_2 = 551,58 \text{ kpa} = 551580 \frac{N}{m^2}$$

$$Pot = 0,004 \frac{m^3}{seg} * 551580 \frac{N}{m^2}$$

$$Pot = 220,63 \text{ W}$$

3.2.3. Cálculo del tiempo del aire comprimido en el depósito de almacenamiento a presión baja

Utilizando la ecuación 2.7 se calculó el tiempo de autonomía que generará el depósito de almacenamiento a baja presión:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$0,004 \frac{m^3}{seg} = \frac{0,019 m^3}{t}$$

$$t = 4,75 \text{ seg}$$

3.3. Cálculo de temperatura, presión, caudal y tiempo de autonomía en el tanque de almacenamiento de alta presión

Para calcular los diversos parámetros en este punto se utilizó los datos de la tabla 3.2 en cual se muestra las características que posee el depósito de almacenamiento de alta presión.

Tabla 3.2

Especificaciones depósito de alta presión.

CARACTERISTICAS	PROPIEDADES
Capacidad del tanque de aire	2 m ³
Presión de almacenamiento	13789,52 kpa
Altura	0,66 m

CONTINÚA →

Diámetro	0,18 m
Presión de salida	827,37 kpa

Para el sistema neumático de alta presión se utilizó la tubería Parker 7093, ya que cumple con los requerimientos necesarios para el flujo del aire comprimido en el sistema. La tabla 3.3 muestra las características técnicas de la tubería.

Tabla 3.3

Características tubería Parker 7093.

CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES
Temperatura mínima de trabajo	213,15 °k
Temperatura máxima de trabajo	373,15 °k
Diámetro interior	4.8 a 50.8 mm
Diámetro exterior	11.1 a 64.8 mm
Peso	0.03 a 0.51 kg
Presión de trabajo máximo	1378,95 a 2068,43 kpa

3.3.1. Cálculo del área total

Utilizando la ecuación 2.1 y los datos de la tabla 3.3, se tiene que:

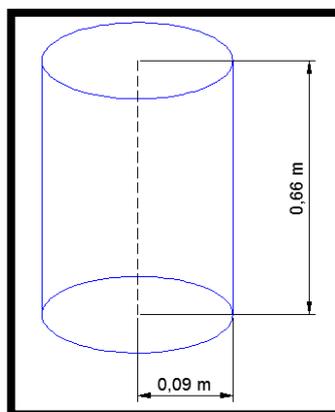


Figura 3.6 Medidas del depósito de alta presión.

$$A_T = 2 * \pi * r(h + r)$$

$$A_T = 2 * \pi * 0,09(0,66 + 0,09)$$

$$A_T = 0.424 \text{ m}^2$$

3.3.2. Cálculo del volumen

Utilizando la ecuación 2.2, se tiene que:

$$V_{Tap} = \pi * r^2 * h$$

$$V_{Tap} = 0,017 \text{ m}^3$$

3.3.3. Cálculo del tiempo de autonomía del aire comprimido en el depósito de almacenamiento a presión alta

Todos los cilindros de almacenamiento de oxígeno tienen una placa que indica los datos de su presión máxima, su volumen y su presión interna facilitada por el manómetro. Si se conoce estos datos por medio de una sencilla fórmula se puede calcular la cantidad real de oxígeno que contiene la botella y el tiempo de duración. Esta fórmula es:

$$V * P = Lr$$

Ec. 3.6

Fuente: Pérez. (2014)

Dónde:

V= Volumen del recipiente (lt)

P= Presión (bar)

Lr= Litros reales en el recipiente

Y se obtiene que:

$$V_{rec} = 2 \text{ m}^3 = 2000 \text{ lt}$$

$$P_{int} = 100 \text{ PSI} = 6,89 \text{ bar}$$

$$V_{real} = 2000 * 6,89 = 13600 \text{ lt}$$

Ahora se sabe que cantidad de aire se tiene en el depósito de almacenamiento a alta presión, con este dato se determinó la cantidad de tiempo que nos durará este aire conociendo los litros por minuto que se está utilizando:

$$\frac{V_r}{C_a} = M_a \quad \text{Ec. 3.7}$$

Fuente: Pérez. (2014)

Dónde:

V_r = Volumen real de oxígeno (lt)

C_a = Consumo de aire (lt/min)

M_a = Minutos de autonomía

$$\text{Consumo de aire} = 0,96 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 962 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

$$t_{autonomía} = 13600/962$$

$$t_{autonomía} = 14 \text{ min}$$

3.4. Diseño del sistema neumático en el programa CAD FLUIDSIM

3.4.1. Secuencia de pasos del sistema neumático

El sistema consta un motor de cuatro tiempos de 125 centímetros cúbicos y con la variante e implementación de un sistema de carga, es decir que la energía producida por la fuerza del aire comprimido se transformó en energía mecánica comunicada en el eje posterior de la polea.

La fuerza de expansión del aire comprimido mueve el pistón dentro del cilindro y con ello se consigue la energía mecánica de rotación para generar aire comprimido que es almacenado en el tanque de almacenamiento de baja presión (2), que con la combinación del aire del tanque de alta presión (4), permiten mantener la presión constante y la movilidad de la motocicleta.

La figura 3.7 muestra el esquema del sistema neumático, con los elementos que fueron implementados, que son los siguientes:

1. Cabeza de compresor
2. Tanque de almacenamiento de baja presión
3. Regulador de presión 1
4. Tanque de almacenamiento de alta presión
5. Regulador de presión 2
6. Acople T
7. Electroválvula
8. Pistola neumática
9. Manómetro

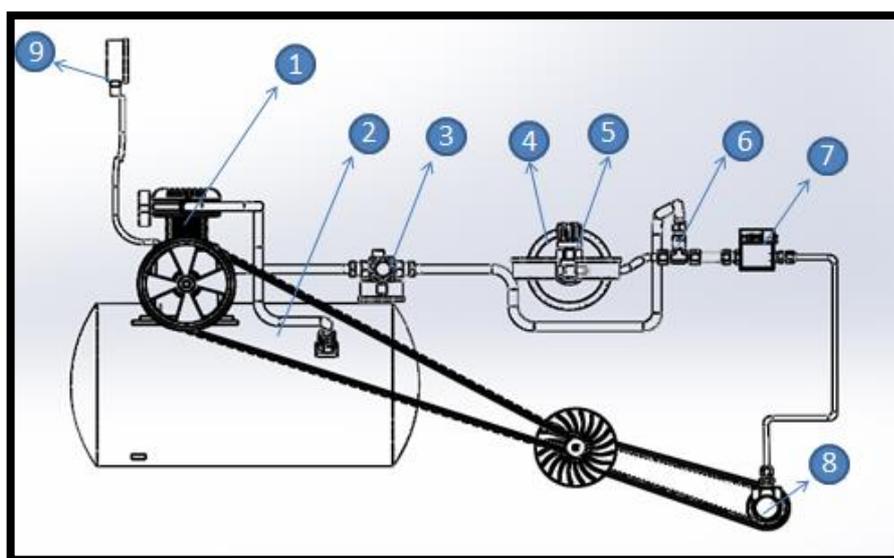


Figura 3.7 Prototipo sistema neumático.

Fuente: SolidWorks. (2014)

El diseño del sistema neumático permite:

1. Generar aire comprimido por medio de un compresor y almacenarlo en el depósito de baja presión hasta que este tenga la cantidad de 689,48 kpa.
2. El tanque de alta presión aportara con una cantidad de 689,48 kpa para mantener la presión constante que va a ser suministrada en el actuador neumático.
3. La válvula reguladora de presión limitara la cantidad de presión que saldrá del tanque de alta presión.
4. En la "T" se unirán las dos presiones (tanque de baja presión/tanque de alta presión).
5. Por medio de la electroválvula se controla el paso del aire comprimido al motor neumático.
6. El motor neumático es el actuador que recibe el aire comprimido para generar tracción.

3.4.2. Selección de elementos neumáticos

En base a los resultados obtenidos en los parámetros anteriores se determinó los elementos que serán implementados en la motocicleta, a continuación se describe cada uno de ellos.

a) Actuador neumático

La tabla 3.4 muestra las características que posee la llave de impacto que se utilizó en el sistema para generar tracción a la rueda posterior.

Tabla 3.4

Características llave de impacto CL1502.

CARACTERISTICAS	PROPIEDADES
Torque operativo	54.23-406.7 Nm
Torque Máximo	677 Nm

CONTINÚA →

Consumo de aire promedio	0,14 m ³ /min
Consumo de aire continuo	0,81 m ³ /min
Tamaño mínimo de manguera	9,65mm

Fuente: **CAMPBELL HAUSFELD. (2008)**

Todas las mangueras y conexiones deben ser del tamaño correcto y estar bien ajustadas. La Tabla 3.5 muestra los tamaños mínimos para un correcto funcionamiento de la llave neumática:

Tabla 3.5 Diámetro de las mangueras.

Consumo de aire de la herramienta	DI de la manguera
Menos de 0,25 m³/min al 100% del uso	6,4mm
0,25 a 0,96 m³/min al 100% del uso	9,65mm
Más de 0,96 m³/min al 100% del uso	12,7mm

Fuente: **CAMPBELL HAUSFELD. (2008)**

b) Electroválvula MFH-3-1/4-EX

La tabla 3.6 muestra las características que posee la electroválvula que se utilizó en el sistema, la misma que se encargara del paso del aire comprimido mediante un controlador electrónico.

- **Características técnicas**

Tabla 3.6

Características y propiedades de la electroválvula MFH-3-1/4-EX.

CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES
Función de las válvulas	3/2 cerrada monoestable
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Caudal nominal normal	0,5 m ³ /min
Presión de funcionamiento	151,68 ... 799,79 kpa
Sentido de flujo	No reversible

CONTINÚA →

Fluido	Aire comprimido
Peso del producto	0,24 kg
Temperatura de Almacenamiento	-4 ... 333,15 °k
Temperatura del medio	268,15 ... 313,15 °k
Temperatura ambiente	278,15 ... 313,15 °k

El sistema neumático basa su funcionamiento en una pistola neumática, que es un motor de paletas el cual necesita de una presión de 827,37 kpa y un caudal de aire de 962 lt/min para que desarrolle su máxima fuerza y de esta forma nos permita dar movimiento a la motocicleta híbrida.

En el CAD de diseño SOLID WORKS 2014, se modelo el diagrama neumático del prototipo, figura 3.8, en conjunto con el programa de diseño neumático, FESTO FluidSim5 2014, se simuló el sistema para verificar su funcionamiento, figura 3.9, con los parámetros iniciales de cada fabricante y los datos obtenidos en los cálculos anteriores se procedió a realizar el diseño del sistema neumático.

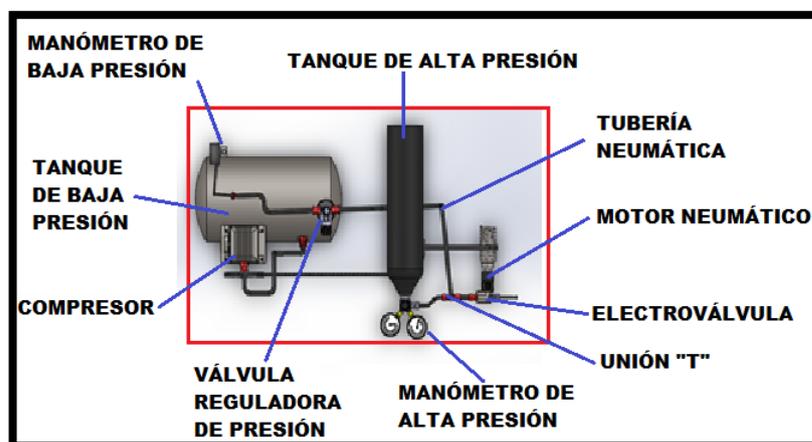


Figura 3.8 Esquema sistema neumático-motocicleta.

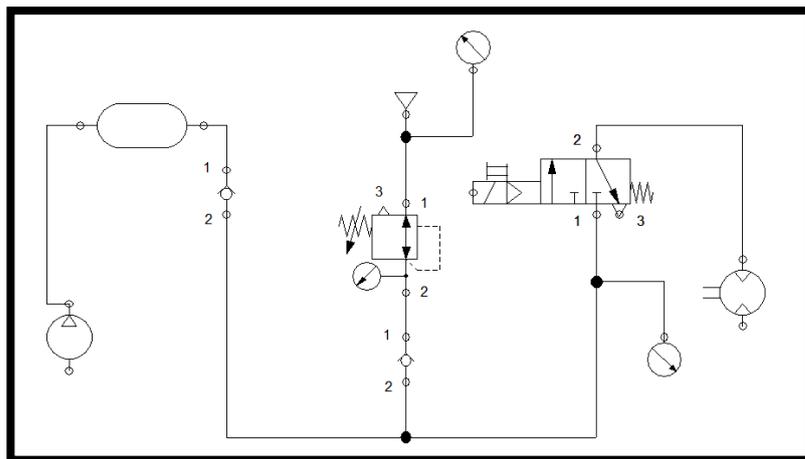


Figura 3.9 Esquema neumático-motocicleta en FluidSim.

Fuente: Fluid-Sim5. (2014)

Como primer componente se parte del diseño del sistema neumático, con la selección de la fuente de aire en este caso de un compresor de pistón de 1.5 HP de potencia, caudal máximo de $0.24 \text{ m}^3/\text{min}$ y con una presión de 620,53 kpa, parámetros que se especifican en el diagrama neumático del FLUIDSIM. Como se muestra en la figura 3.10.

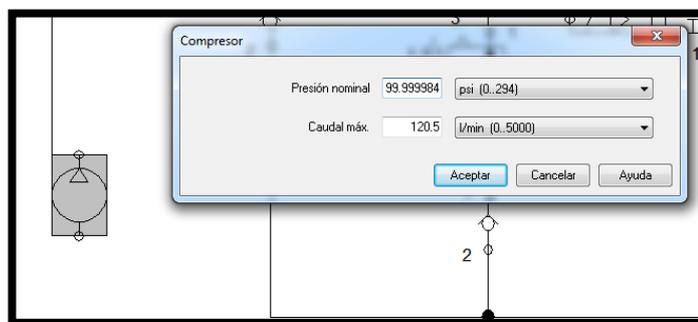


Figura 3.10 Asignación presión y caudal al compresor en el programa de diseño.

Fuente: Fluid-Sim5. (2014)

En secuencia con el diagrama se necesitó que el depósito de aire se llene completamente para enviar el aire a todo el circuito, con una con un volumen de 0.02 m^3 . Como se muestra en la figura 3.11.

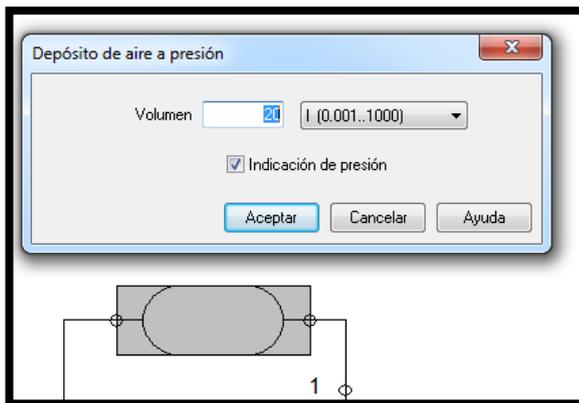


Figura 3.11 Almacenamiento depósito aire a baja presión.

Fuente: Fluid-Sim5. (2014)

Una vez que el depósito de aire este lleno y con la presión necesaria sale por la tubería y pasa a través de una válvula de retención que se activara únicamente cuando la presión en la entrada es mayor que la presión en la salida caso contrario se bloquea. Como se muestra en la figura 3.12.

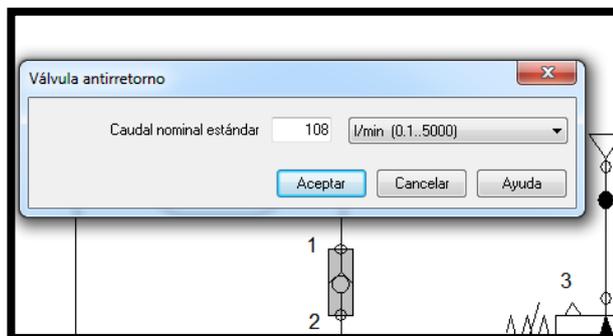


Figura 3.12 Válvula de retención.

Fuente: Fluid-Sim5. (2014)

Debido a la presión constante que necesita la pistola neumática para su trabajo es necesario implementar un depósito de alta presión, figura 3.13, el mismo que en conjunto con el aire que produce el compresor proporcionarán una presión y caudal necesario para el funcionamiento correcto del sistema neumático.

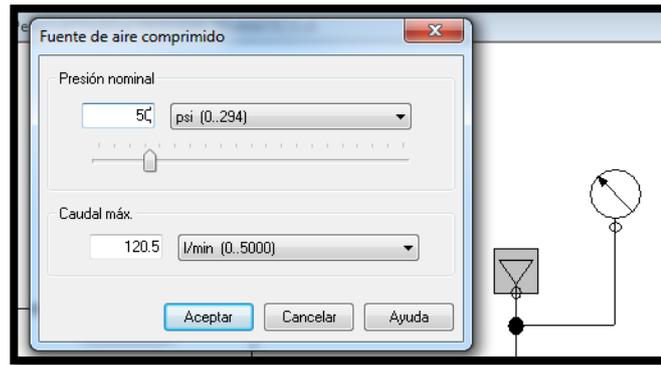


Figura 3.13 Fuente de aire comprimido a alta presión.

Fuente: Fluid-Sim5. (2014)

Como se observa en la figura 3.13, la fuente de aire comprimido de alta presión tiene una presión nominal de 827,37 kpa y conserva el mismo caudal de la fuente de aire comprimido que produce el compresor, de tal modo que cuando inicie el ciclo de funcionamiento trabaja el compresor hasta llenar la capacidad del tanque de almacenamiento a baja presión, emite el aire hacia las cañerías con una presión de 827,37 kpa, en la línea de flujo se encuentra un conector en el que se unen la dos fuentes de aire comprimido, de esta forma ya se cuenta con la presión constante necesaria para el funcionamiento del actuador neumático. Como se muestra en la figura 3.14.

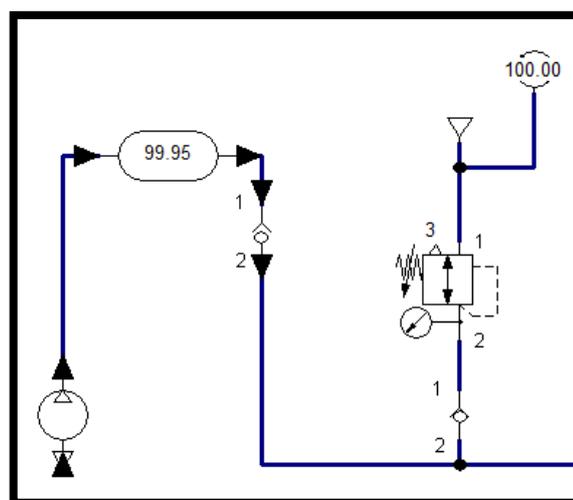


Figura 3.14 Sumatoria de fuentes de aire comprimido.

Fuente: Fluid-Sim5. (2014)

En la línea de flujo de la fuente de aire comprimido de alta presión, se incluye un regulador de presión con manómetro, figura 3.14, este permite regular la presión de alimentación, la mantiene constante a pesar de las fluctuaciones y el manómetro indica la presión a la que se encuentra suministrado el sistema neumático.

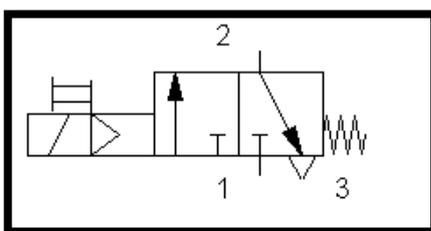


Figura 3.15 Conexión electroválvula.

Fuente: Fluid-Sim5. (2014)

La electroválvula es un componente neumático que se acciona aplicando una señal de tensión en la bobina del solenoide, como se muestra en la figura 3.15. El fluido circula libremente de 1 hacia 2. Al cesar la señal la válvula se sitúa de nuevo a posición de partida por acción del muelle de retorno. La conexión 1 se cierra si no hay señal aplicada, la electroválvula en el sistema es accionada manualmente.

Además esta válvula basa su configuración en una válvula de 3/n vías configurables.

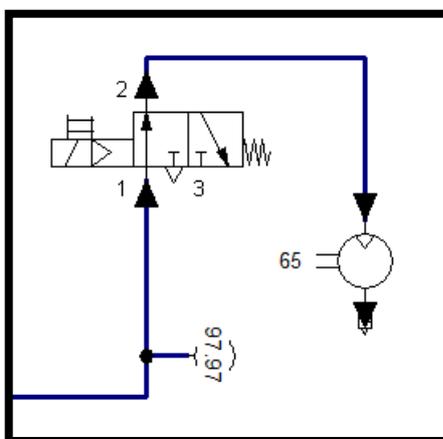


Figura 3.16 Funcionamiento electroválvula.

Fuente: Fluid-Sim5. (2014)

Finalmente se acciona el actuador neumático, figura 3.16, que es un motor neumático de paletas, figura 3.17, el mismo que tiene la función principal de transformar la energía neumática en energía mecánica con la posibilidad de movimiento continuo.

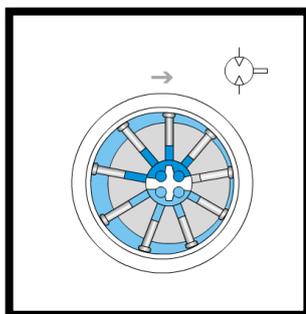


Figura 3.17 Motor neumático.

Fuente: Fluid-Sim5. (2014)

De esta forma el diagrama del sistema neumático de la motocicleta queda completo, gracias al programa FLUID-SIM 5, se simuló la trayectoria del flujo de aire por todo el sistema partiendo desde el momento de la carga en la cabeza del compresor hasta complementar en el accionamiento del motor neumático de paletas, como se muestra en figura 3.18.

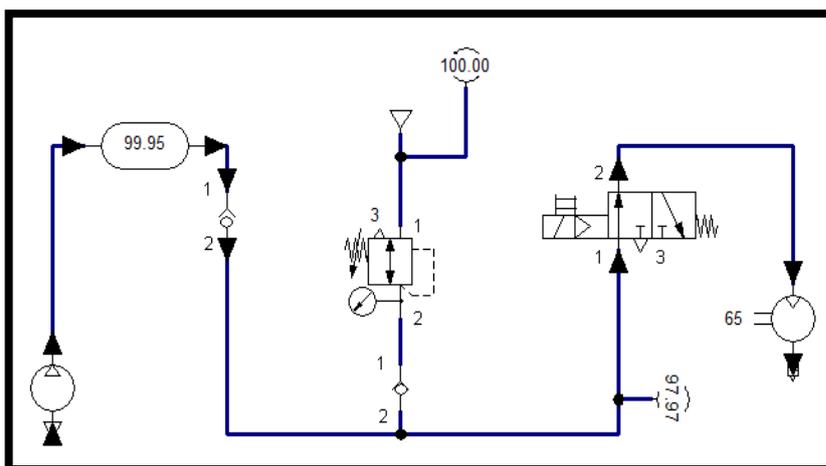


Figura 3.18 Sistema neumático en funcionamiento.

Fuente: Fluid-Sim5. (2014)

3.5. Análisis de resultados

La tabla 3.7 muestra los valores obtenidos en el sistema neumático implementado en la motocicleta híbrida.

Tabla 3.7

Cuadro de resultados del sistema neumático.

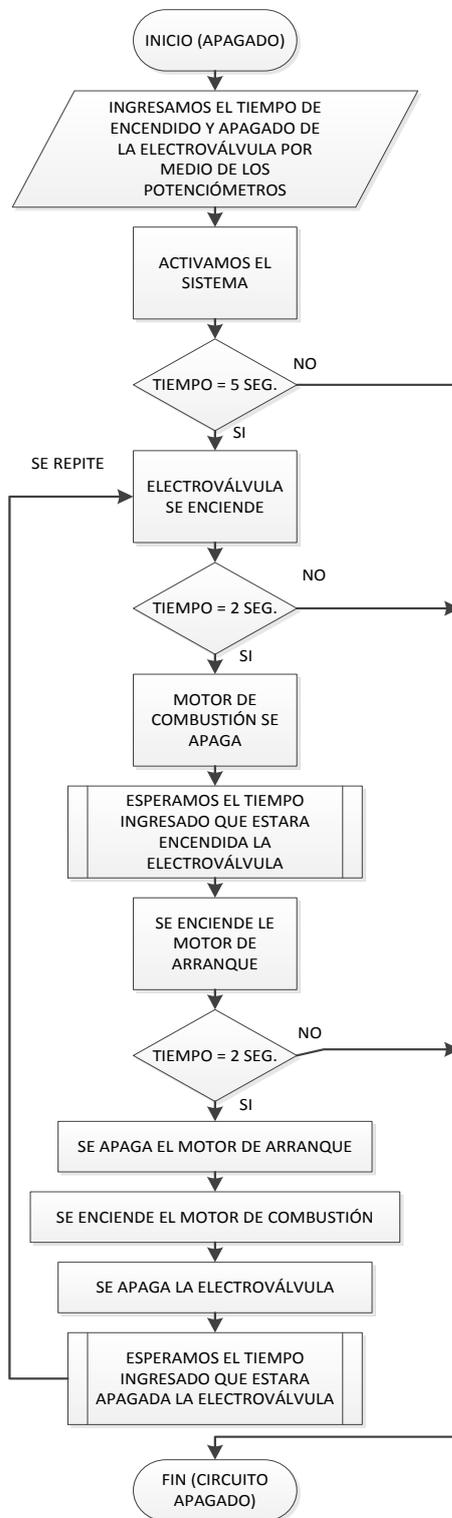
DATO	FÓRMULA	VALOR
Presión de inicio del sistema	$P_{\text{adm-pistón}} = \frac{\frac{1}{4} m_{\text{polea}} * r_{\text{polea}}^2 * \omega^2 + m_{\text{pistón}} * g * \mu_{\text{roz}} * d}{A_{\text{pistón}} * d}$	136,34 kpa
Área total del depósito de baja presión	$A_{\text{TOTAL}} = 2 * \pi * r(h + r)$	0,41 m ²
Volúmen del depósito de baja presión	$V_{\text{Tbp}} = \pi * r^2 * h$	0,019 m ³
T ₂ mediante la Ley de Boyle y Charles $V_1 = V_2$	$T_2 = \frac{P_2 * T_1}{P_1}$	354,08 °K
P ₂ mediante la Ley de Boyle y Charles $V_1 = V_2$	$P_2 = \frac{P_1 * T_2}{T_1}$	551,88 kpa
Velocidad del aire en la tubería principal	$V = \frac{Q}{A}$	0,04 m ² /s
Consumo de potencia	$Pot = Q * P$	220,63 W
Tiempo de duración del aire comprimido a baja presión	$t = \frac{V}{Q}$	4,75 s
Área total del depósito de alta presión	$A_{\text{TOTAL}} = 2 * \pi * r(h + r)$	0,424 m ²

CONTINÚA 

Volumen del depósito de alta presión	$V_{Tap} = \pi * r^2 * h$	0,017 m ³
Volumen real del depósito de alta presión	Volumen del recipiente(lt) * Presión(bar) = Litros reales	16540 lt
Tiempo de duración del aire comprimido a baja presión	$\frac{\text{Volumen real de oxígeno(lt)}}{\frac{\text{lt}}{\text{min}}} = \text{minutos de autonomía}$	17,19 min

3.6. Diseño y selección de componentes eléctricos y electrónicos

Se realiza un diagrama de flujo con los parámetros establecidos en el sistema de control electrónico.



3.6.1. Diagrama general del sistema de control electrónico

En el diagrama de la figura 3.19 se observa de manera general el diseño electrónico del sistema de control, realizado en el programa de simulación PROTEUS.

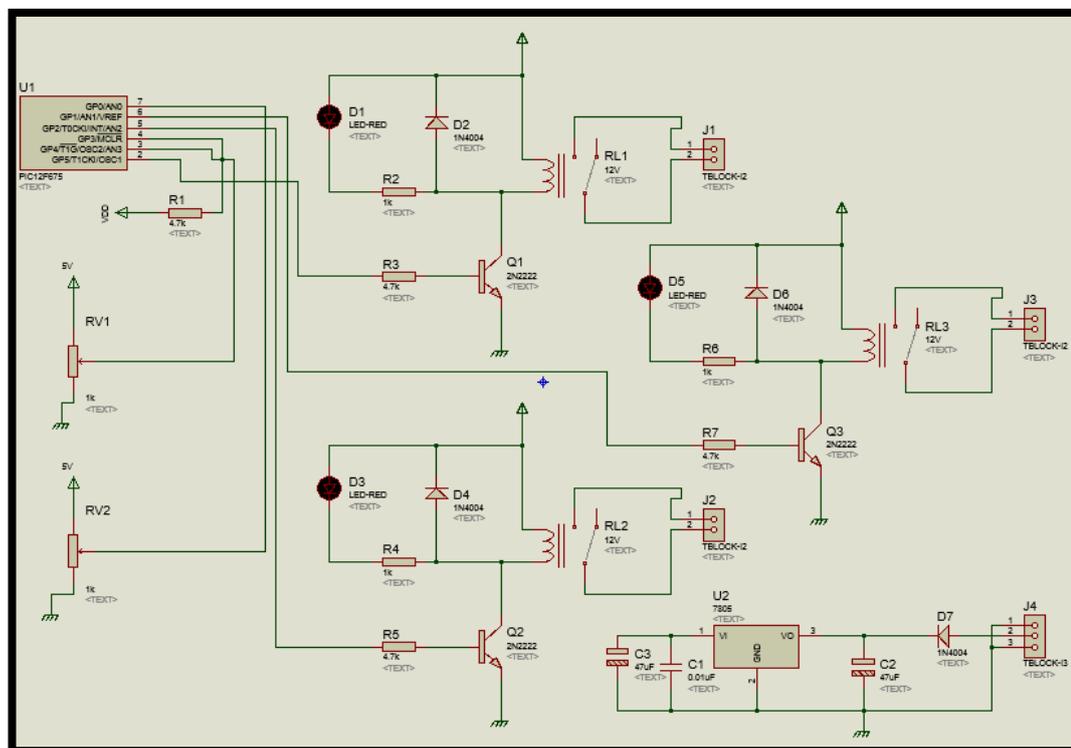


Figura 3.19 Diagrama general del sistema de control electrónico.

3.6.2. Secuencia de pasos del sistema de control

El diseño del sistema de control permite:

1. Apagar el motor de combustión de la motocicleta luego de que transcurre 5 segundos, una vez que se enciende el sistema de control (este tiempo de espera de 5 segundos se dará únicamente cuando se encienda el sistema de control).
2. Encender la electroválvula MFH-3-1/4-EX, 2 segundos antes que se apague el motor de combustión de la motocicleta.

3. Dar un tiempo de control de apertura de la electroválvula en un intervalo de 0 a 60 segundos, para que permita el paso de aire de comprimido.
4. Encender el motor de arranque de la motocicleta por un tiempo de 3 segundos y 2 segundos antes del apagado de la electroválvula, para de esta forma encender el motor de combustión.
5. Apagar la electroválvula después del tiempo que se le asigno de 0 a 60 segundos.
6. Dar un tiempo en el cual la electroválvula se mantendrá cerrada o apagada, mientras se carga el depósito de aire comprimido, en un intervalo de 1 a 10 minutos.
7. Repetir la secuencia de los pasos del 1 al 6 sucesivamente.

3.6.3. Funcionamiento del sistema de control

a) Conexión de microcontrolador PIC12F675

Realiza todas las funciones programadas en el mismo, tiene entradas análogas las que se utilizó para leer el valor de los potenciómetros y en base a ese valor dar los diferentes tiempos de acuerdo a la restricción y necesidad que se tenga en el sistema. Los otros pórnicos son utilizados como entradas digitales para manejar los relés. Como se muestra en la figura 3.20.

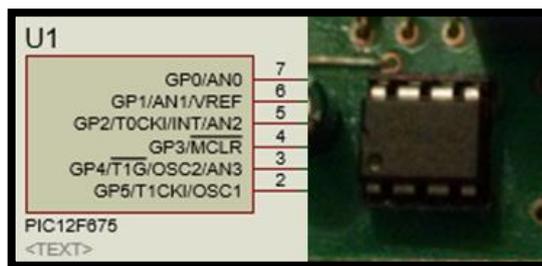


Figura 3.20 Conexión microcontrolador PIC12F675.

b) Conexión de potenciómetros

Se establece la conexión de los potenciómetros para obtener las señales de los tiempos de apertura y cierre de la electroválvula. El tiempo de apertura puede variar desde 0 a 60 segundos, mientras que el tiempo que permanecerá cerrada la electroválvula puede ir desde 1 a 10 minutos dependiendo de las necesidades del sistema. Como se muestra en la figura 3.21.

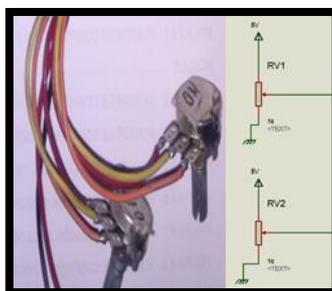


Figura 3.21 Conexión de potenciómetros.

c) Conexión de elementos de potencia

Es el conjunto de relés para el control del motor de arranque, la electroválvula y motor de combustión de la motocicleta. Los tres bloques de realizan el mismo trabajo en conjunto con las borneras de salida, cogemos los contactos normalmente abiertos para darle señal de control, los transistor (Q) están funcionando como un interruptor en corte-conducción cuando hay

un voltaje en la base mayor a 7v este conduce, al conducir hace que se cierre el relé. Como se muestra en la figura 3.22.

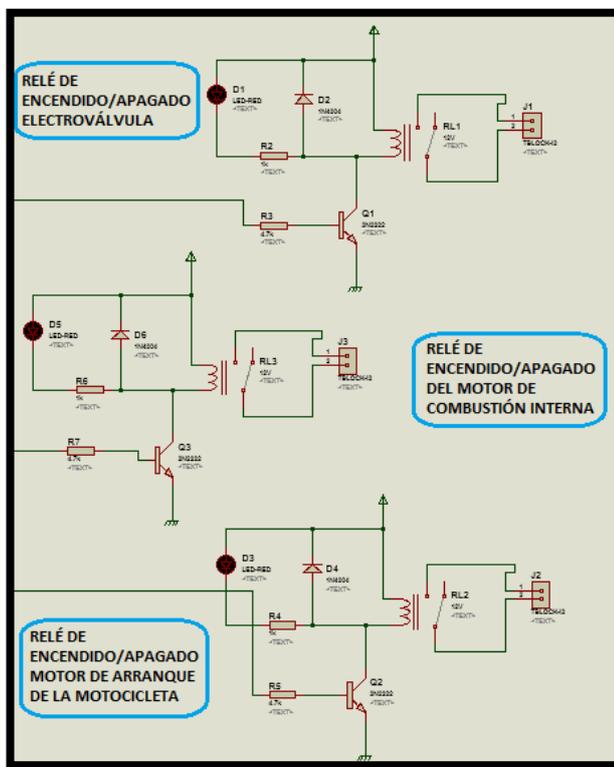


Figura 3.22 Conexión de elementos de potencia.

d) Conexión del relé para el apagado del motor de combustión de la motocicleta

Este relé se encuentra en la posición normalmente abierto y al recibir la señal por parte del sistema se cierra, de esta forma procede con el apagado del motor de combustión de la motocicleta. Como se muestra en la figura 3.23.



Figura 3.23 Relé de apagado del M.C.I.

e) Conexión del relé para la apertura y cierre de la electroválvula

El relé recibe el paso de corriente que va desde la batería hacia la placa logrando de esta forma activar y desactivar la electroválvula y de esta forma permitir o no el paso del aire comprimido. Como se muestra en la figura 3.24.



Figura 3.24 Relé de apertura y cierre de la electroválvula.

f) Conexión del relé para el encendido y apagado del arranque de la motocicleta

El relé se encuentra en la posición normalmente abierto, al recibir la señal por parte del sistema se cierra el circuito, permitiendo que se encienda

el motor de arranque de la motocicleta por un tiempo establecido en la programación de 3 segundos. Como se muestra en la figura 3.25.



Figura 3.25 Relé de apertura y cierre de la electroválvula.

g) Conexión del regulador de voltaje 7805

Este regulador ayuda para que los 12v que ingresa al sistema se regulen en 5v y de esta forma cuidar los componentes de la placa, consta de un diodo que da una protección por si acaso ingrese el voltaje invertido al circuito, tiene un condensador de filtro a la entrada y dos condensadores de filtro salida de la fuente. Como se muestra en la figura 3.26.

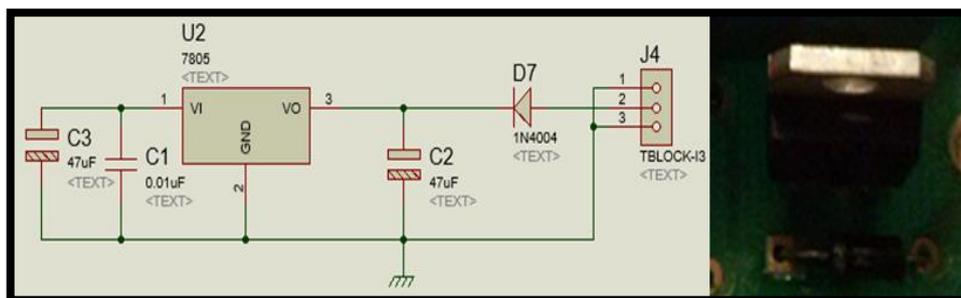


Figura 3.26 Bloque de conexión del regulador 7805.

h) Conexión de leds rojos

Se establece la conexión de estos leds para que se enciendan cuando el relé está en funcionamiento y se apaguen cuando los mismos dejen de hacerlo. Como se muestra en la figura 3.27.

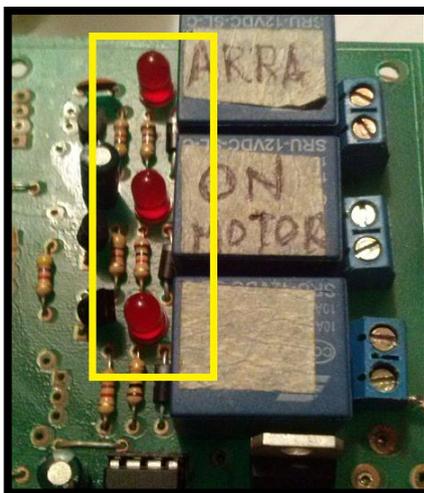


Figura 3.27 Bloque de conexión de leds rojos.

3.6.4. Parámetros de funcionamiento

El correcto funcionamiento del sistema de control electrónico depende de los siguientes parámetros: batería cargada, el tiempo de calibrado de los potenciómetros sea el correcto tanto de encendido, como de apagado de la electroválvula, que los cables se encuentren correctamente unidos a cada uno de los componentes tanto al positivo, como al negativo de la batería.

Los cables que salen de cada uno de los componentes como por ejemplo del motor de arranque deben estar correctamente sujetos en las borneras, de no estarlos pueden generar algún tipo de interferencia o no puede recibir la señal el componente.

El led rojo que se encuentra en el tablero indica que cuando esta encendido la electroválvula esta activada y cuando se apaga que la misma se encuentra desactivada. Como se muestra en la figura 3.28.

La electroválvula posee un sistema mecánico de activación que puede ser usado en caso de que la batería no tenga la suficiente carga.

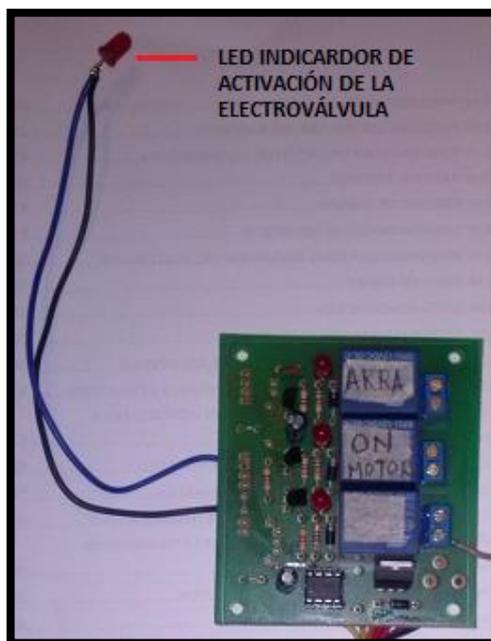


Figura 3.28 Led de activación de la electroválvula.

3.6.5. Programación del sistema de control

La programación de las funciones que va a realizar el sistema control inicia estableciendo variables para que realice los diversos procesos de apertura y cierre de la electroválvula, como el encendido y apagado del motor arranque de la motocicleta. Estas variables se activan cuando se cumplen los tiempos establecidos en la programación del sistema.

Se encuentra establecido un tiempo de 5 segundos para que inicie el funcionamiento del controlador, este tiempo se da únicamente cuando se enciende el sistema.

La entrada de datos al controlador se tiene cuando se da valores a los potenciómetros, tanto el tiempo que va a permanecer encendida la electroválvula como el tiempo que permanecerá cerrada la misma.

La edición del programa del sistema de control se la realizó en MICROCODE STUDIO, como se muestra en la figura 3.29. Las líneas de programación del sistema se las puede ver en el Anexo 5.

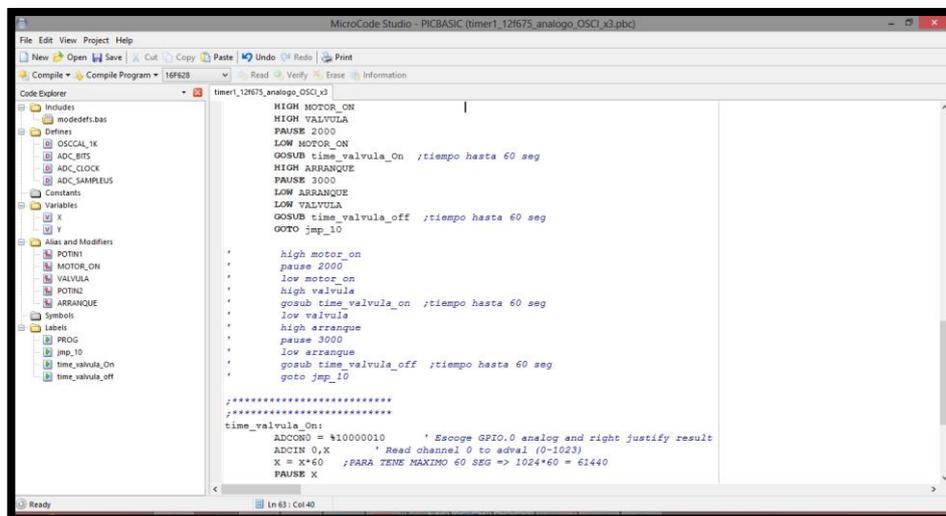


Figura 3.29 Edición MICROCODE STUDIO.

3.6.6. Constantes utilizadas en el sistema de control

El controlador basa su programación con las constantes que se muestra en la tabla 3.8.

Tabla 3.8

Constantes del programa del controlador electrónico.

INPUT/OUTPUT	Entrada y salida
HIGH/LOW	Niveles alto y bajo de las señales tanto de entrada como de salida

3.6.7. Compilador del sistema de control

Como compilador se usó el programa PICBASIC PRO, como se muestra en la figura 3.30.

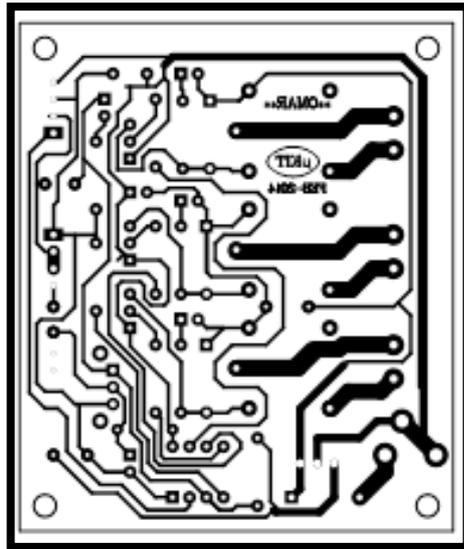


Figura 3.32 Diseño de la placa del sistema de control.

3.7. Diseño y selección de los elementos mecánicos del prototipo

El modelado del diseño mecánico de las partes y elementos que conforman el prototipo de motocicleta con motor de aire comprimido se lo realizó en el software SOLIDWORKS 2014, con el cual se presenta gráficas de modelos matemáticos utilizados en cálculo de esfuerzos, desplazamientos y cargas aplicadas en la estructura y componentes que conforman el prototipo.

3.7.1. Parámetros de diseño del prototipo

Definidos los parámetros necesarios para determinar el par y la potencia efectiva en la motocicleta, se utilizó puntualmente los datos del fabricante ya que el motor de combustión interna de cuatro tiempos no será sujeto a modificación alguna, sino que mantendrá los valores de torque y potencia. Los valores serán definidos a continuación en la tabla 3.9.

Tabla 3.9

Datos técnicos motocicleta.

JIANSHE- JS125 T -8			
Desplazamiento	125 ml	Distancia entre ejes	1255 mm
Diámetro por carrera	51.5X60.0mm	Distancia al suelo	110 mm
Relación de compresión	9.5:1	Peso en seco	111 Kg
Fuerza	61,44 Nm (7500 RPM)	Max. Carga	150 Kg
Torque	8.3 Nm (6000 RPM)	Capacidad de combustible	5.4 Lt

3.7.2. Selección del tipo de correa

Con el dato del torque de la motocicleta de la tabla 3.9 y utilizando las ecuaciones 2.9 y 2.10, se determinó el tipo de correa que se utilizó para unir el acople del motor de combustión con la polea del cabezote del compresor, para de esta forma generar aire comprimido en el depósito de baja presión.

$$P = \frac{n * T}{973.8}$$

$$P = \frac{600 * 0.83}{973.8}$$

$$P = 5,11 \text{ kw}$$

$$P = 6,85 \text{ HP}$$

Según la Tabla 2.6 se tiene un factor de servicio $K=1.2$. De se tiene que:

$$P_c = P * K$$

$$P_c = 6.85 * 1.2$$

$$P_c = 8.22 \text{ HP}$$

Con el valor obtenido de 8.22 HP a 6000 rpm, se verifico en la Figura 2.36 y se obtuvo que la correa necesaria para implementar en el sistema es una correa trapezoidal de sección A, la correa Dayco 17660 cumple con estas características.

La figura 3.33 muestra la figura de la correa que se seleccionó, ya que cumple con los parámetros necesarios para la implementación en nuestro sistema.



Figura 3.33 Correa Dayco.

En la tabla 3.10 se muestra las características de la misma:

Tabla 3.10

Especificaciones correa Dayco 17660.

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACIONES
Longitud efectiva	1676,4 mm
Ángulo	36°
Ancho cara superior (in)	13,46 mm
Parte métrica	13A1675
Circunferencia exterior	1683,26 mm

Fuente: Dayco. (2014)

Según los datos de torque y potencia de la tabla 3.9 que proporciona el motor de cuatro tiempos, se procedió a realizar el cálculo de los diferentes elementos mecánicos en la motocicleta.

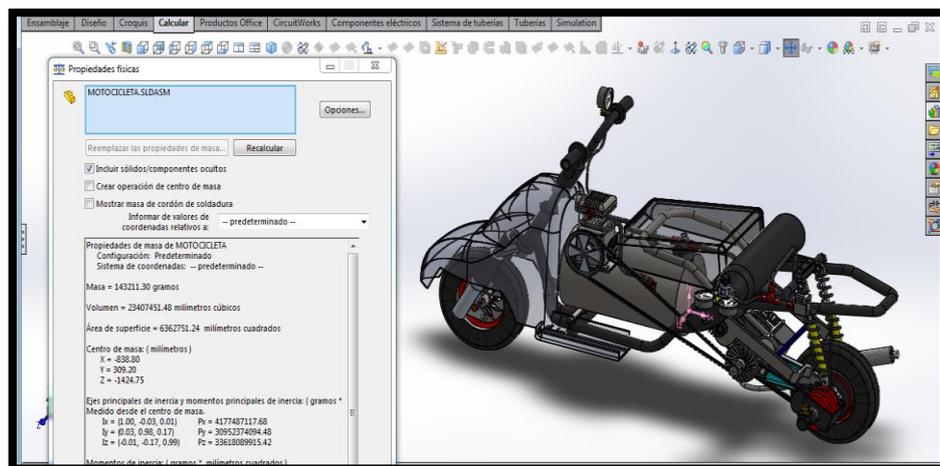


Figura 3.34 Peso de la motocicleta, centro de gravedad.

3.7.3. Determinación del centro de masa

El centro de masa es fundamental en la dinámica de la motocicleta, ya que de su ubicación estarán orientados los cálculos y diseño por este motivo este parámetro debe ser lo más bajo posible.

En SolidWorks 2014 se ensambla la motocicleta, siguiendo paso a paso los parámetros y estableciendo un diseño inicial, se puede localizar la ubicación del centro de masa del vehículo de dos ruedas, el cual va a servir en los siguientes análisis. Como se muestra en la figura 3.35.

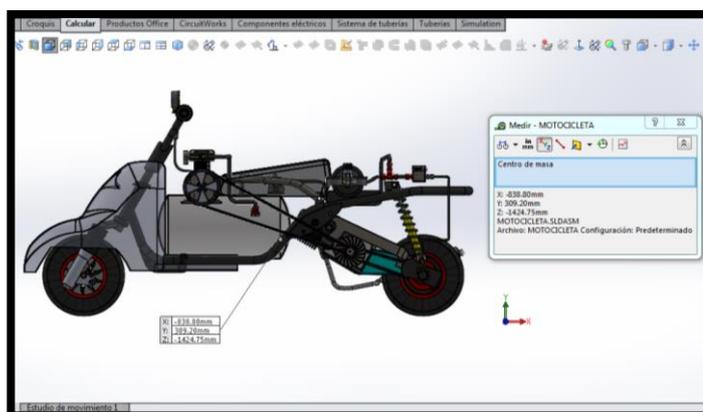


Figura 3.35 Determinación del centro de masa de la motocicleta.

3.7.4. Distancias de los ejes delantero y posterior

a) Respecto al centro de masa

La figura 3.36 muestra la distancia de eje a eje en la motocicleta y la distancia existente desde el centro de masa hacia cada uno de los ejes.

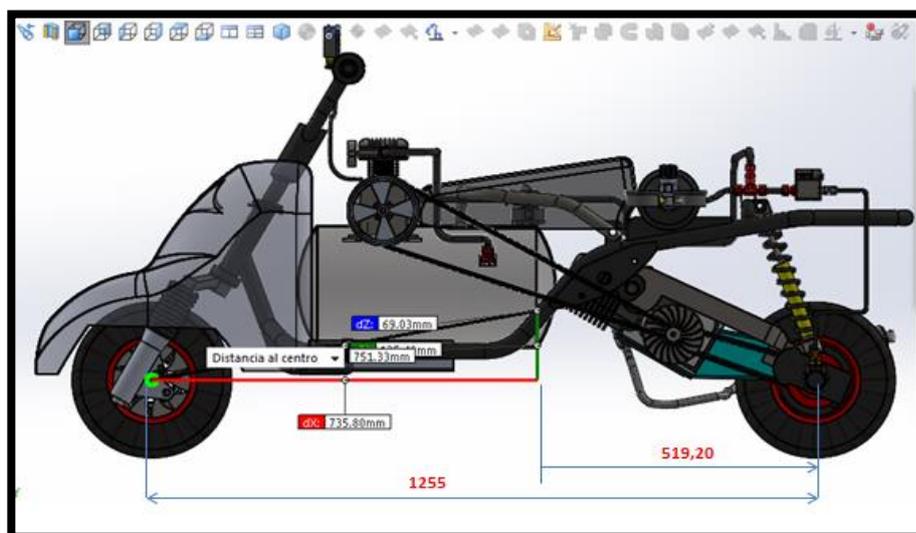


Figura 3.36 Distancia entre ejes.

Tabla 3.11

Distancia de los ejes con respecto al centro de masas.

DISTANCIA AL CENTRO DE MASAS	
Distancias de CG al eje Delantero	735.8 mm
Distancias de CG al eje Posterior	519.2 mm
Distancia mínima entre ejes (Batalla)	1255

3.7.5. Distribución de cargas en el vehículo

a) Determinación de carga muerta

El software SolidWorks 2014, genera automáticamente el peso de la estructura, con este dato se determina un factor de carga muerta, tomando

en cuenta los datos que proporciona el fabricante de la motocicleta, tabla 3.12.

Tabla 3.12

Elementos carga muerta.

CARGA MUERTA	MASA (kg)
Chasis tubular	110 Kg
Transmisión	
Carrocería	
Llanta y frenos	
Suspensión	
Dirección	
Sistema eléctrico	
Pedales y sistemas de cambios	
Sistema neumático	
Total:	143.211 Kg

- **Fuerza generada por carga muerta**

Para determinar este parámetro se utilizó la ecuación 2.12, con la cual se tiene que:

$$F_{cm} = m_{cm} * a$$

$$F_{cm} = 143.211 * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{cm} = 1403.46 \text{ N}$$

- **Fuerza bajo un factor crítico**

Se asume que al valor de la carga muerta se le asigna un factor crítico del 30 % como excedente, es decir que se puede aumentar un valor correspondiente a este porcentaje.

$$F_{cm(30\%)} = F_m + 0.3(F_m)$$

$$F_{cm(30\%)} = 1403.46 \text{ N} + 0.3(1403.46 \text{ N})$$

$$F_{cm(30\%)} = 1824.50 \text{ N}$$

- **Determinación de carga viva**

Para determinar la carga viva se utilizó los datos de la tabla 3.13.

Tabla 3.13

Elementos que conforman la carga viva.

CARGA VIVA	MASA (kg)
Persona promedio del 95% percentil (75 Kg X 1)	75
Motor mono cilíndrico 2 tiempos	30
Total	105 kg

- **Fuerza generada por cargas vivas**

Para determinar este parámetro se utilizó la ecuación 2.13, con la cual se tiene que:

$$F_{cv} = m * a$$

$$F_{cv} = 75\text{kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{cv} = 735 \text{ N}$$

- **Fuerza bajo un factor crítico**

Una vez determinada la fuerza se aplicó un factor crítico del 30%, con lo cual se tiene que:

$$F_{cv(30\%)} = F_{cv} + 0.3(F_{cv})$$

$$F_{cv(30\%)} = 735 \text{ N} + 0.3(735 \text{ N})$$

$$F_{cv(30\%)} = 955.5 \text{ N}$$

b) Determinación de la carga total

Se realizó la sumatoria de los datos que se obtuvo en la Tabla 3.9 y tabla 3.10 para determinar este parámetro.

$$\begin{aligned} \sum \text{Carga muerta} + \text{Carga viva} &= \text{Carga total} \\ \sum(143.211 + 75)\text{kg} &= 218.2 \text{ kg} \\ m_t &= 218.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Determinación de la fuerza total**

Para determinar este parámetro se utilizó la ecuación 2.14, con la cual se tiene que:

$$\begin{aligned} F_t &= F_{cv(30\%)} + F_{cm(30\%)} \\ F_t &= (1824.50) + (955.5) \\ F_t &= 2780 \text{ N} \end{aligned}$$

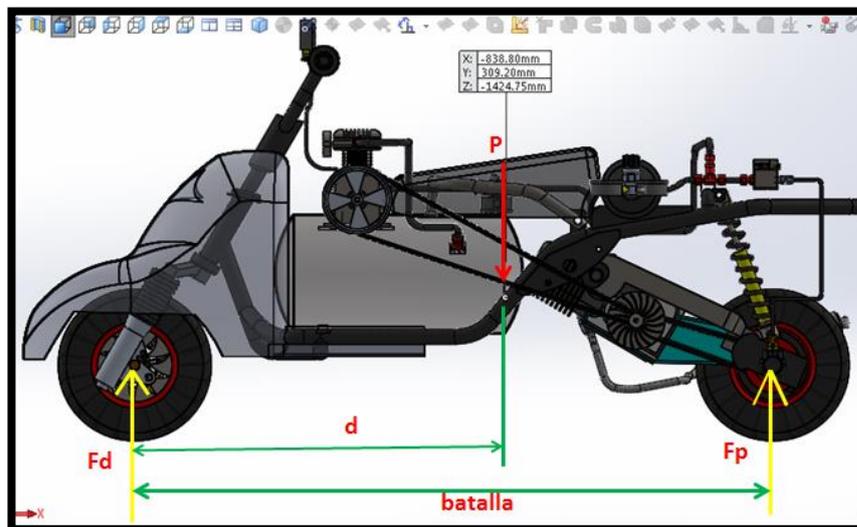


Figura 3.37 Distribución de fuerzas respecto al centro de gravedad.

Tabla 3.14**Centro de gravedad.**

EJES	Mm
EJE- X	838.8
EJE- Y	309.2
EJE- Z	1424.75

- **Cálculo del torque necesario**

Para calcular el torque necesario, dependemos del radio de las ruedas y de la fuerza de empuje: (Bencerrill Sandoval, 2014)

$$T_n = R * F$$

Dónde:

T_n=Torque necesario

R= Radio de la llanta

F= Fuerza de empuje

Se utiliza llantas de 16 in de diámetro, es decir, R=0,203m

$$T_n = (0,203m) * (2780N)$$

$$T_n = 560 \text{ Nm}$$

3.7.6. Distancia entre ejes (BATALLA)

La distancia entre ejes se determinó utilizando la ecuación 2.15 con la cual se obtiene que:

$$b = (b - d) + d$$

$$b = ((1255 - 735.8) + 735.8)mm$$

$$b = 1255 \text{ mm}$$

Determinación de fuerza sobre el eje delantero bajo un factor crítico de carga del 30%.

$$F_d = F_t * \frac{d}{b}$$

$$F_d = 2780 \text{ N} * \frac{735.8 \text{ mm}}{1255 \text{ mm}}$$

$$F_d = 1629.9 \text{ N}$$

Determinación de fuerza sobre el eje posterior bajo un factor crítico de carga del 30%.

$$F_p = F_t * \frac{b-d}{b}$$

$$F_p = 2780 \text{ N} * \frac{1255-735.8 \text{ mm}}{1255 \text{ mm}}$$

$$F_p = 1150.11 \text{ N}$$

Tabla 3.15

Fuerzas bajo una carga crítica y su distribución con respecto al centro de masas.

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS RESPECTO AL CENTRO DE MASAS		
	Fuerza (N)	Porcentaje (%)
Eje delantero	1629.9 (N)	70.56
Eje posterior	1150.11(N)	29.43

3.7.7. Determinación de masas con respecto al centro de gravedad

En este literal se determinó y analizó como se encuentran distribuidas las masas en la motocicleta teniendo como referencia la distancia al centro de masa y la masa total del prototipo.

a) Masa Total en el Eje delantero

$$m_{st}^d = \frac{m_t * d}{b}$$

$$m_{st}^d = \frac{218.2 \text{ kg} * 735.8 \text{ mm}}{1255 \text{ mm}}$$

$$m_{st}^d = 127.92 \text{ kg}$$

El resultado muestra la masa total que soporta el eje delantero con respecto al centro de masas.

b) Masa Total en el Eje Posterior

$$m_{st}^p = \frac{m_t * (b - d)}{b}$$

$$m_{st}^p = \frac{218.2 \text{ kg} * (1255 - 735.8) \text{ mm}}{1255 \text{ mm}}$$

$$m_{st}^p = 90.27 \text{ kg}$$

El resultado muestra la masa total que soporta el eje posterior con respecto al centro de masas.

Tabla 3.16

Masas soportadas por los ejes, con respecto al centro de masas.

MASAS SOPORTADAS POR LOS EJES RESPECTO AL CENTRO DE MASAS		
	Masa (Kg)	Porcentaje (%)
Eje delantero	127.92 (Kg)	70.56
Eje posterior	90.27 (Kg)	29.43

3.7.8. Masas suspendidas

En este apartado se analizará la masa que se encuentran soportadas por los elementos elásticos de la suspensión.

Tabla 3.17

Elementos que no serán considerados como masa suspendida.

ELEMENTOS	MASA(Kg)
Transmisión	20
Llanta y frenos	25
Suspensión	10
Total (m_{sn})	55 Kg

Para determinar la masa total suspendida de la motocicleta se utilizó la ecuación 2.16, con la que se tiene que:

$$m_{ts} = m_t - m_{sn}$$

$$m_{ts} = 218.2 \text{ kg} - 55 \text{ kg}$$

$$m_{ts} = 163.2 \text{ kg}$$

El resultado muestra la masa total suspendida en la motocicleta.

a) Masa suspendida en el eje delantero

$$m_{sd} = \frac{m_{ts} * d}{b}$$

$$m_{sd} = \frac{163.2 \text{ kg} * 735.8 \text{ mm}}{1255 \text{ mm}}$$

$$m_{sd} = 95.68 \text{ kg}$$

El resultado muestra la masa suspendida que soporta el eje delantero con respecto al centro de masas.

b) Masa suspendida en el eje posterior

$$m_{sp} = \frac{m_{ts} * (b - d)}{b}$$

$$m_{sp} = \frac{163.2 \text{ kg} * 519.2 \text{ mm}}{1255 \text{ mm}}$$

$$m_{sp} = 67.51 \text{ kg}$$

El resultado muestra la masa suspendida que soporta el eje posterior con respecto al centro de masas.

3.7.9. Transferencia de carga en aceleración brusca

a) Velocidad Alcanzada

Este parámetro se obtendrá utilizando la ecuación 2.17, en donde se tiene que los siguientes datos reales, la motocicleta recorre 60 metros en un tiempo de 6 segundos es decir se desliza con una velocidad lineal de:

$$v = \frac{d_r}{t_p} = \frac{60 \text{ m}}{6 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

b) Aceleración Máxima

Se obtendrá de la ecuación 2.18 señalada en el capítulo anterior, de donde se tiene que:

$$a = \frac{v^2}{2d_r} = \frac{\left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 60\text{m}} = 0.83 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

3.7.10. Transferencia de carga

Se obtiene reemplazando los valores en la ecuación 2.19. De donde se tiene que:

$$w_a = \frac{0.83 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 218.2 \text{ kg} * 0.309 \text{ m}}{1,255 \text{ m}}$$

$$w_a = 44.59 \text{ N}$$

a) Tráferencia de carga bajo un factor crítico

Al resultado obtenido de remplazar los valores en la Ecuación 2.19 se le aplicó un factor crítico del 30% con lo cual se tiene que:

$$w_{a(30\%)} = w_a + 0.3(w_a)$$

$$w_{a(30\%)} = 44.59\text{N} + 0.3(44.59\text{ N})$$

$$w_{a(30\%)} = 57.96\text{ N}$$

Con los porcentajes obtenidos en la distribución de cargas en los ejes de (70%-30%) en el eje delantero y posterior respectivamente, se obtiene que:

b) Carga en el eje delantero en aceleración brusca

Con la ecuación 2.20 se determinó la carga generada en el eje delantero durante la aceleración.

$$m_{ac}^d = (m_{st}^d * \gamma_P) + \left(\frac{w_{a(30\%)}}{g}\right) * \gamma_V$$

$$m_{ac}^d = (127.92\text{ kg} * 1.33) + \left(\frac{57.96\text{ N}}{9.8\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} * 1.50\right)$$

$$m_{ac}^d = 179.20\text{ kg}$$

El resultado muestra la carga generada durante la aceleración brusca en el eje delantero con respecto al centro de masas y tomando en cuenta la masa total delantera a estos valores se los multiplicó por un factor de carga permanente y carga variable que asegura fiabilidad por concepto de falla mecánica en alguno de los elementos de la motocicleta híbrida.

c) Carga en el eje posterior en aceleración brusca

Se obtiene remplazando los valores en la ecuación 2.21. En donde se tiene que:

$$m_{ac}^p = (m_{st}^p * \gamma_P) + \left(\frac{w_{a(30\%)}}{g}\right) * \gamma_V$$

$$m_{ac}^p = (90.27 \text{ kg} * 1.33) + \left(\frac{57.96 \text{ N}}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} * 1.50\right)$$

$$m_{ac}^p = 128.93 \text{ kg}$$

El resultado muestra la carga generada durante la aceleración brusca en el eje posterior con respecto al centro de masas y tomando en cuenta la masa total delantera a estos valores se los multiplicó por un factor de carga permanente y carga variable que asegura fiabilidad por concepto de falla mecánica en alguno de los elementos de la motocicleta híbrida.

3.7.11. Transferencia de carga en frenada brusca

a) Transferencia de Carga Durante el Frenado

$$V_o = 16.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 60 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

$$V_f = 0$$

$$\text{Tiempo de frenada} = t = 4\text{s}$$

Se tomó como referencia un tiempo de frenada en situaciones críticas y reacción inmediata para vehículos de dos ruedas, una delantera y una posterior.

$$V_f = V_o + a \cdot t$$

$$a = \frac{V_f - V_o}{t}$$

$$a = \frac{-16.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4 \text{ s}}$$

$$a = -4.15 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

3.7.12. Transferencia de carga (frenado)

En Milliken (2003) se determina la transferencia de carga en frenado como:

$$w_f = \frac{a * m_t * h_{CG}}{b}$$

$$w_f = \frac{4.15 \frac{m}{s^2} * 218.2 \text{ kg} * 0.309 \text{ m}}{1.225 \text{ m}}$$

$$w_f = 228.415 \text{ N}$$

a) Traslación de carga bajo un factor crítico

$$w_{f(30\%)} = w_f + 0.3(w_f)$$

$$w_{f(30\%)} = 751.56 \text{ N} + 0.3(751.56 \text{ N})$$

$$w_{f(30\%)} = 296.93 \text{ N}$$

Con los porcentajes que se obtuvieron en la distribución de cargas en los ejes de (70%-30%) en el eje delantero y posterior respectivamente, se tiene que:

b) Carga en el eje delantero en frenada brusca

Se obtiene de reemplazar los valores en la ecuación 2.22, de donde tiene que:

$$m_f^d = (m_{st}^d * \gamma_P) + \left(\frac{w_{f(30\%)}}{g}\right) * \gamma_v$$

$$m_f^d = (127.92 \text{ kg} * 1.33) + \left(\frac{269.93 \text{ N}}{9.8 \frac{m}{s^2}} * 1.50\right)$$

$$m_f^d = (170.13 \text{ kg}) + (41.3 \text{ kg})$$

$$m_f^d = 211.45 \text{ kg}$$

El resultado muestra la carga generada durante la frenada brusca en el eje delantero con respecto al centro de masas y tomando en cuenta la masa total delantera a estos valores se los multiplicó por un factor de carga permanente y carga variable que asegura fiabilidad por concepto de falla mecánica en alguno de los elementos de la motocicleta híbrida.

c) Carga en el eje posterior en frenada brusca

Se obtiene de remplazar los valores en la ecuación 2.23, de donde se tiene que:

$$m_f^p = (m_{st}^p * \gamma_P) + \left(\frac{W_{f(30\%)}}{g} * \gamma_V\right)$$

$$m_f^p = (90.27 \text{ kg} * 1.33) + \left(\frac{269.93 \text{ N}}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} * 1.50\right)$$

$$m_f^p = (120.06 \text{ kg}) + (41.30 \text{ kg})$$

$$m_f^p = 161.37 \text{ kg}$$

El resultado muestra la carga generada durante la frenada brusca en el eje posterior con respecto al centro de masas y tomando en cuenta la masa total delantera a estos valores se los multiplicó por un factor de carga permanente y carga variable que asegura fiabilidad por concepto de falla mecánica en alguno de los elementos de la motocicleta híbrida.

3.7.13. Diseño del sistema de transmisión

Una vez que se determinó las cargas que se aplicarían sobre la motocicleta en las diferentes situaciones de conducción, es necesario diseñar el sistema de transmisión o tracción el cual está dividido en dos secciones, la parte mecánica, y la neumática, el primer segmento del diseño se enfoca en transmitir el movimiento desde el motor de cuatro tiempos de la motocicleta hacia la cabeza del compresor mediante una banda dentada, incluyendo un sistema reductor de la velocidad angular de la polea 2, o la polea de la cabeza del compresor.

El siguiente paso dentro de la misma parte mecánica es diseñar la transmisión del movimiento hacia el eje posterior, el cual es simultáneo en el mismo eje del motor de cuatro tiempos, donde se alojan dos canales para las dos bandas. Como se muestra en la figura 3.38.

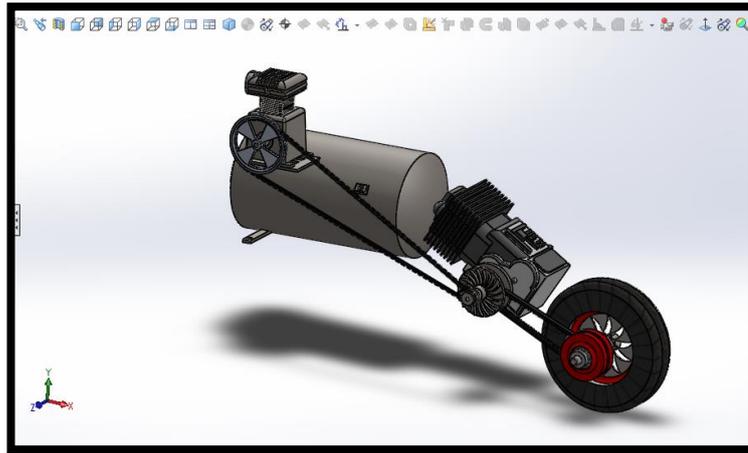


Figura 3.38 Sistema de tracción.

a) Diseño del eje mitad- alojamiento doble

Al tratarse del mismo eje del motor de combustión interna de cuatro tiempos de la motocicleta, se da como parámetro esta medida.

- Diámetro exterior del eje del motor: 8 mm
- Longitud de acoplamiento de 90 mm
- Adaptador de 55 mm.

Físicamente el espacio a considerar es el siguiente ya que tiene que formar una misma línea de acción con la rueda posterior.

El acople tiene que estar soportar tres cargas simultáneamente:

1. Tensión banda 1 cabeza de compresor.
2. Tensión banda 2 embrague posterior.
3. Par motor de cuatro tiempos.

b) Cálculo del acople del motor

Es necesario determinar las fuerzas que intervienen al momento de vencer la inercia de los elementos mecánicos y neumáticos que forman parte del sistema. Para este efecto se tomó los siguientes datos del motor mostrados en la tabla 3.18.

Tabla 3.18

Potencia y torque vehículo dos ruedas.

JIANSHE- JS125 T -8			
Max. Poder	6.1 Kw (7500 RPM)	Max. Carga	150 Kg
Máx. fuerza de torsión	8.3 N-m a (6000 RPM)	Capacidad de combustible	5.4 Lt

Como primer punto se estableció un D.C.L, para determinar las fuerzas que están inmersas en el mecanismo. Como se muestra en la figura 3.39.

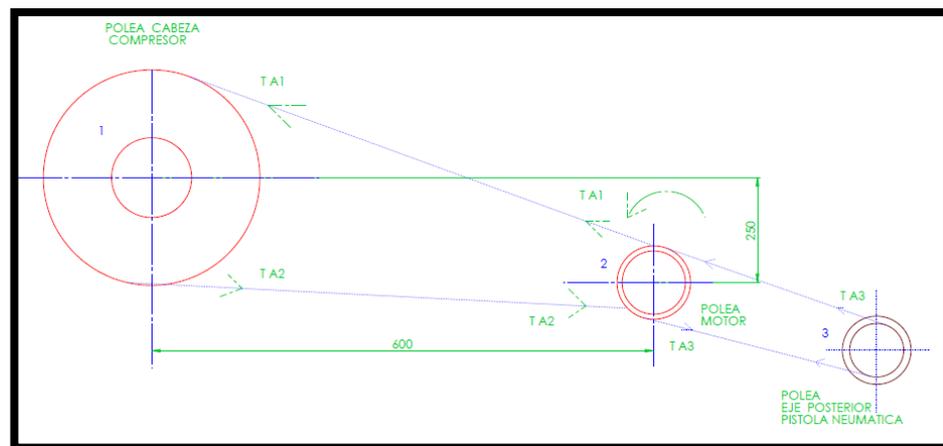


Figura 3.39 DCL. Sistema de tracción.

Dónde:

1. Polea cabeza de compresor. $D=22$
2. Polea motor $d=8$ mm
3. Polea eje posterior $D=18$ mm

Torque para mover el sistema mecánico y neumático de la motocicleta:

$$T_{pc} = W_t * \left(\frac{D_p}{2}\right)$$

$$8.3 \text{ (N * m)} = W_t * \left(\frac{0.03}{2}\right) \text{ m}$$

$$W_t = 533.3 \text{ N/g}$$

Peso en Kg a vencer con un torque de 8.3 N-m y con una velocidad angular de 6000 rpm.

$$W_t = 56.46 \text{ Kg}$$

- **Velocidad angular del motor**

$$\omega_M = (6000 * 2) * \frac{\pi}{60}$$

$$\omega_M = 628.31 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

- **Torque del motor**

$$T_m = \frac{P}{\omega_M} = \frac{6100 \text{ kgm}^2\text{s}}{628.31\text{s}^2} = 9.70 \text{ N.m}$$

Ya determinados los parámetros de torque, velocidad angular y potencia, como siguiente paso se determinó el sistema reductor de velocidad.

c) Sistema reductor de velocidad

Es necesario reducir la velocidad angular, en este punto, se necesita un menor ingreso de aire hacia el interior del cilindro del compresor.

D1= diámetro polea motor 30 mm

D2= diámetro polea eje cabeza de compresor 190 mm

$$\omega_{et} = \frac{(D1 * n)}{D2}$$

Velocidad angular en el sistema reductor es:

$$\omega_{et} = \frac{(30*6000)}{190} = 947.4 \text{ rpm.}$$

3.7.14. Cálculos para la selección de la banda - tipo de sincronización

a. Sistema Reductor De Velocidad

Datos preliminares

$\omega_M = 628.31 \text{ rad/seg.}$ Velocidad angular del motor.

$D1 = 30 \text{ mm} = 1.2 \text{ pul}$ Diámetro de la polea conductora.

$N1 = 6000 \text{ rpm}$ Polea conductora.

$D2 = 190 \text{ mm} = 7.5 \text{ pul}$ Diámetro de la polea conducida.

$N2 = 950 \text{ rpm}$ Polea conducida.

$T_{Motor} = 8.3 \text{ N.m}$ Torque del motor.

$c = 23.6 \text{ pulg} = 600 \text{ mm}$ Distancia entre centros

El criterio es bajo condiciones de impacto ligero.

$k_s = 1.25$

$\beta = 164^\circ$ Ángulo de contacto de la banda

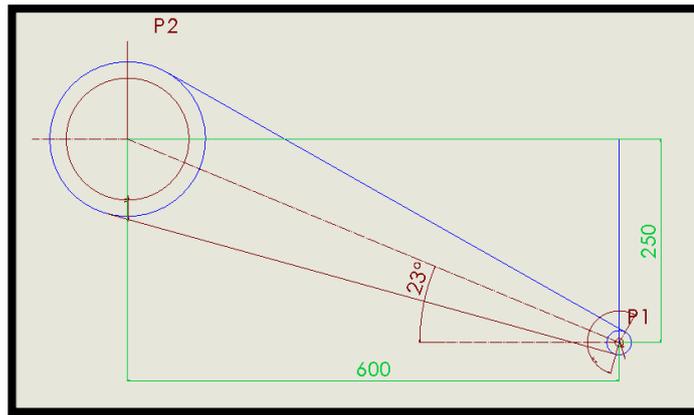


Figura 3.40 Diagrama cinemático sistema reductor de velocidad.

$$\omega_{et} = \frac{(D1 * n)}{D2}$$

Velocidad angular en el sistema reductor

$$\omega_{et} = \frac{(30 * 6000)}{190} = 947.4 \text{ rpm.}$$

Es necesario determinar la distancia entre centros de los dos engranajes, que corresponde a la hipotenusa del triángulo mostrado en la figura 3.40, con la siguiente fórmula.

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{x}{h} = \\ h &= \frac{x}{\cos \alpha} = \frac{600}{\cos 23^\circ} = \\ h &= 651.81 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cálculo de la longitud geométrica de la correa, para determinar este parámetro es necesario determinar el ángulo de contacto de la banda en el engranaje conductor.

$$\beta = \pi - 2 \arcsen \frac{(D2 - D1)}{2 * c}$$

$$\beta = \pi - 2 \arcsen \frac{(190 - 30)}{2 * 600}$$

$$\beta = 164^\circ$$

$$Lg = 2 * c * \sen \frac{\beta}{2} + \frac{\pi}{2} \left[D1 + D2 + \frac{(D2 - D1)(180 - \beta)}{180} \right] (mm)$$

$$L_{eff} = 1556.22 (mm) = 1550 mm$$

Velocidad tangencial de la banda en la polea menor (MOTOR).

$$V_{tec} = \pi * D1 * \frac{(n)}{12}$$

$$V_{tec} = 14,237 \frac{(m)}{s}$$

Bajo estos parámetros se seleccionó una banda de sincronización, con norma de referencia: ASAE S 211.4 - ISO 8419, que trabaja con temperatura de funcionamiento: de -30 a 80 grados centígrados y con una longitud geométrica de 600 mm, con la siguiente geometría. Ver anexo 2.

Tabla 3.19

Selección tipo de banda de sincronización.

SECCION	a.(mm)	s.(mm)	t.(mm)	e.(mm)+- 0.3
3V	9	8	10	10.2

Configuración que encaja con los parámetros solicitados por poleas conductora y conducida, así de esta manera. Obteniendo la relación mecánica necesaria.

3.7.15. Cálculos para la selección de la banda - tipo de sincronización parte posterior

Datos preliminares:

$$D1 = 30 \text{ mm} = 1.18 \text{ pulg}$$

$$D2 = 50 \text{ mm} = 2 \text{ pulg}$$

$$D1 = 30 \text{ mm} = 1.18 \text{ pulg} \text{ Diámetro de la polea conductora.}$$

$$N1 = 6000 \text{ rpm} \text{ Polea conductora.}$$

$$D2 = 50 \text{ mm} = 2 \text{ pulg} \text{ Diámetro del eje conducido.}$$

$$N2 = 3750 \text{ rpm} \text{ Polea conducida.}$$

$$T_{motor} = 8.3 \text{ N.m}$$

$$c = 280 \text{ mm} = 11 \text{ pulg} \text{ Distancia entre centros.}$$

El criterio es bajo condiciones de impacto ligero.

$$k_s = 1.25$$

$$\beta = 1^\circ \text{ Ángulo de contacto de la banda}$$

Velocidad angular en el eje 1.

$$V = \pi D1 * \frac{N}{12} = \pi * (0.030) * \frac{6000}{12} =$$

$$V = 4.93 \frac{m}{s}$$

$$c = 11 \text{ pulg} = 280 \text{ mm}$$

3.7.16. Distancia entre centros

Es necesario determinar la distancia entre centros de las poleas. Como se muestra en la figura 3.41.

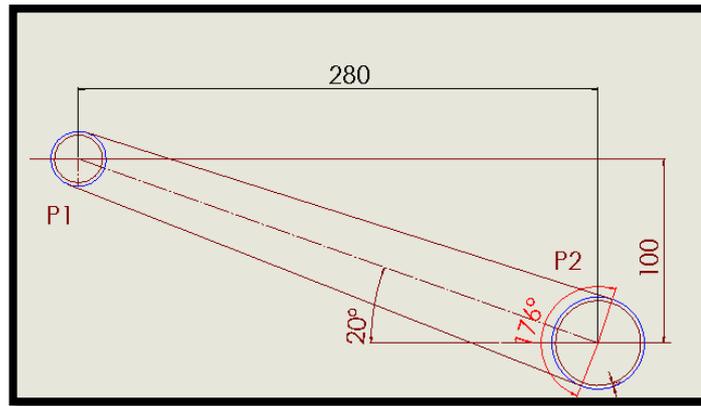


Figura 3.41 Diagrama cinemático sistema transmisión de fuerza.

$$C = 280 \text{ mm} = 11 \text{ inch}$$

Cálculo de la longitud geométrica de la correa, para determinar este parámetro es necesario determinar el ángulo de contacto de la banda en el engranaje conductor.

$$\beta = \pi - 2 \arcsen \frac{(D2 - D1)}{2 * c}$$

$$\beta = \pi - 2 \arcsen \frac{(50 - 30)}{2 * 280}$$

$$\beta = 175^\circ$$

$$Lg = 2 * c * \sen \frac{\beta}{2} + \frac{\pi}{2} \left[D1 + D2 + \frac{(D2 - D1)(180 - \beta)}{180} \right] (\text{mm})$$

$$L_{eff} = 685.99 (\text{mm}) = 690 \text{ mm}, 27 \text{ inch}$$

Velocidad tangencial de la banda en la polea

$$V_{tec} = \pi * D1 * \frac{(n)}{12}$$

$$V_{tec} = 0.23 \frac{(m)}{s}$$

Bajo estas condiciones de cargas y de geometría se utiliza una banda de poliamida A-2 de 88,9 mm de diámetro se emplea para transmitir 6,1 Kw bajo condiciones de impacto ligero donde $K_s:1.25$, con una longitud geométrica 685,8 mm. Ver anexo 3, Tabla 17.2 del libro de Diseño en Ingeniería Mecánica Sigley.

3.7.17. Diseño del bastidor

a) Peso elementos de motocicleta

Tabla 3.20

Masas totales aplicadas sobre el bastidor.

ELEMENTO	(kg)
Masa total en el eje delantero	127.92
Masa total en el eje posterior	90.27
Masa suspendida en el eje delantero	95.68
Masa suspendida en el eje posterior	67.51

Las cargas distribuidas en la estructura metálica son las que se muestran en la tabla 3.21.

Tabla 3.21

Fuerzas totales aplicadas sobre el bastidor.

NOMBRE CARGA	Valor (N)
Fuerza total en el eje delantero	1253.616
Fuerza total en el eje posterior	884.64
Fuerza suspendida en el eje delantero	937.66
Fuerza suspendida en el eje posterior	661.598

Para la construcción de la estructura tubular, se utilizó acero estructural ASTM -A 36, en las dimensiones de TR2. 25.4 mm, espesor 2.2 mm, el cual tiene un módulo de elasticidad de 250 Mpa, que para las necesidades que se presentaron en el diseño es óptimo.

Para comprobar que los elementos que conforman el bastidor soporten las cargas a las que están sujetas se realiza la simulación de la estructura en el programa Solid Works, SIMULATION, el mismo que bajo un análisis de tipo estático se muestran los esfuerzos que se producen por la interacción de los diferentes elementos tanto individuales, o como parte de un mecanismo.

3.7.18. Simulación del diseño

a) Análisis de esfuerzos en SOLIDWORKS

Al realizar el estudio se obtiene tres parámetros por defecto del programa, el análisis de esfuerzos, teoría de VON MISES, análisis de deformaciones en cada uno de los elementos, y el análisis del factor de seguridad, para cada miembro estructural.

Tabla 3.22

Sistema de unidades del análisis.

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	Mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

La figura 3.42 muestra las fijaciones de la estructura:

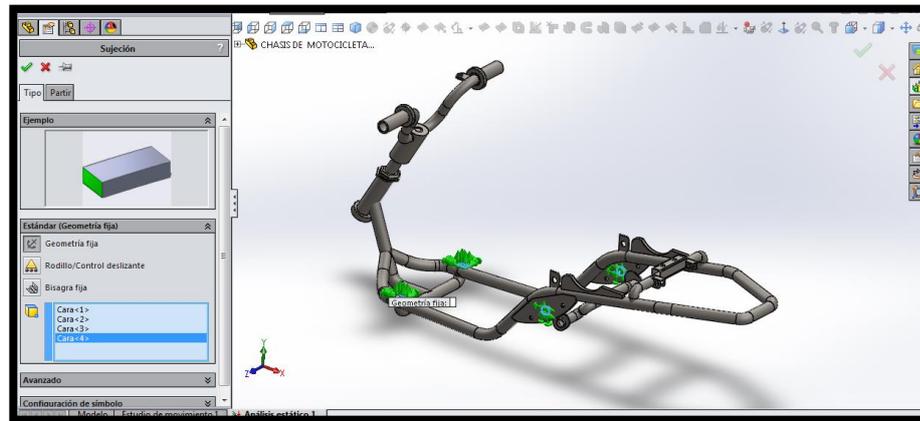


Figura 3.42 Fijaciones en el chasis tubular- motocicleta.

Fuente: SolidWorks. (2014)

Tabla 3.23

Propiedades del material empleado en la estructura metálica.

Nombre:	ASTM A36 Acero
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Desconocido
Límite elástico:	2.5e+008 N/m²
Límite de tracción:	4e+008 N/m²
Módulo elástico:	2e+011 N/m²
Coefficiente de Poisson:	0.26
Densidad:	7850 kg/m³
Módulo cortante:	7.93e+010 N/m²

Fuente: SolidWorks. (2014)

3.7.19. Resultados del estudio

El factor de seguridad calculado para el elemento con la condición más crítica:

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

S_y : resistencia de fluencia del material

$$S_y \text{ (ASTM – A36)} = 250\text{MPa}$$

$$N = \frac{250\text{MPa}}{5,51 \times 10^7} = 4,53$$

$$N = 4,53$$

De esta forma se comprueba que la estructura metálica soporta satisfactoriamente todos los esfuerzos, asegurando que el diseño es óptimo.

3.7.20. Asignación del material

Analizando sus propiedades mecánicas más importantes, se seleccionó el material para la manufactura, ya que en un principio se contaba con el chasis tubular del modelo, se realizó las adaptaciones soportes y accesorios para los elementos mecánicos, de los diferentes sistemas.

Para la adaptación de la carrocería se diseñó bases para la sujeción de la estructura tubular, respetando la ergonomía del mismo, se elaboró las adecuaciones para el piso así como para la implementación de los sistemas neumático, mecánico y electrónico.

Tabla 3.24

Propiedades mecánicas de los materiales utilizados en el sistema.

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIALES						
Componente del mecanismo	Designación del material	Grado, producto o geometría	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia	
			(ksi)	(MPa)	(Ksi)	(MPa)

CONTINÚA →

Bastidor, Tren de dirección, bases	ASTM A- 500	Tubo Redondo, grado B Tubo cuadrado	58	400	42	290
---	----------------	---	----	-----	----	-----

Fuente: Mott. (2006)

Utilizando Simulation de SOLIDWORKS se realiza el análisis del bastidor con las siguientes características y condiciones iniciales.

- Modelado de la estructura tubular en Solid Works.
- Se asigna propiedades mecánicas al material.
- Se define el tipo de unión entre los componentes, unión de tipo rígida.
- Se asigna las restricciones del elemento mecánico.
- Se asigna las cargas y fuerzas.
- Se establece el tipo de malla para el elemento.
- Análisis de resultados.

3.7.21. Análisis de los elementos del sistema de transmisión

a) Análisis del acople del motor

En el presente análisis se aplicó las diferentes cargas permanentes generadas en el sistema de transmisión, así como las cargas variables de mayor magnitud obtenidas en maniobras de aceleración, frenado y curva, las cuales produce reacciones en los diferentes elementos. La figura 3.43 muestra el acople a ser estudiado.

- **Base**

La mayor fuerza generada se produce al tener el mayor régimen del motor de cuatro tiempos de la motocicleta.

- Fuerza generada por transferencia de masas

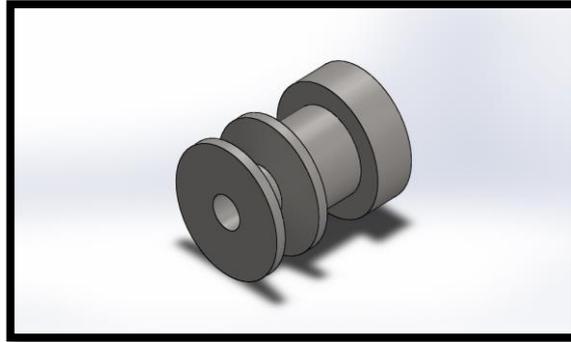


Figura 3.43 Acople eje motor Motocicleta.

Fuente: SolidWorks. (2014)

La tabla 3.25 muestra los valores que se aplicaran en el acople para realizar la simulación.

Tabla 3.25

Parámetros de simulación.

Object Name	TORSION DEL MOTOR	TORSION BANDA 1	TORSION BANDA 2
Magnitud	8.3 Nm	742.8Lbf-pul	760.8 Lbf-pul

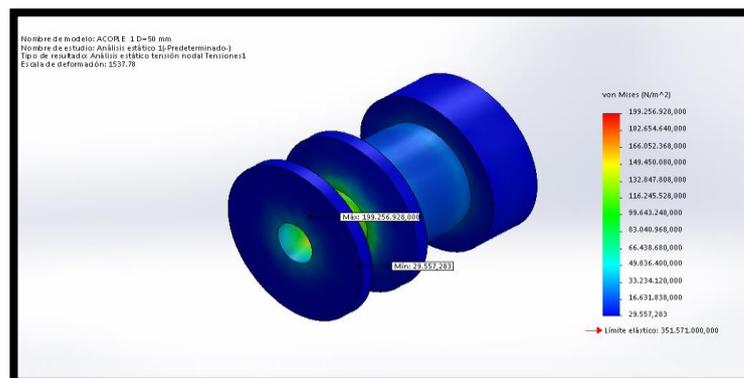


Figura 3.44 Análisis acople eje motor, Análisis estático-Tensiones.
Fuente: SolidWorks. (2014)

La figura 3.44 muestra el análisis estático de tensiones realizado en el acople. La tabla 3.26 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3.26

Parámetros de Análisis.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	29557.3 N/m ² Nodo: 3998	1.99257e+008 N/m ² Nodo: 54

El esfuerzo máximo se produce en la parte central del eje que se encuentra acoplado a la banda de sincronización, con un valor de 199 Mpa ubicado en el nodo 54, el cual se encuentra por debajo del límite de fluencia que ofrece el material empleado (351 MPa).

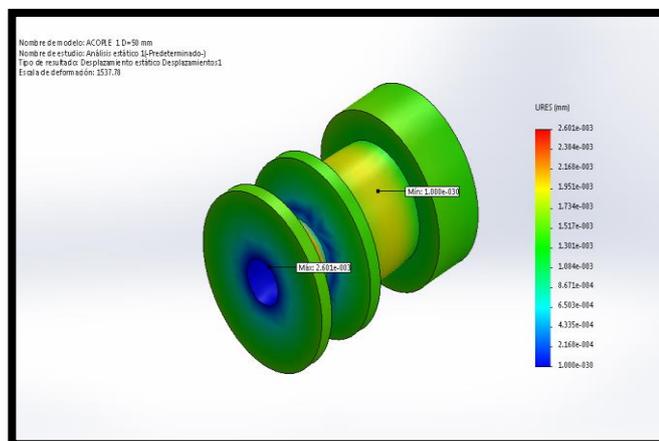


Figura 3.45 Análisis de desplazamientos acople motor.

Fuente: SolidWorks. (2014)

La figura 3.45 muestra el análisis de desplazamientos realizado en el acople. La tabla 3.27 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3.27

Deformación acople motor (Análisis estático).

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	1.30326e-007 Elemento: 2346	0.00058072 Elemento: 2266

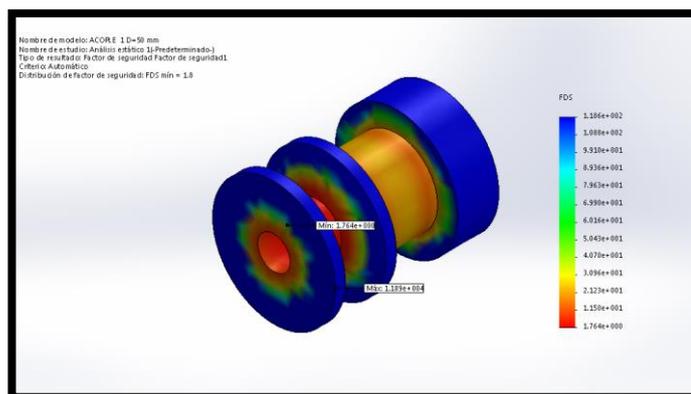


Figura 3.46 Análisis factor de seguridad.

Fuente: SolidWorks. (2014)

La parte frontal del acople del eje del motor, ofrece un factor de seguridad mínimo de 1.4 el cual es apropiado bajo cargas estáticas que plantea un escenario de simulación en condiciones extremas, aseverando que el acople, es muy confiable en todos sus puntos. Como se muestra en la figura 3.46.

3.7.22. Análisis polea conducida - cabeza del compresor

En el presente análisis se aplicó las diferentes cargas permanentes generadas en el sistema de transmisión, así como las cargas variables de mayor magnitud obtenidas en maniobras de aceleración, frenado y curva, las cuales produce reacciones en los diferentes elementos.

a. Polea cabeza del compresor

La mayor fuerza se produce entre el contacto de la banda, y la polea de la cabeza del compresor, la misma que transmite el torque del motor de combustión de cuatro tiempos de la motocicleta, por tratarse de un sistema reductor de velocidad, el torque aumenta y se genera una mayor tensión en la banda. Como se muestra en la figura 3.47.

- Fuerza generada por transferencia de masas

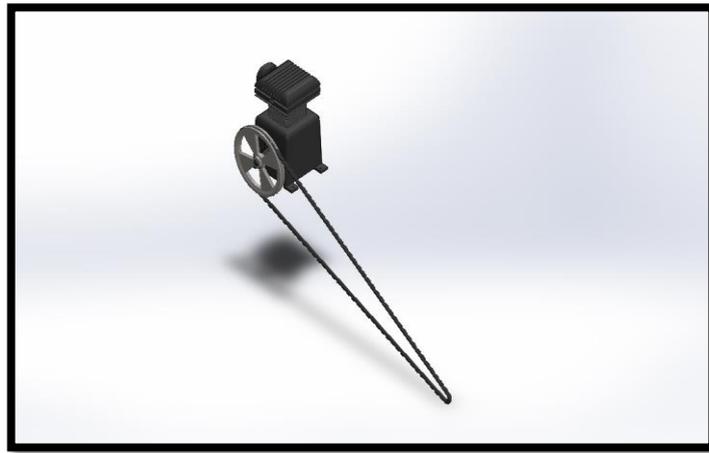


Figura 3.47 Polea cabeza del compresor.

Fuente: SolidWorks. (2014)

La tabla 3.28 muestra los valores que se aplicaran en la cabeza de compresor para realizar la simulación.

Tabla 3.28

Parámetros de simulación cabezote de compresor.

Object Name	TORSION DEL MOTOR	TORSION BANDA 1
Magnitud	9.72 Nm	742.8Lbf-pul

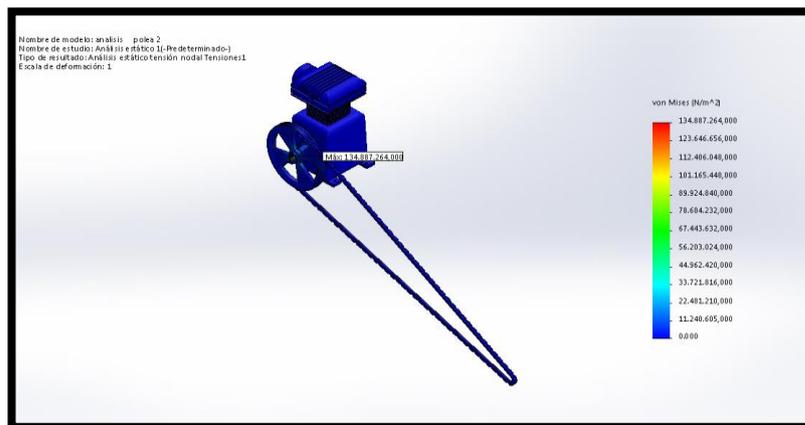


Figura 3.48 Análisis eje y polea cabeza de compresor, Análisis estático-Tensiones.
Fuente: SolidWorks. (2014)

La figura 3.48 muestra el análisis estático de tensiones realizado en la cabeza de compresor. La tabla 3.29 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3.29

Parámetros de Análisis cabezote de compresor.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0 N/m ² Nodo: 22653	1.34887e+008 N/m ² Nodo: 39

El esfuerzo máximo se produce en el eje d, con un valor de 134 Mpa ubicado en el nodo 39, el cuál se encuentra por debajo del límite de fluencia que ofrece el material empleado (661 MPa).

La figura 3.49 muestra el análisis de desplazamientos realizado en la polea.

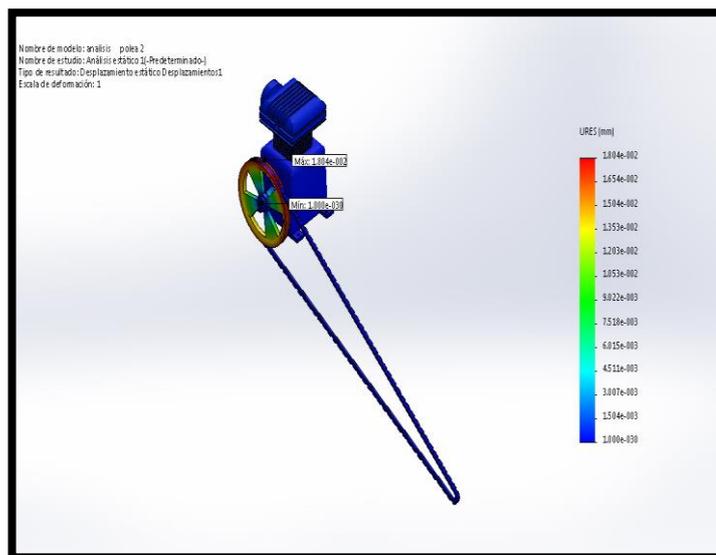


Figura 3.49 Análisis de desplazamientos polea. Eje cabeza motor.

La tabla 3.30 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3.30

Deformación polea-cabeza de compresor (Análisis estático)

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 Elemento: 13083	0.00126024 Elemento: 4213

La deformación que se genera en la parte superior de la polea, lugar donde se produce un mayor esfuerzo por la tensión de banda, en la transmisión del movimiento desde el motor de la motocicleta.

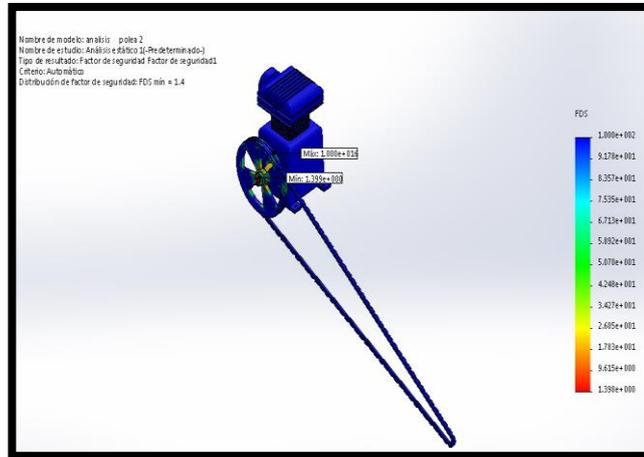


Figura 3.50 Análisis factor de seguridad.

Gracias a la parte gráfica del SOLIDWORKS es evidente que la parte con mayor concentración de esfuerzos es el eje del motor, y consecuentemente ofrece un factor de seguridad mínimo de 1.4 el cual se encuentra dentro de lo permisible. Como se muestra en la figura 3.50.

3.7.23. Análisis polea conducida-tracción posterior

Para este análisis se tiene la consideración, que el eje que se encuentra acoplado al motor de la motocicleta transmite el movimiento al eje de la rueda posterior, el mismo que en fusión con el sistema neumático del sistema mecánico elevan el torque, mejorando así la autonomía del sistema.

3.7.24. Transmisión parte posterior

Debido a la fusión de los sistemas mecánico y neumático, en el eje posterior de la motocicleta se genera un mayor torque, proporcionado por la pistola neumática, que tiene las siguiente características e trabajo.

- Torque operativo: 40-300 pies-lbs
- Torque Máx.: 500 pies-lbs
- Impactos por minuto: 1000
- Consumo de aire promedio: 5.1 SCFM
- Consumo de aire continuo: 28.6 SCFM
- Entrada de aire: 1/4" NPT

Fuerza generada por la pistola de impacto.

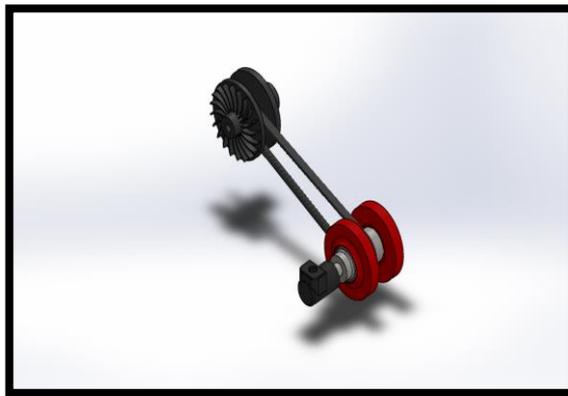


Figura 3.51 Transmisión posterior.

Fuente: SolidWorks. (2014)

En la tabla 3.31 se muestra los datos que se utilizó para realizar la simulación del actuador neumático en el SOLIDWORKS.

Tabla 3.31

Parámetros de simulación pistola de impacto.

Object Name	TORSION DEL MOTOR	TORSION BANDA 1	TORSION BANDA 2
Magnitud	657.4 Lbf-pul	520.65 Lbf-pul	2000 pul

La figura 3.52 muestra el análisis estático de tensiones realizado en sistema de tracción de la motocicleta híbrida.

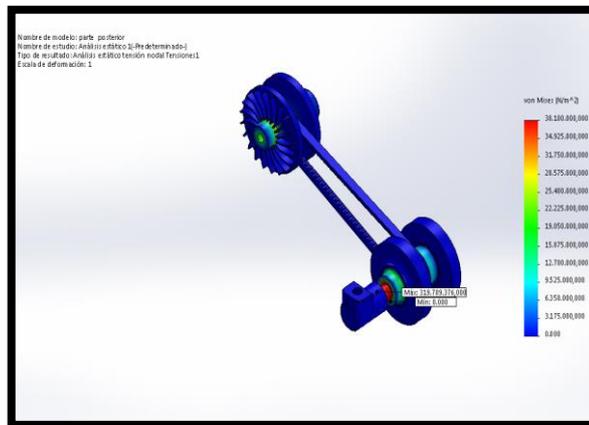


Figura 3.52 Análisis sistema tracción posterior, Análisis estático-Tensiones.

Fuente: SolidWorks. (2014)

La tabla 3.32 muestra los valores que se aplicaran en el sistema de tracción posterior de la motocicleta para realizar la simulación.

Tabla 3.32

Parámetros de Análisis pistola de impacto.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0 N/m ² Nodo: 1	3.19709e+008 N/m ² Nodo: 145616

Fuente: SolidWorks. (2014)

El esfuerzo máximo se produce en el eje, de la rueda posterior el cual se encuentra acoplado a la pistola neumática, con un valor de 319 Mpa ubicado en el nodo 145616, el mismo, por debajo del límite de fluencia que ofrece el material, AISI-1020 con un valor de (351 Mpa).

La figura 3.53 muestra el análisis de desplazamientos realizado en el sistema de tracción posterior.

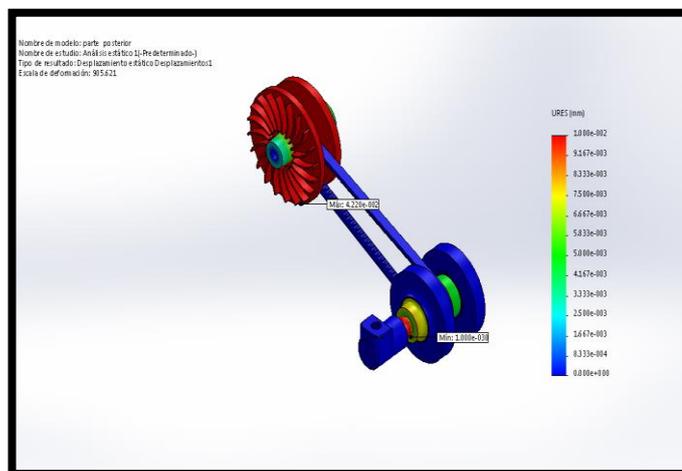


Figura 3.53 Análisis de desplazamientos sistema de transmisión posterior.

Fuente: SolidWorks. (2014)

La tabla 3.33 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3.33

Deformación transmisión posterior (Análisis estático)

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES:	0	0.00126024
	Desplazamiento resultante	Elemento: 13083	Elemento: 4213

Fuente: SolidWorks. (2014)

La deformación que se produce en el acople central es decir en la parte que comunica el eje del motor de la motocicleta con el eje de la rueda posterior, el análisis es consecuente, ya que en este elemento se alojan las dos bandas en V y absorbe el torque directo del motor.

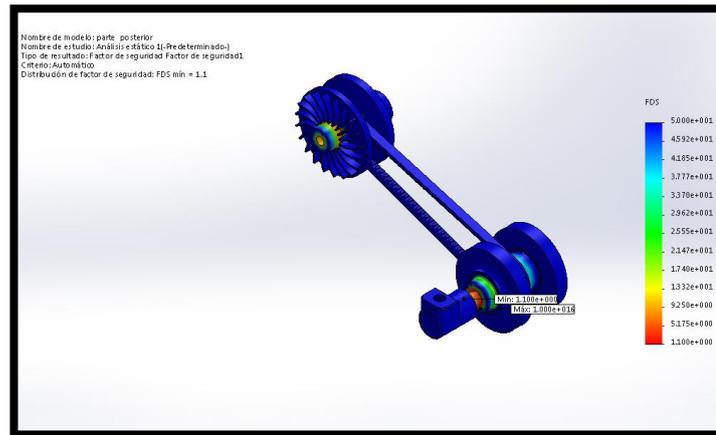


Figura 3.54 Análisis factor de seguridad.

Fuente: SolidWorks. (2014)

Gracias a la parte gráfica del SOLIDWORKS es evidente que la parte con mayor concentración de esfuerzos es el eje de la rueda posterior de la motocicleta, y consecuentemente ofrece un factor de seguridad mínimo de 1.1 el cual se encuentra dentro de lo permisible.

CAPÍTULO IV

4. Construcción e implementación del sistema híbrido, aire comprimido y combustión interna, para la implementación en una motocicleta tipo scooter.

La figura 4.1 muestra las condiciones iniciales del scooter, como datos de partida se conoce que es un Scooter de marca JIANSHE, país de origen China, cuenta con un motor de combustión interna de cuatro tiempos.



Figura 4.1 Condiciones iniciales scooter JIANSHE.

4.1 Parámetros del scooter

La motocicleta JIANSHE JS125T-8 año 2004 posee las características descritas en la tabla 4.1.

Tabla 4.1

Parámetros técnicos scooter JIANSHE JS125T-8.

Tipo de motor:	Solo-cilindro, refrigerado por aire, 4-carrera
Desplazamiento:	125 ML
Diámetro por carrera:	51.5x60.0 mm
Relación de compresión:	9.5:1
Fuerza	61.44 Nm (7500 r/min)
Torque	8.3Nm(6000r/min)

CONTINÚA →

Arranque:	Arranque eléctrico
Ignición:	CDI
Embrague:	Chaussure automático D'Embrague seche
Transmisión:	Automático
Tamaño (LxWxH):	1875x670x1100mm
Distancia entre ejes:	1255mm
Distancia al suelo	110mm
Peso en seco:	111kg
Carga Maxima:	150kg
Capacidad e combustible:	5,4L

4.2 Diseño e implementación de elementos en el chasis de la motocicleta

Como se demostró en el capítulo anterior los diseños y los materiales seleccionados funcionan correctamente por esto a continuación se implementara los elementos para desarrollar el sistema híbrido que generara propulsión en el Scooter.

El chasis de la motocicleta cumple con los parámetros que se necesita para la conversión de un Scooter de combustión interna a uno con un sistema híbrido de tracción. Se procedió a retirar los elementos del chasis para de esta forma adaptar los elementos neumáticos, mecánicos y electrónicos en el mismo, sin que la implementación de estos elementos afecte la carrocería y estética de origen de la motocicleta.

La figura 4.2 muestra la disposición que tiene cada uno de los elementos implementados en el scooter.

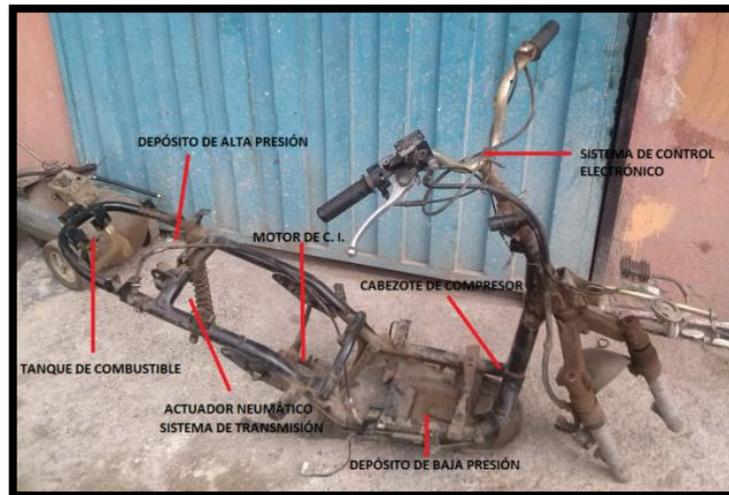


Figura 4.2 Disposición de los elementos en el scooter.

4.3 Implementación de los elementos neumáticos del sistema híbrido

Para adaptar los elementos neumáticos inicie colocando en el chasis el depósito de baja presión que se muestra en la figura 4.3 para de ahí ir colocando cada uno de los siguientes elementos.



Figura 4.3 Depósito de baja presión.

Este depósito fue adaptado al chasis por medio de pernos los mismos que se colocaron en 4 puntos diferentes del tanque para luego fijarlos a la carrocería, como se muestra en la figura 4.4.



Figura 4.4 Fijación del depósito de baja presión.

Tabla 4.2

Diagrama de procesos de la implementación del compresor en el chasis de la motocicleta

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA											
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL			<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO			FECHA:					
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:				COMPRESOR							
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:				IMPLEMENTACIÓN							
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS			
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
○	OPERACIONES	17	11					ESTUDIADO POR: VARGAS B.			
↘	TRANSPORTE	2	3								
□	INSPECCIONES	18	12								
D	RETRASOS	0	0								
▽	ALMACENAMIENTO	3	3								
DIST. RECORRIDA (Km)		3,01 Km									
PASO	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. (m)	CANTIDAD	TIEMPO (HORAS)	CÁLCULO DEL TIEMPO COSTO
1	Adquisición de compresor	Vehículo	●	➔	■	D	▽	1000	1	2	
2	Adquisición de polea de aluminio	Vehículo	●	➔	■	D	▽	2000	1	1	

CONTINÚA →

3	Inspección de la estructura	Visual	○	⇒	■	D	▽	5	1	1	
4	Medición del chasis de la motocicleta para la adaptación del depósito	Flexómetro	●	⇒	■	D	▽	1.5	1	1	
5	Corte del depósito de baja presión al chasis	Flexómetro, sierra y solda	●	⇒	■	D	▽	1	1	3	
6	Preparación de la superficie para la adaptación	Lija	●	⇒	■	D	▽	5	1	1	
7	Adaptación del tanque al chasis	Flexómetro y solda	●	⇒	■	D	▽	2	1	2	
8	Adaptación de la polea al cabezote de compresor	Sierra y torno	●	⇒	■	D	▽	1	1	2	
9	Adaptación del cabezote al chasis de la motocicleta	Suelda, taladro y machuelo	●	⇒	■	D	▽	1	1	2	
10	Adaptación de tacómetros de baja presión	Herramientas	●	⇒	■	D	▽	1	2	2	
11	Ensamble del sistema neumático	Herramientas	●	⇒	■	D	▽	2	1	1	

En el cabezote de compresor se adaptó de una polea de aluminio de 7 ½ x 1, ya que este cabezote es de un compresor con motor eléctrico se separó la parte eléctrica, como se ve en la figura 4.5.



Figura 4.5 Cabezote sin polea de aluminio.



Figura 4.6 Cabezote con polea de aluminio.

Para colocar el cabezote de compresor, se realizó una base la misma que esta soldada en la parte superior del depósito de baja presión.



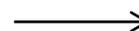
Figura 4.7 Base del cabezote.

Tabla 4.3

Diagrama de procesos de la implementación del depósito de alta presión en el chasis de la motocicleta.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA											
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL			<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO			FECHA:					
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:					DEPÓSITO DE ALTA PRESIÓN						
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:					IMPLEMENTACIÓN						
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS			
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
○	OPERACIONES	31	43					ESTUDIADO POR: VARGAS B.			
➔	TRANSPORTE	10	14								
□	INSPECCIONES	31	43								
D	RETRASOS	2	3								
▽	ALMACENAMIENTO	1	1								
DIST. RECORRIDA (Km)		20,02 Km									
PASO	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. (m)	CANTIDAD	TIEMPO (HORAS)	CÁLCULO DEL TIEMPO COSTO
1	Adquisición del depósito de alta presión	Vehículo	●	➔	■	D	▽	7000	1	2	
2	Adquisición de electroválvula	Vehículo	●	➔	■	D	▽	7000	1	1	
3	Adquisición de tubería	Vehículo	●	➔	■	D	▽	2000	2	3	
4	Adquisición de acoples y uniones	Vehículo	●	➔	■	D	▽	4000	10	4	
5	Medición del chasis de la motocicleta para la adaptación del tanque de alta presión	Flexómetro	●	➔	■	D	▽	1.5	1	1	
6	Definir forma de la adaptación	Visual	○	➔	■	D	▽	1	1	1	
7	Corte de planchas de acero	Cortadora de planchas	●	➔	■	D	▽	2	2	1	
8	Doblado de Planchas	Dobladora de planchas	●	➔	■	D	▽	2	2	1	
9	Ensamblaje de estructura	Herramientas y suelda	●	➔	■	D	▽	2	2	2	

CONTINÚA



10	Adaptación de acoples y uniones a los componentes neumáticos	Herramientas y teflón	●	⇒	■	D	▽	3	11	5	
11	Adaptación de tubería del sistema neumático	Herramientas y teflón	●	⇒	■	D	▽	4	6	5	
12	Adaptación de la electroválvula	Herramientas	●	⇒	■	D	▽	1	1	2	
13	Adaptación de tacómetros de alta y baja presión	Herramientas	●	⇒	■	D	▽	1	2	2	
14	Ensamble del sistema neumático	Herramientas	●	⇒	■	D	▽	2	1	1	

El depósito de alta presión está colocado en la parte posterior de la motocicleta, el mismo que se encuentra sujeto por dos abrazaderas diseñadas especialmente para sujetarlo y mantenerlo firme al chasis.



Figura 4.8 Adaptación del depósito de alta presión.

Para controlar el paso de aire comprimido al actuador neumático se instaló una electroválvula en la motocicleta, la misma que se activa de acuerdo a las configuraciones iniciales del sistema electrónico.



Figura 4.9 Adaptación de la electroválvula.

Para el flujo del aire desde los depósitos hasta la electroválvula y posterior paso al actuador neumático, se instaló tuberías de caucho.

Las principales características de la manguera son 300 PSI máxima de presión y de diámetro de 3/8" para la distribución del aire de baja presión, más parámetros de este tipo de manguera se muestran en la tabla 2.8.



Figura 4.10 Tubería Parker 3/8" de 3763 PSI de presión máxima.

Para la distribución del aire de alta presión se procedió a instalar una tubería de 3/8" y 3763 PSI de presión máxima.



Figura 4.11 Tubería de baja presión.

Finalmente se procedió a la implementación en la carcasa del scooter de los manómetros de alta y baja presión, como se muestra en la figura 4.12.



Figura 4.12 Implementación de tacómetros.

4.4 Implementación de los elementos mecánicos del sistema híbrido

Tabla 4.4

Diagrama de procesos de la implementación del sistema mecánico.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA										
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL			<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO			FECHA:				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:					SISTEMA MECÁNICO					
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:					IMPLEMENTACIÓN					
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS		
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM			
○	OPERACIONES	17	11							
➔	TRANSPORTE	2	1							
□	INSPECCIONES	15	9							
⊖	RETRASOS	4	1					ESTUDIADO POR: VARGAS B.		
▽	ALMACENAMIENTO	7	4							
DIST. RECORRIDA (Km)		3,01 Km								
PASO	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. (m)	CANTIDAD	TIEMPO (HORAS) CÁLCULO DEL TIEMPO COSTO

1	Adquisición del material	Vehículo	●	→	□	D	▽	3000	1	2	
2	Medición y corte de ejes	Flexómetro y sierra	●	⇒	■	D	▽	1	2	1	
3	Medición y corte de la base de la leva de accionamiento	Flexómetro y sierra	●	⇒	■	D	▽	1	1	1	
4	Maquinado de ejes para acoples	Torno	●	⇒	■	D	▽	2	2	3	
5	Perforado y roscado de los ejes	Taladro y machuelo	●	⇒	■	D	▽	1	2	2	
6	Maquinado de eje de acero para polea en V	Torno	●	⇒	■	●	▽	1	1	4	
7	Montaje de polea en V y eje para acople en el M.C.I.	Torno y solda	●	⇒	■	D	▽	1	1	2	
8	Montaje de la base de la leva de accionamiento y eje para el acople en a llave de impacto	Torno y solda	●	⇒	■	D	▽	1	1	2	

Para acoplar el actuador neumático al sistema de transmisión de la motocicleta se diseñó un acople mecánico, figura 4.14, que transmite directamente el movimiento generado por el actuador neumático al reductor de velocidad del Scooter generando de esta forma tracción en la rueda posterior y de esta forma dar movimiento a la motocicleta por acción del aire comprimido.

Este acople mecánico consta de dos partes: la primera fue cortada del embrague de la pistola neumática para conservar la base de la leva de accionamiento, figura 4.13.

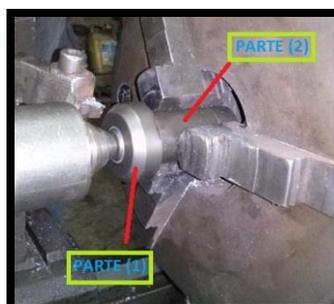


Figura 4.13 Conjunto-Acople actuador neumático.

Para la segunda parte del acople se utilizó un eje de acero ASTM-36 de 32mm de diámetro por 150mm de longitud, ya que su estructura tiene alta resistencia, a la que se procedió a maquinarlo en el torno, figura 4.14, bajo nuestros parámetros, para acoplarlo a la parte(1), figura 4.13.



Figura 4.14 Maquinado del eje.

Una vez que se terminó el maquinado de las dos partes se las soldó con electrodo E6013, teniendo como resultado el acople listo para su utilización, figura 4.16.



Figura 4.15 Suelda de las partes (1) y (2).



Figura 4.16 Acople para el actuador neumático.

Con el acople construido anteriormente se procedió a instalar el actuador neumático al sistema de transmisión del Scooter, tratando de no afectar en su diseño y estructura, como se muestra en la figura 4.17.



Figura 4.17 Implementación del actuador neumático.

Para generar el movimiento de la polea implementado en el cabezote anteriormente y con esto generar el aire comprimido necesario para nuestro sistema híbrido en el depósito de baja presión, se construyó un acople, este va acoplado a la salida del eje del motor de combustión, el mismo que se lo hizo en acero ASTM A-36 y tiene 32mm de diámetro por 200mm de longitud, como se muestra en la figura 4.18.



Figura 4.18 Implementación del acople de transmisión de movimiento al cabezote.

Se adaptó una banda trapezoidal tipo A, Dayco 17660, para generar movimiento desde el acople que se implementó en el motor del Scooter hasta la polea del cabezote, para de esta manera generar aire comprimido, como se muestra en la figura 4.19.



Figura 4.19 Implementación de la banda Dayco 17660.

4.5 Implementación del sistema de control electrónico en la motocicleta híbrida

Tabla 4.5

Diagrama de procesos de la implementación del sistema electrónico.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA								
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL		<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA:				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:			SISTEMA ELECTRÓNICO					
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:			IMPLEMENTACIÓN					
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	
○	OPERACIONES	28	16					ESTUDIADO POR: VARGAS B.
➔	TRANSPORTE	5	12					
□	INSPECCIONES	23	4					
D	RETRASOS	10	1					
▽	ALMACENAMIENTO	2	10					
DIST. RECORRIDA (Km)		16 Km						

CONTINÚA ➔

PASO	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. (m)	CANTIDAD	TIEMPO (HORAS)	CÁLCULO DEL TIEMPO COSTO
1	Adquisición del material	Vehículo	●	➔	□	D	▽	5000	1	2	
2	Adquisición de una batería	Vehículo	●	➔	□	D	▽	2000	1	1	
3	Diseño del circuito de control	Herramienta CAD	●	➔	■	D	▽	3000	1	10	
4	Adquisición de elementos electrónicos	Vehículo	●	➔	□	D	▽	6000	10	2	
5	Construcción del circuito de control	Herramientas, taladro, cautín y baquelita	●	➔	■	D	▽	1	1	5	
6	Adaptación del circuito electrónico en la motocicleta	Herramientas y cinta tape	●	➔	■	D	▽	1	1	2	
7	Adaptación de un tablero de control en el volante de la motocicleta	Herramientas y tape	●	➔	■	D	▽	1	1	6	

Para el encendido de la motocicleta, funcionamiento del controlador y demás accesorios de la motocicleta se ubicó la batería según el espacio con el que se cuenta en el chasis, como se muestra en la figura 4.20.



Figura 4.20 Implementación de la batería.

La batería que se utilizó en la motocicleta es una Tsunami de 12V y 7A, la misma que se muestra en la figura 4.21.



Figura 4.21 Batería Tsunami.

El controlador electrónico irá conectado en el tablero principal, como se muestra en la figura 4.22.



Figura 4.22 Implementación del controlador electrónico.

El tablero principal está diseñado específicamente para ubicar cada uno de los controladores eléctricos y electrónicos para el funcionamiento del sistema híbrido.



Figura 4.23 Tablero de componentes electrónicos.

4.6 Implementación estética de la motocicleta

La parte estética de la motocicleta como es la carcasa que cubrirá a todos los elementos mecánicos, electrónicos y neumáticos, se la realizo en fibra de vidrio, como se muestra en la figura 4.24.



Figura 4.24 Diseño en fibra de vidrio de la carcasa de la motocicleta.

4.7 Prototipo de la motocicleta con sistema híbrido

Una vez implementados todos los elementos neumáticos, mecánicos y electrónicos en el Scooter híbrido tenemos la siguiente disposición de componentes:

- Componentes neumáticos
- Componentes mecánicos
- Componentes electrónicos

Tabla 4.6

Diagrama de procesos de la implementación de los sistemas.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA											
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL			<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO			FECHA:					
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:				COMPONENTES DE LA MOTOCICLETA HÍBRIDA							
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:				ENSAMBLAJE DE TODOS LOS COMPONENTES EN LA MOTOCICLETA							
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS			
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
○	OPERACIONES	23	14					ESTUDIADO POR: VARGAS B.			
➔	TRANSPORTE	0	0								
□	INSPECCIONES	23	14								
D	RETRASOS	0	0								
▽	ALMACENAMIENTO	0	0								
DIST. RECORRIDA (Km)		16 Km									
PASO	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. (m)	CANTIDAD	TIEMPO (HORAS)	CÁLCULO DEL TIEMPO COSTO
1	Montaje del sistema neumático	Herramientas	●	➔	■	D	▽	2	1	3	
2	Montaje del sistema Mecánico	Herramientas	●	➔	■	D	▽	1	1	5	
3	Montaje del sistema de control electrónico	Herramienta	●	➔	■	D	▽	2	1	12	
4	Inspección general de la motocicleta con sistema de propulsión híbrida	Visual	●	➔	■	D	▽	1	10	1	
5	Pruebas de funcionamiento	Herramientas	●	➔	■	D	▽	10	1	2	

4.8 Prototipo terminado

Una vez implementados todos los elementos de cada uno de los tres sistemas que conforman la motocicleta híbrida, pintados y con los detalles de cada uno terminados, incluido su parte estética, se puede decir que tenemos el prototipo terminado, la misma que se muestra en la figura 4.25.



Figura 4.25 Prototipo de motocicleta con sistema híbrido de propulsión.

4.9 Pruebas de funcionamiento de la motocicleta con la implementación del sistema híbrido

Una vez finalizado los procesos de implementación de cada uno de los sistemas neumático, mecánico y electrónico, se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento, con el fin de determinar el correcto desempeño de cada uno de los elementos de la motocicleta híbrida.

Con la finalidad de conseguir resultados precisos en las pruebas, se inició con los tanques de almacenamiento de aire comprimido totalmente llenos, baja presión 689,48 kpa y alta presión 13789,52 kpa. Por ser un vehículo que debe ser utilizado dentro del perímetro urbano, las pruebas se las realizaron con los parámetros que se muestran en la tabla 4.7. Obteniendo de esta forma una conclusión final del desempeño de cada uno de los sistemas que conforman la motocicleta híbrida.

Tabla 4.7

Escenario de prueba.

ESCENARIO DE PRUEBA MOTOCICLETA HÍBRIDA	
Realizado por:	Bladimir Marcelo Vargas Caiza
Aprobado por:	Ing. Guido Torres. (Director) Ing. Leonídas Quiroz. (Codirector)
Localización:	Pichincha, Cantón Mejía, Avenida Fernández Salvador (Vía a Tesalia)
Utilidad:	Tránsito Urbano
Longitud (km):	1,7
Fecha:	2 de Julio de 2015
Hora:	10:00 am.
Humedad:	68%
Viento (km/h):	16

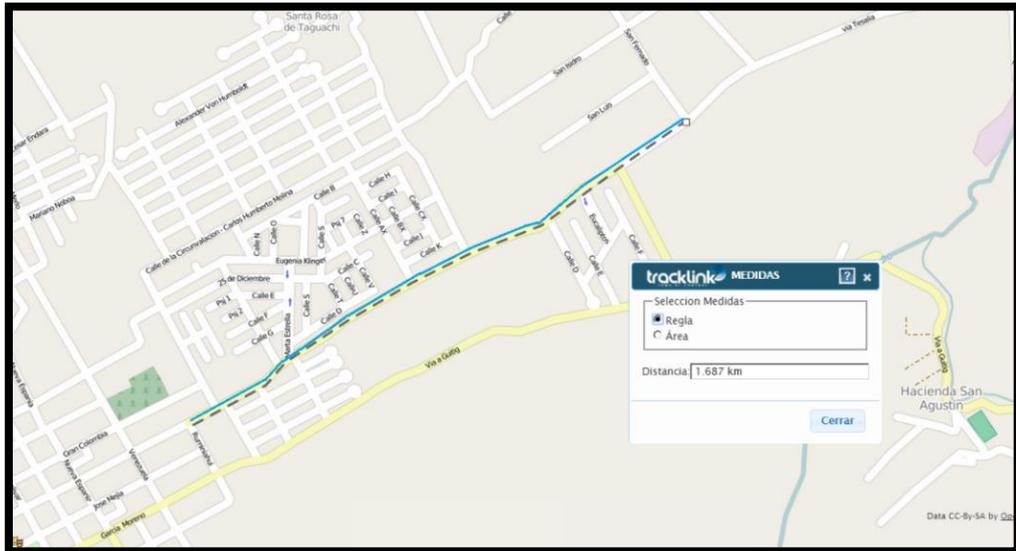


Figura 4.26 Escenario de prueba.

Fuente: (Tracklink Maps)



Figura 4.27 Temperatura del escenario de prueba.

Fuente: (Google Maps)

4.9.1 Velocidad máxima y distancia total recorrida con el sistema híbrido

La distancia total recorrida por la motocicleta con el sistema híbrido de propulsión, a una velocidad de 15 km/h y con el peso de una persona promedio de 70 kg, fue de 1700 m, durante 10 minutos en una superficie plana. Con una duración de 2 minutos para la carga de aire comprimido en el

depósito de baja presión (en este tiempo la motocicleta híbrida se mueve por acción del motor de combustión interna) y 1 minuto de movilidad de la motocicleta por la combinación de presiones de los dos depósitos implementados en el scooter, hasta llegar de esta manera a vaciar el depósito de alta presión el cual nos ayuda en un 70 % a la tracción a la rueda posterior por medio del ingreso de aire a presión en el actuador neumático.



Figura 4.28 Pruebas de funcionamiento con velocidad máxima de 15 km/h.



Figura 4.29 Pruebas con la motocicleta híbrida.

4.10 Análisis de resultados

En las pruebas realizadas a la motocicleta con sistema híbrido se obtuvo los siguientes resultados, que se muestran en la tabla 4.8.

Tabla 4.8

Resultados obtenidos.

PRESIÓN (PSI)	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)
2000	10.0	1700
1800	9.0	1530
1600	8.0	1360
1400	7.0	1190
1200	6.0	1020
1000	5.0	850
800	4.0	680
600	3.0	510
400	2.0	340
200	1.0	170
0	0.0	0

Se determinó que el tiempo máximo de duración de los 2000 PSI a una presión constante de salida de 120 PSI del depósito de almacenamiento es de 10 minutos y la distancia máxima que se puede recorrer es de 1700 metros.

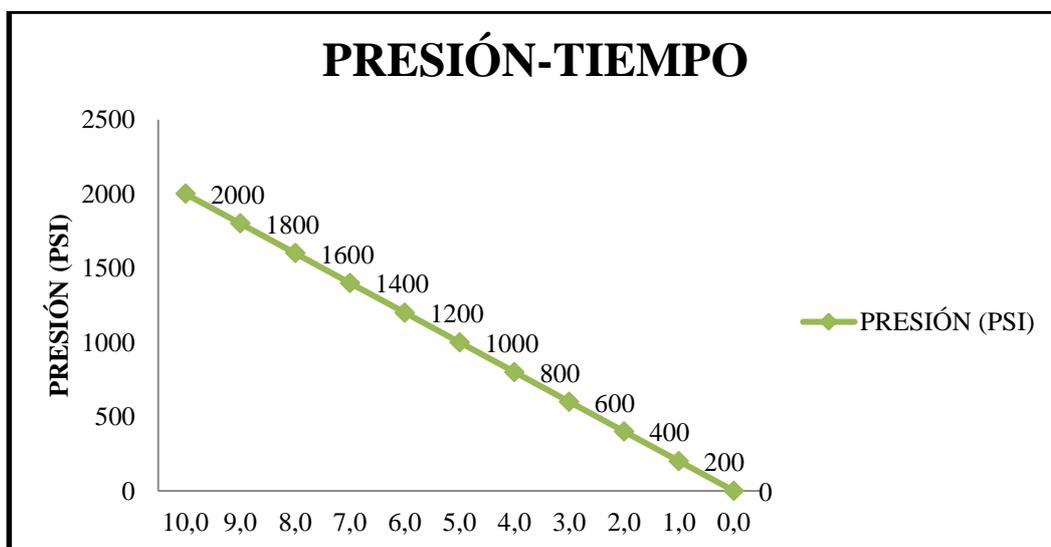


Figura 4.30 Gráfica presión-tiempo

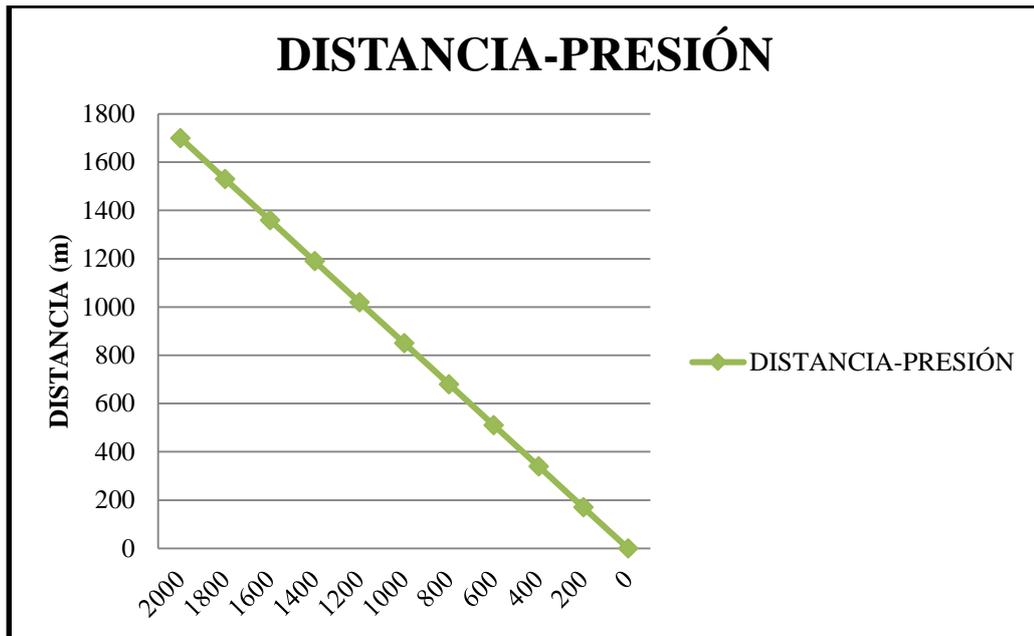


Figura 4.31 Gráfica distancia-presión

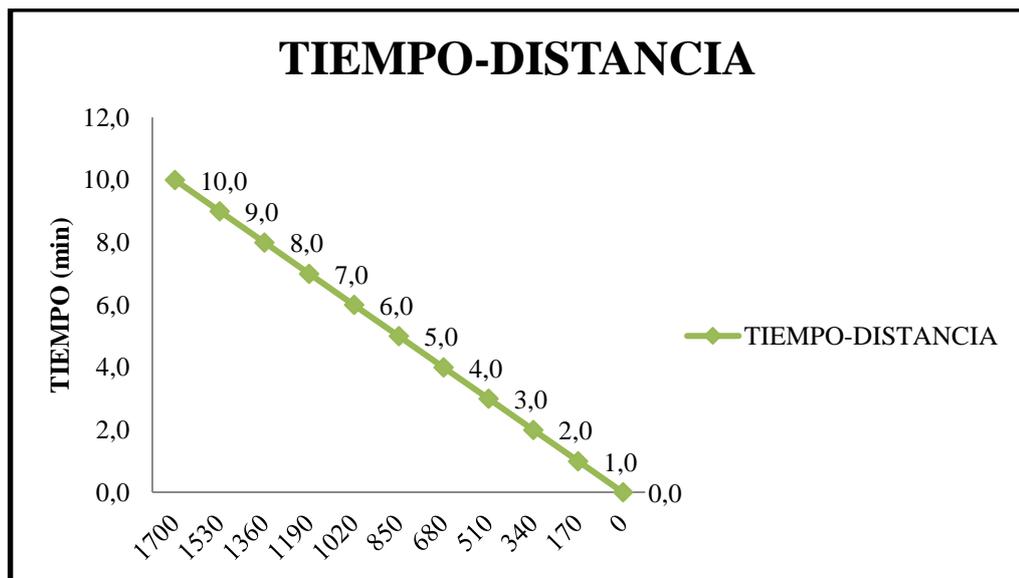


Figura 4.32 Gráfica tiempo-distancia

CAPÍTULO V

5.1 RECURSOS

5.1.1 Recursos humanos

Para elaborar el proyecto de tesis titulado "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA", se requirió de un gran equipo de trabajo que permitieron llevarlo a cabo. Bladimir Marcelo Vargas Caiza, como investigador, diseñador y constructor del prototipo. Con el apoyo y asesoramiento del Ing. Guido Torres como director y la colaboración del Ing. Leónidas Quiroz como codirector, quienes promovieron la investigación científica y la puesta en marcha del proyecto.

Tabla 5.1

Recursos Humanos.

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA"	
DIRECTOR	ING. GUIDO TORRES
CODIRECTOR	ING. LEÓNIDAS QUIROZ
INVESTIGADOR	BLADIMIR VARGAS

5.1.2 Recursos tecnológicos

Para la elaboración del proyecto y poder cumplir con los objetivos planteados, se contó con herramientas tecnológicas como el software de diseño y simulación mecánico SOLIDWORKS 2014, computador, cámara digital, internet, libros digitales, herramientas como torno, suelda, esmeril, taladro, etc. Los mismos que facilitaron la investigación y desarrollo del proyecto.

5.1.3 Recursos físicos

Los recursos físicos utilizados en el desarrollo del proyecto fueron un taller mecánico de motocicletas y un taller industrial de torno y solda, de propiedad de unos muy buenos amigos, las pruebas de funcionamiento se las realizo en la ciudad de Machachi en la avenida Fernández Salvador más conocida como la vía a la Tesalia.

5.1.4 Recursos materiales

Los recursos materiales hace referencia a todos los elementos físicos que se emplearon entre los más importantes tenemos una motocicleta Jianshe, un compresor AirFlow, ejes de acero, planchas de acero, entre otros.

5.1.5 Recursos financieros

El financiamiento se realizó por parte del autor del proyecto Bladimir Marcelo Vargas Caiza.

5.2 Costo de construcción de la motocicleta híbrida

Los costos de los materiales utilizados para la implementación en la motocicleta con sistema híbrido de propulsión se detallan en la tabla 5.2.

Tabla 5.2

Materiales iniciales.

Material	Costo Unitario (USD.)	Cantidad	Total
Motocicleta Jianshe 250cc	500,00	1	500,00
Compresor Airflow 1.5 HP	150,00	1	150,00
Llave de impacto CL1502	120,00	1	120,00
Plancha de Acero	17,00	1	17,00

CONTINÚA →

Eje de Acero ASTM A-36 (32X100)	16,80	2	33,60
Tubo cuadrado	15,00	1	15,00
Electroválvula con bobina	300,00	1	300,00
Tanque de alta presión de aluminio	300,00	1	300,00
SUBTOTAL:			1435,00

Tabla 5.3

Lista de Herramientas.

Material	Costo Unitario (USD.)	Cantidad	Total
Sierra	4,80	1	4,80
Disco de corte	5,50	2	11,00
Piedra de esmeril	3,30	1	3,30
Lima plana	3,60	1	3,60
Lima redonda	3,25	1	3,25
Broca 5/8	3,70	1	3,70
Broca 1/2	8,00	1	8,00
Broca de 1/4	2,15	1	2,15
Brocha	1,35	1	1,35
Pintura color negro 1/4	6,00	1	6,00
Lijas varios tipos	5,00	5	5,00
SUBTOTAL:			52,15

Tabla 5.4

Costos de manufactura.

Material	Costo Unitario (USD.)	Cantidad	Total
Acople mecánico para motor de combustión interna	50,00	1	50,00
Acople mecánico llave de impacto	60,00	1	60,00
Base llave de impacto	30,00	1	30,00
Adaptación de la polea en el cabezote de compresor	25,00	1	25,00
Corte y suelda del compresor de baja presión	20,00	1	20,00
Adaptación de los elementos neumáticos en la motocicleta	50,00	1	50,00
Base tanque de alta presión	15,00	1	15,00
SUBTOTAL:			250,00

Tabla 5.5

Elementos mecánicos.

Material	Costo Unitario (USD.)	Cantidad	Total
Correa Dayco 17660	30,00	1	30,00
Polea de aluminio 7x1/2	6,00	1	7,00
Pernos, rodela y tuercas	0,35	40	18,00
Tacómetro de velocidad	30,00	1	30,00
Cable de tacómetro de velocidad	15,00	1	15,00
SUBTOTAL:			100,00

Tabla 5.6

Elementos neumáticos.

Material	Costo Unitario (USD.)	Cantidad	Total
Manquera de alta presión Parker (m)	5,25	2	10,50
Manguera de baja presión (m)	2,00	5	10,00
Manómetro de alta presión 3000PSI	80,00	1	80,00
Manómetro de baja presión 500PSI	12,00	1	12,00
Acoples rápidos	2,25	6	13,50
Uniones	1,50	12	18,00
Unión tipo "T"	2,50	2	5,00
Teflón	2,00	1	2,00
Recarga del tanque de alta presión	8,00	5	40,00
SUBTOTAL:			191,00

Tabla 5.7

Elementos electrónicos.

Material	Costo Unitario (USD.)	Cantidad	Total
Circuito de control electrónico del sistema	400,00	1	400,00
Interruptores de encendido y apagado	1,00	4	4,00
Batería 12v, 7A	30,00	1	30,00
Alambre flexible N°14 (m)	0,50	6	3,00

CONTINÚA →

Taipe	1,0	1	1,00
Soquets	1,00	3	3,00
SUBTOTAL:			441,00

Tabla 5.8

Pintura y Acabados.

Material	Costo Unitario (USD.)	Cantidad	Total
Construcción de la carcasa del scooter en fibra de vidrio	600,00	1	600,00
Cinta adhesiva	1,00	1	1,00
Espejos	5,00	1	5,00
Protector de caucho (m)	1,80	5	9,00
Plotters	40,00	1	40,00
SUBTOTAL:			645,00

Tabla 5.9

Costos varios.

Material	Costo
Implementos de oficina	100,00
Impresiones	50,00
Honorarios	500,00
Transporte	200,00
Empastado	30,00
SUBTOTAL:	880,00

5.3 Costo total del proyecto

La tabla 5.10 muestra el costo total invertido en el proyecto mediante la sumatoria de los subtotales generados en el diseño e implementación de la motocicleta híbrida.

Tabla 5.10

Costo total del proyecto.

RUBROS	COSTO (USD)
Materiales iniciales	1435,00
Lista de herramientas	52,15
Costo de manufactura	250,00
Elementos mecánicos	100,00
Elementos neumáticos	191,00
Elementos electrónicos	441,00
Pintura y acabados	645,00
Costos varios	880,00
TOTAL:	3994,15

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se convirtió un scooter con motor de combustión interna de cuatro tiempos y 125 cc, en una motocicleta con sistema híbrido, aire comprimido con depósitos de almacenamiento de alta y baja presión – combustión interna, para la movilidad.
- La implementación del actuador neumático con un torque máximo de 677 N*m al reductor de velocidad de la rueda posterior del Scooter, ayudó a generar la tracción necesaria para dar movimiento a la motocicleta.
- Se determinó que la presión inicial que genera el cabezote de compresor es 136,34 kpa y la presión final es 551,58 kpa.
- Se determinó que con una velocidad de salida del aire de 0,04 m/s y un caudal de 0,004 m³/s se obtiene una potencia en el compresor de 220,63 vatios.
- Se determinó que cada minuto se consume una presión de 1378,95 kpa de los depósitos de almacenamiento, lo que nos da una autonomía teórica de 10 minutos con el sistema de propulsión híbrido.
- Se determinó que la distancia total que recorre la motocicleta con el sistema de propulsión híbrido es de 1700 metros con una presión de almacenamiento total de 13789,52 kpa.
- Se determinó que mientras mayor peso tenga la motocicleta mayor presión se necesita para generar tracción.

6.2 Recomendaciones

- Para proceder a manejar la motocicleta híbrida se debe verificar previamente que la presión de aire en los tanques estén totalmente llenos (depósito de alta presión 13,79 Mpa y baja presión 0,69 Mpa), para de esta manera tener mayor autonomía y torque.
- Para obtener mayor autonomía se puede implementar otro depósito de alta presión en la motocicleta híbrida.
- Para reducir el peso del Scooter se puede implementar un motor eléctrico para generar aire comprimido a baja presión.
- Para reducir el peso de la motocicleta se puede diseñar y construir el chasis en materiales más livianos y con mayor resistencia como por ejemplo aluminio.
- Para mantener constante la presión del aire comprimido en el sistema neumático se puede implementar un sistema cerrado de circulación del aire entre todos los componentes.

BIBLIOGRAFÍA

Budynas, R. G. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica de Sigley. México, D.F.: McGRAW-HILL.

CAMPBELL HAUSFELD. (2008). Manual de instrucciones de Operación.

Cóndor, N. (2005). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TECTOR DE PRESIÓN Y RECARGA DE NEUMÁTICOS. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas.

DUNLOP. (2010). Correas de transmisión industrial. Buenos Aires: DUNLOP ARGENTINA S.A.

Festo Didactic. (2010). Neumática, Electroneumática Fundamentos. Berlín: FESTO DIDACTIC.

GAST. (2009). Catálogo de motores de aire/motoreductores Gast.

Guillen, A. (1993). Introducción a la neumática. Barcelona: MARCOMBO, S.A.

INACAP, (2002). Manual de Hidráulica y Neumática. Santiago de Chile: Universidad Tecnológica de Chile.

Molina, J. (2009). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE POTENCIA NEUMÁTICO PARA ACOPLARLO A UNA BICICLETA COMERCIAL. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Mott, R. (2006). DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS. México, D.F.: PEARSON EDUCACIÓN.

Suntaxi, C. (2014). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN PARA UN VEHÍCULO TRIMOTO. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas.

Vergara, P. (2011). MODELADO, ANALISIS Y SIMULACIÓN DE UN CHASIS DE MOTOCICLETA. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.

Wilson, Buffa. (2003). Física. México, D.F.: PEARSON EDUCACIÓN.

William H. Crouse, D. L. (1992). Mecánica de la motocicleta. Barcelona: MARCOMBO, S.A.

NETGRAFÍA

ACORSA. (12 de Mayo de 2010) ACORSA. Obtenido de ACORSA:

<http://manguerashidraulicasperu.com/index.php?route=product/category&path=83> (Último Acceso: 16-05-2015).

Arpem Networks. (7 de Febrero de 2009). Arpem. Obtenido de Arpem:

<http://www.arpem.com/motos/modelos/kymco/flash/2008/kymco-agility-125-city/kymco-agility-125-city-pieza-9.html> (Último Acceso: 10-07-2014).

Bernard Dery. (25 de Diciembre de 2008). Infovisual. Obtenido de Infovisual:

http://www.infovisual.info/05/031_es.html (Último Acceso: 23-02-2015).

Bueno, A. (15 de Abril de 2011) Portaleso. Obtenido de Portaleso:

http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_neumatica/neumatica_indice.html (Último Acceso: 13-01-2015).

Cassani, M. (21 de Febrero de 2010) Wordpress. Obtenido de Wordpress:

<https://marcelocassani.wordpress.com/2010/02/21/aplicaciones-y-ventajas-de-los-motores-neumaticos/> (Último Acceso: 22-05-2015).

Dayco. (1 de febrero de 2014). DAYCO. Obtenido de Dayco:

<http://es.daycoproducts.com/> (Último Acceso: 09-11-2014).

Dean Benstead. (18 de Enero de 2012). O2 Pursuit. Obtenido de O2 Pursuit:

<https://o2pursuitdeanbenstead.wordpress.com/2011/01/18/melbourne-design-awards-entry/> (Último Acceso: 17-03-2015).

FESTO. (27 de Febrero de 2010). FESTO. Obtenido de FESTO:

http://www.festo.com/cat/es-co_co/products_MF (Último Acceso: 14-04-2015).

Intermec, (25 de Junio de 2014) Intermec. Obtenido de: Intermec
http://www.intermec.com.co/pdf/correas_sincronicas.pdf (Último
Acceso: 16-03-2015).

JiansheTrade. (11 de Junio de 2013). JiansheTrade. Obtenido de
JiansheTrade:
http://www.jianshetrade.com/wm_sp/sp/index.aspx (Último Acceso:
29-01-2015).

Kafafana. (1 de Diciembre de 2008). Blogspot. Obtenido de Blogspot:
[http://kafafana.blogspot.com/2008/12/auto-aire-si-ya-es-una-
realidad.html](http://kafafana.blogspot.com/2008/12/auto-aire-si-ya-es-una-realidad.html) (Último Acceso: 23-12-2014).

Lautaro, J. (2 de Noviembre de 2012). Monografías. Obtenido de
Monografías:
[http://www.monografias.com/trabajos95/motocicleta/motocicleta2.shtm
l](http://www.monografias.com/trabajos95/motocicleta/motocicleta2.shtml) (Último Acceso: 21-06-2015).

Panadero, J. (26 de Abril de 2012). Diariomotor. Obtenido de Diariomotor:
[http://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/04/26/motores-de-aire-
comprimido-la-energia-alternativa/](http://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/04/26/motores-de-aire-comprimido-la-energia-alternativa/) (Último Acceso: 10-04-2015).

Perez, R. (27 de Marzo de 2014). Blogspot. Obtenido de: Blogspot
[http://drrafaelperezemergency.blogspot.com/2014/03/como-calcular-
la-de-un-tanque-de.html](http://drrafaelperezemergency.blogspot.com/2014/03/como-calcular-la-de-un-tanque-de.html) (Último Acceso: 13-06-2015).

Querelle, (9 de Julio de 2007). Profesorenlínea. Obtenido de:
Profesorenlínea
<http://www.profesorenlinea.cl/geometria/VolumenCilindro.htm> (Último
Acceso: 16-11-2014).

Ramón Losada. (12 de Febrero de 2010). Motoblog. Obtenido de Motoblog:
<http://hittheroadmotoblog.blogspot.com/2011/08/la-primera-moto.html>
(Último Acceso: 22-05-2015).

Rodriguez, H. (6 de abril de 2013). Ingemecánica. Obtenido de Ingemecánica:

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html> (Último Acceso: 21-04-2015).

Ruiz, R. (17 de Enero de 2013). About. Obtenido de About:

<http://motos.about.com/> (Último Acceso: 19-06-2015).

Saramago, J. (1 enero de 2014). Migueltecnología. Obtenido de Migueltecnología:

<https://sites.google.com/site/migueltecnologia/4o-eso/teoria/tema-7-neumatica-e-hidraulica> (Último Acceso: 16-05-2015).

Tecnoelectromecánica, (22 de Abril de 2011) Tecnoelectromecánica. Obtenido de Tecnoelectromecánica:

<http://tecnoelectromecanica.blogspot.com/2011/05/transmision-por-correas-dentadas-de.html> (Último Acceso: 16-05-2015).

Tecnoficio, (23 de Noviembre de 2012) tecnoficio. Obtenido de Tecnoficio:

http://tecnoficio.com/soldadura/soldadura_oxiacetilenica1.php (Último Acceso: 21-04-2015).

Torres, L. (23 de Febrero de 2014). Wordpress. Obtenido de Wordpress:

<https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/.../neumatica.pdf> (Último Acceso: 13-06-2015).

Vulcabelts. (20 de Marzo del 2015). Vulcabelts. Obtenido de Vulcabelts:

<http://vulcabelts.com/index.php?page=Correas> (Último Acceso: 16-05-2015).

Wikimedia Foundation. (20 de Septiembre de 2012). Wikipedia. Obtenido de Wikipedia:

<http://es.wikipedia.org/> (Último Acceso: 23-02-2015).

ANEXOS

Anexo 1.- Diámetros mínimos de poleas.

Diámetro polea (mm)	Z	A	B	C	D	E
60	V					
63	R					
67	V					
71	R	V				
75	V	V				
80	R	V				
90	V	R				
95		V				
100	R	R				
106		V				
112	V	R	V			
118		V	V			
125	R	R	V			
132		V	V			
140	V	R	R			
150	V	V	V			
160	R	R	R			
170			V			
180	V	R	R	V		
200	R	R	R	R		
212				V		
224	V	V	V	R		
236				V		
250	V	R	R	R		
265				V		
280		V	V	R		
300		V	V	V		
315		R	R	R		
355		V	V	V	R	
375			V	V	V	
400		R	R	R	R	
425					V	
450		V	V	V	R	
475					V	
500		R	R	R	R	R
530						V
560		V	V	V	V	R
600			V	V	V	V
630		R	R	R	R	R
670						V
710		V	V	V	V	R
750			V	V	V	
800			R	R	R	R
900			V	V	V	V
1000			R	R	R	R
1060					V	
1120				V	V	V
1250				R	R	R
1400				V	V	V
1500					V	V
1600				R	R	R
1800					V	V
1900						V
2000					R	R
2240						V
2500						R

Dónde:

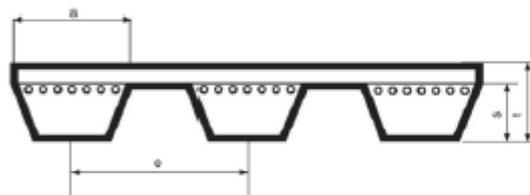
- V diámetro válido de polea;
- R diámetro de polea especialmente recomendado.

Anexo 2. Banda de sincronización con norma de referencia: ASAE S 211.4
- ISO 8419.

	CATÁLOGO DE CORREAS INDUSTRIALES	2010
---	---	-------------

DAYCO GOLD LABEL BANDED BELTS - MM CORREAS UNIDAS POR EL LOMO	
--	---

NORMA DE REFERENCIA: ASAE S 211.4 - ISO 8419
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO: DE -30 A 80 GRADOS CENTIGRADOS



LEYENDA:
 a = ancho nominal de la base mayor
 s = espesor nominal
 t = espesor de la banda
 e = paso

LAS CORREAS "BANDED" ESTÁN FORMADAS POR CORREAS V, VX, V WEDGE, VX WEDGE, SP WEDGE O SPX WEDGE UNIDAS POR EL LOMO EN GRUPO DE VARIAS CORREAS DE UN MISMO TIPO Y DESARROLLO.

TABLA

SECCIÓN	a mm.	s mm.	t mm.	e mm. ± 0,3
A	13	8	10	15
B	17	11	13	19
C	22	14	16	25
3V	9	8	10	10,2
5V	15	13	15	19
8V	25	23	25,5	27,5
SPZ	9,7	8	10,5	10,2
SPA	12,7	10	12,5	15
SPB	16,3	13	15,5	19
SPC	22	18	22,5	25
3VX	9	8	10	10,2
5VX	15	13	15	17

Anexo 3. Propiedades de algunos materiales de las bandas planas y redondas.

Tabla 17-2

Propiedades de algunos materiales de las bandas planas y redondas. (Diámetro = d , espesor = t , ancho = w)

Material	Especificación	Tamaño, pulg	Diámetro mínimo de la polea, pulg	Tensión permisible por ancho unitario a 600 pies/min, lbf/pulg	Peso específico, lbf/pulg ³	Coefficiente de fricción
Cuero	1 capa	$t = \frac{11}{64}$	3	30	0.035-0.045	0.4
		$t = \frac{13}{64}$	$3\frac{1}{2}$	33	0.035-0.045	0.4
	2 capas	$t = \frac{18}{64}$	$4\frac{1}{2}$	41	0.035-0.045	0.4
		$t = \frac{20}{64}$	6 ^a	50	0.035-0.045	0.4
$t = \frac{23}{64}$		9 ^a	60	0.035-0.045	0.4	
Poliámidab	F-0 ^c	$t = 0.03$	0.60	10	0.035	0.5
	F-1 ^c	$t = 0.05$	1.0	35	0.035	0.5
	F-2 ^c	$t = 0.07$	2.4	60	0.051	0.5
	A-2 ^c	$t = 0.11$	2.4	60	0.037	0.8
	A-3 ^c	$t = 0.13$	4.3	100	0.042	0.8
	A-4 ^c	$t = 0.20$	9.5	175	0.039	0.8
	A-5 ^c	$t = 0.25$	13.5	125	0.039	0.8
Uretano ^d	w = 0.50	$t = 0.062$	Veá	5.2 ^e	0.038-0.045	0.7
	w = 0.75	$t = 0.078$	la tabla	9.8 ^e	0.038-0.045	0.7
	w = 1.25	$t = 0.090$	17-3	18.9 ^e	0.038-0.045	0.7
	Redonda	$d = \frac{1}{4}$	Veá	8.3 ^e	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{3}{8}$	la tabla	18.6 ^e	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{1}{2}$	17-3	33.6 ^e	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{3}{4}$		74.3 ^e	0.038-0.045	0.7

^aAgregue 2 pulg al tamaño de la polea para bandas de 8 pulg de ancho o mayores.

^bFuente: *Habasit Engineering Manual*, Habasit Belting, Inc., Chamblee (Atlanta), Ga.

^cRevestimiento de fricción de caucho de acrilonitrilo-butadieno en ambos lados.

^dFuente: Eagle Belting Co., Des Plaines, Ill.

^eA 6% de elongación; 12% es el máximo valor permisible.

Anexo 4. Valores orientativos para coeficientes de fricción estática y de rozamiento por deslizamiento.

Par de materiales	Coeficiente de fricción estática μ_H		Coeficiente de rozamiento por deslizamiento μ	
	seco	lubricado	seco	lubricado
Hierro – Hierro			1,0	
Cobre – Cobre			0,60 a 1,0	
Acero – Acero	0,45 a 0,80	0,10	0,40 a 0,70	0,10
Cromo – Cromo			0,41	
Níquel – Níquel			0,39 a 0,70	
Aleac. Al – Aleac. Al			0,15 a 0,60	
Acero – Cobre			0,23 a 0,29	
Acero – Metal blanco			0,21	
Acero – Fundición gris	0,18 a 0,24	0,10	0,17 a 0,24	0,02 a 0,21
Forro de freno – Acero			0,50 a 0,60	0,20 a 0,50
Cuero – Metal	0,60	0,20	0,20 a 0,25	0,12
Poliamida – Acero			0,32 a 0,45	0,10
PTFE – Acero			0,04 a 0,22	
Hielo – Acero	0,027		0,014	

Anexo 5. Programación del sistema de control electrónico.

```
*****
!* Name      : UNTITLED.BAS                *
!* Author    : [set under view...options]  *
!* Notice    : Copyright (c) 2006 [set under view...options] *
!*          : All Rights Reserved          *
!* Date      : 25/04/2015                  *
!* Version   : 1.0                        *
!* Notes     :                             *
!*          :                             *
*****

;TEMPORIZADOR OSCILADOR
include "modedefs.bas"

' calibrate the internal oscillator
Define OSCCAL_1K 1
CMCON = 7 ;DESHABILITA LOS COMPARADORES

' Define ADCIN parameters
ANSEL=%00001001 ;escoje ENTRADA ANALOGA AN1
DEFINE ADC_BITS 10 ' Set number of bits in result
DEFINE ADC_CLOCK 3 ' Set clock source (3=rc)
DEFINE ADC_SAMPLEUS 50 ' Set sampling time in uS

POTIN1 var GPIO.0
MOTOR_ON var GPIO.1
VALVULA var GPIO.2
POTIN2 var GPIO.4
ARRANQUE VAR GPIO.5

X VAR word
Y VAR word
```

INPUT GPIO.0
OUTPUT GPIO.1
OUTPUT GPIO.2
INPUT GPIO.4
OUTPUT GPIO.5

LOW MOTOR_ON
LOW VALVULA
LOW ARRANQUE

'HIGH MOTOR_ON
'PAUSE 300
'LOW MOTOR_ON
'PAUSE 300
'HIGH VALVULA
'PAUSE 300
'LOW VALVULA
'PAUSE 300
'HIGH ARRANQUE
'PAUSE 200
'LOW ARRANQUE
'PAUSE 200

PROG:

 pause 5000

jmp_10:

 high motor_on

 high valvula

 pause 2000

 low motor_on

 gosub time_valvula_on ;tiempo hasta 60 seg

 high arranque

 pause 3000

 low arranque

```
low valvula
gosub time_valvula_off ;tiempo hasta 60 seg
goto jmp_10
```

```
' high motor_on
' pause 2000
' low motor_on
' high valvula
' gosub time_valvula_on ;tiempo hasta 60 seg
' low valvula
' high arranque
' pause 3000
' low arranque
' gosub time_valvula_off ;tiempo hasta 60 seg
' goto jmp_10
```

```
*****
,
*****
,
```

```
time_valvula_On:
```

```
ADCON0 = %10000010          ' Escoge GPIO.0 analog and right
```

```
justify result
```

```
ADCIN 0,x                    ' Read channel 0 to adval (0-1023)
```

```
X = X*60 ;PARA TENE MAXIMO 60 SEG => 1024*60 = 61440
```

```
pause x
```

```
return
```

```
*****
,
*****
,
```

```
time_valvula_off:
```

```
ADCON0 = %10001110          ' Escoge GPIO.4 analog and right
```

```
justify result
```

```
ADCIN 3,X                    ' Read channel 0 to adval (0-1023)
```

```
X = (X/10)*6 ;para tener 10 min max=> (1024/10)* 6= 614,4 seg.
```

```
for y = 1 to x
```

```
pause 1000 ; 1 seg.
```

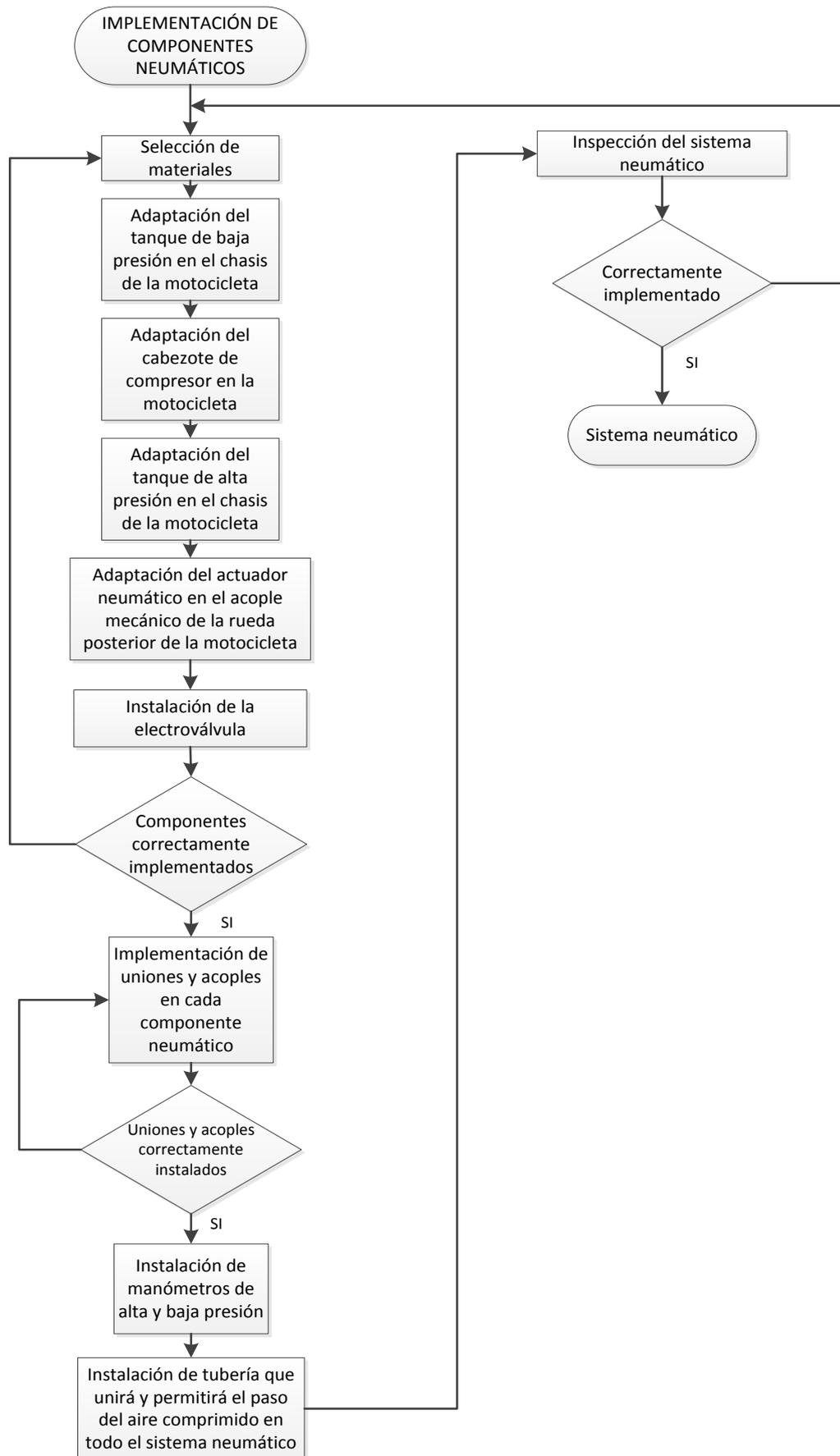
next y

return

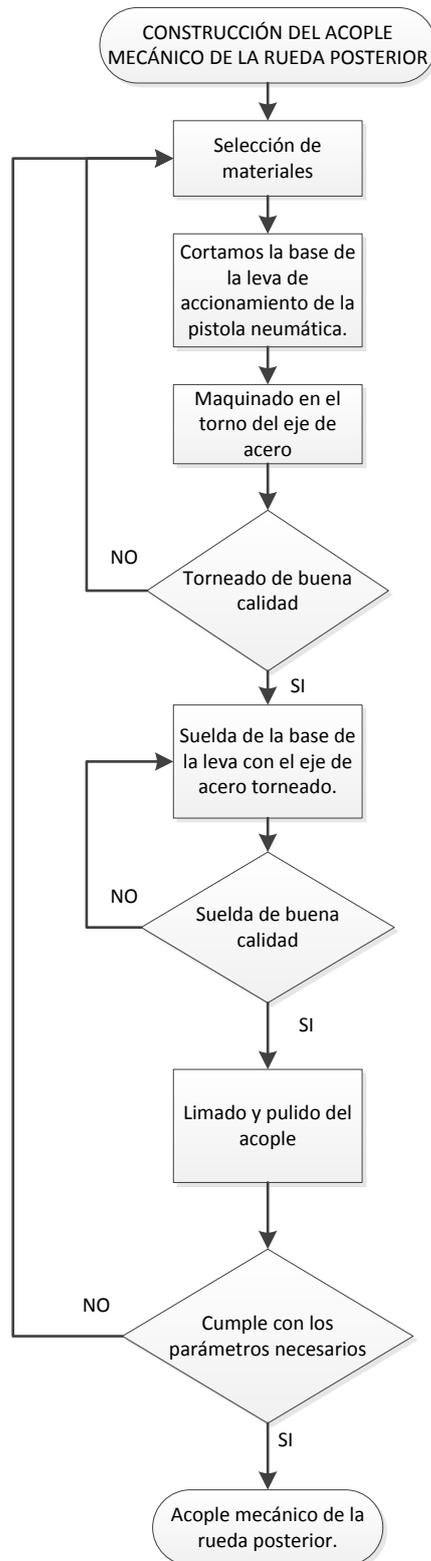
```
.*****  
,
```

```
.*****  
,
```

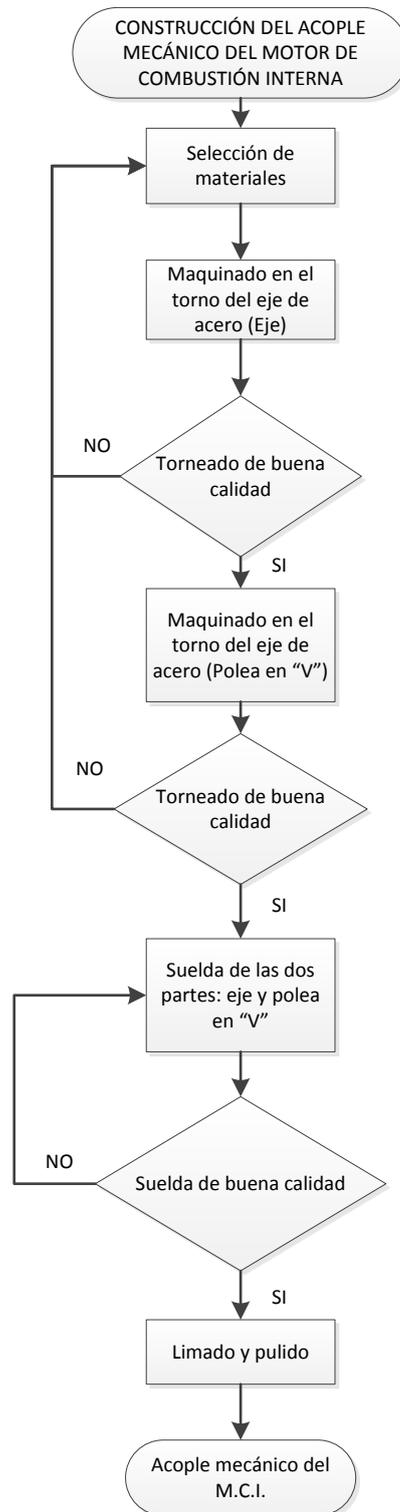
Anexo 6. Implementación de los componentes neumáticos en la motocicleta.



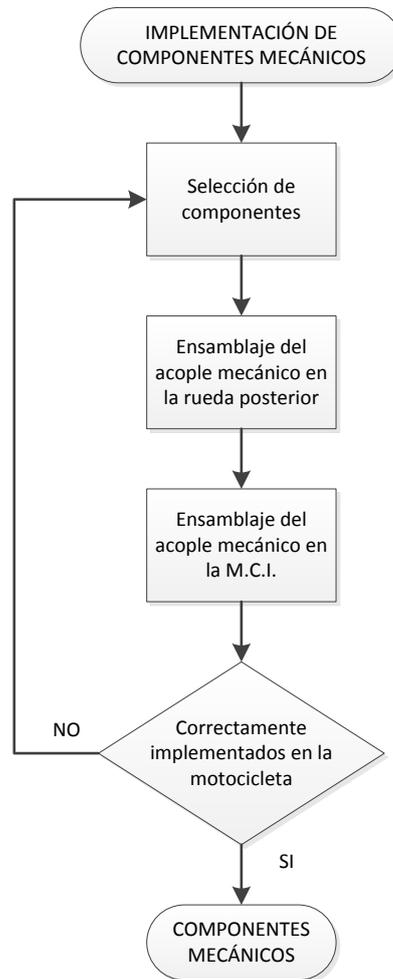
Anexo 7. Construcción del acople mecánico de la rueda posterior.



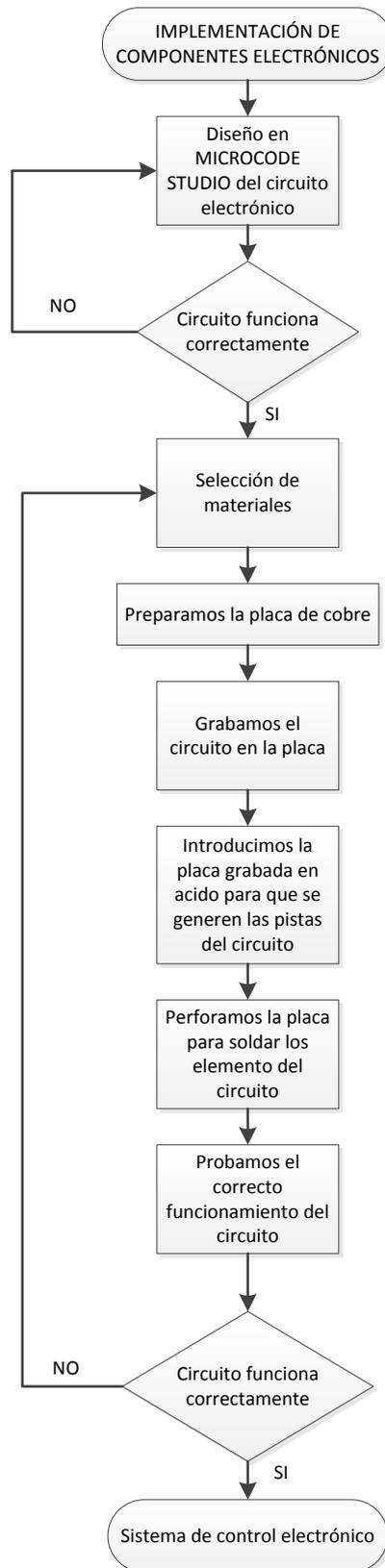
Anexo 8. Construcción del acople mecánico del M.C.I.



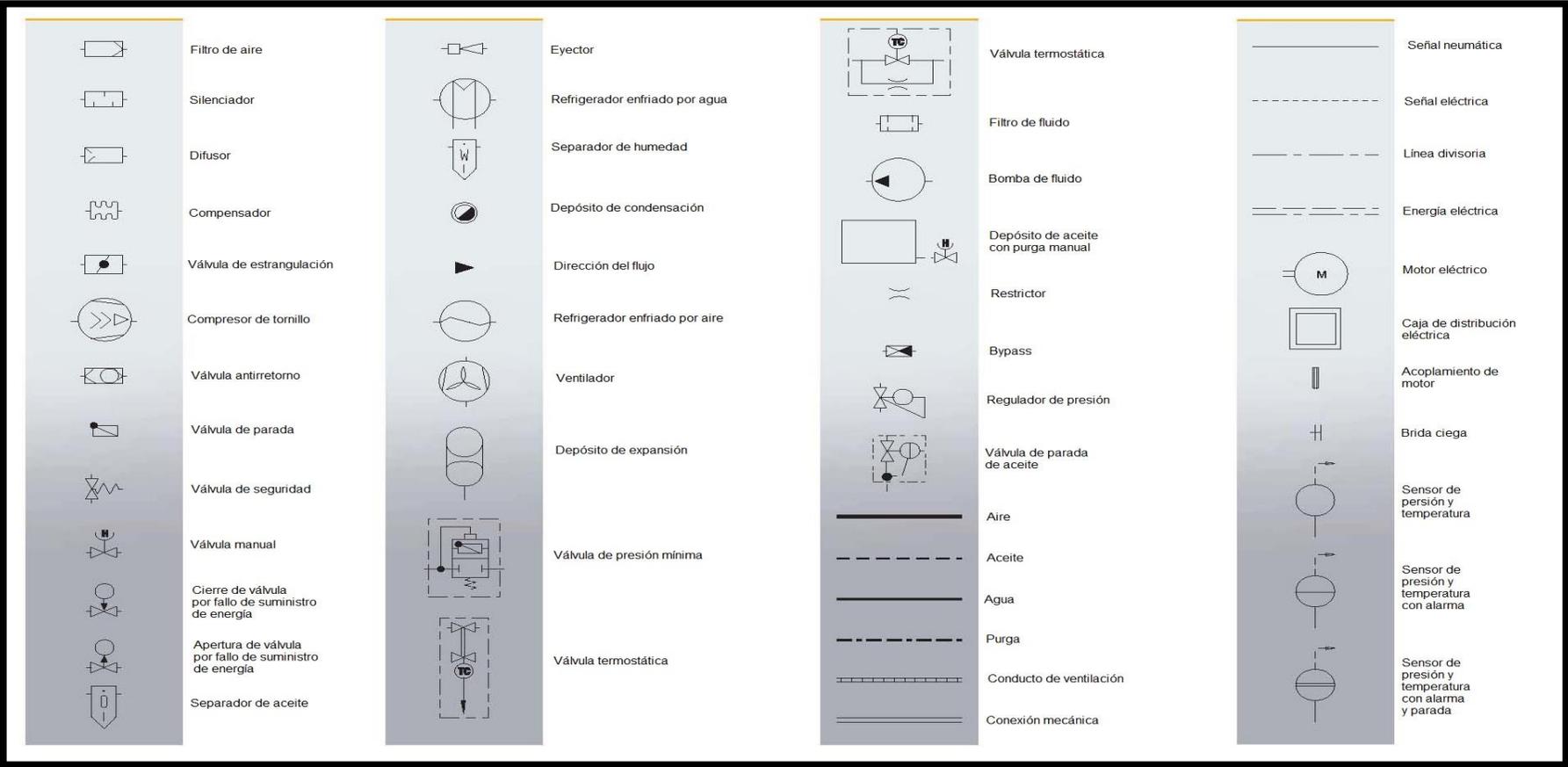
Anexo 9. Implementación de componentes mecánicos.



Anexo 10. Implementación de componentes electrónicos.



Anexo 11. Elementos para diagramación de circuitos neumáticos.



PLANOS

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Bladimir Marcelo Vargas Caiza bajo mi supervisión.

ING. GUIDO TORRES
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. LEONÍDAS QUIROZ
CODIRECTOR DEL PROYECTO

ING. DANILO ZAMBRANO
DIRECTOR DE CARRERA

DR. FREDDY JARAMILLO CHECA
SECRETARIO ACADÉMICO