



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA”

AUTOR: BLADIMIR VARGAS

DIRECTOR: ING. GUIDO TORRES

CODIRECTOR: ING. LEONIDAS QUIROZ

LATACUNGA

2015



INTRODUCCIÓN

- 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.

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.



OBJETIVO GENERAL

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

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.

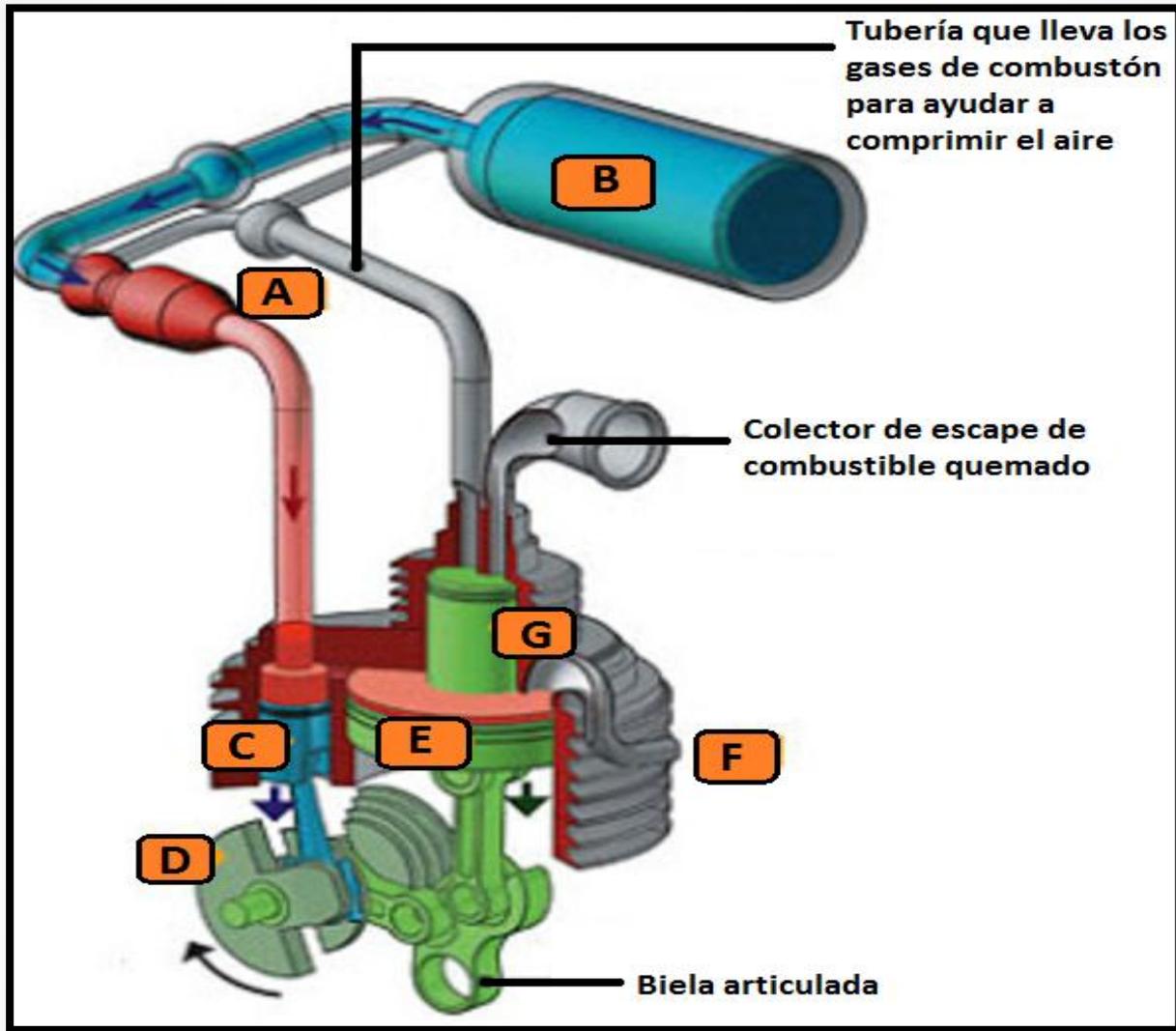
Introducción vehículo de aire comprimido

- 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.



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.



ANÁLISIS DE COMPONENTES A IMPLEMENTAR EN LA MOTOCICLETA

- Cada elemento fue analizado a través de herramientas CAD como son SOLIDWORKS y FLUIDSIM, para su posterior implementación en la motocicleta.



MOTOCICLETA CON SISTEMA DE TRACCIÓN HÍBRIDA

COMPONENTES MECÁNICOS

COMPONENTES NEUMÁTICOS

CONTROL ELECTRÓNICO

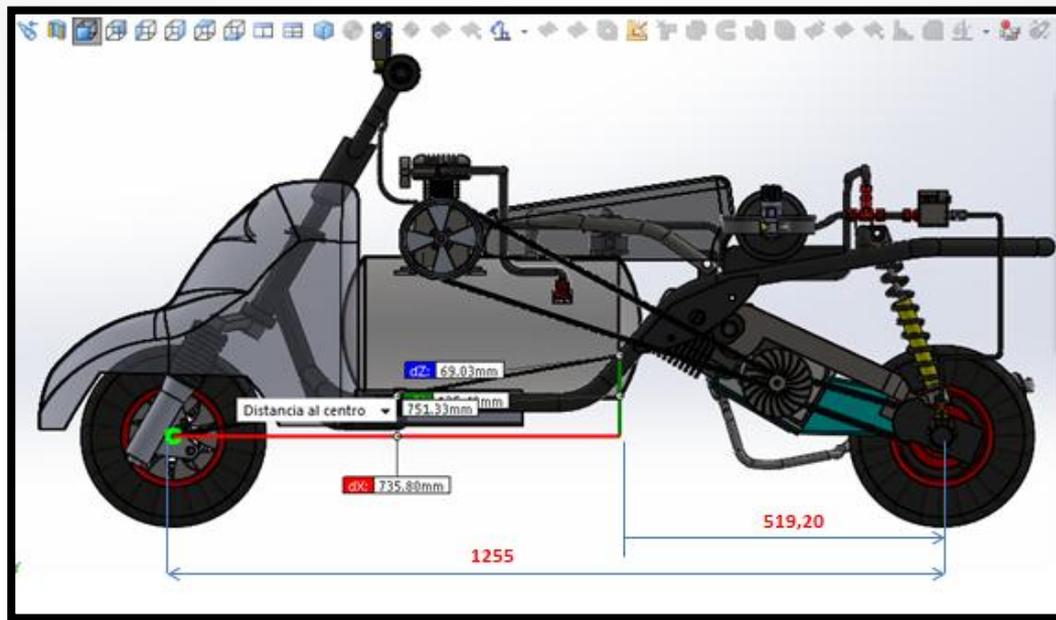


DATOS INICIALES

- Motocicleta Jianshe

Desplazamiento:	125 CC
Fuerza	61.44 Nm (7500 r/min)
Torque	8.3Nm (6000r/min)
Peso	111 kg





CARGA MUERTA	MASA (kg)
Chasis tubular	110 Kg
Transmisión	
Carrocería	
Llanta y frenos	
Suspensión	
Dirección	
Sistema eléctrico	
Pedales y sistemas de cambios	
Sistema neumático	32.11 Kg
Total:	143.211 Kg

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 carga muerta

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

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

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

Fuerza generada por cargas vivas

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

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

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

Determinación de la fuerza total

$$F_t = 2780 \text{ N}$$

DETERMINAMOS EL TORQUE TOTAL

Se utiliza llantas de 16 in de diámetro, es decir 0,023m.

$$T = R * F$$

$$T = 0,023 * 2780$$

Con el valor del torque necesario se determina el actuador neumático que se va a implementar en la motocicleta híbrida. La llave de impacto que se ha seleccionado es de impacto neumático de 12.7mm y 678 Nm.

CARACTERISTICAS	PROPIEDADES
Torque operativo	54.23-406.7 Nm
Torque Máximo	677 Nm
Consumo de aire promedio	0,14 m ³ /min
Consumo de aire continuo	0,81 m ³ /min
Tamaño mínimo de manguera	9,65mm

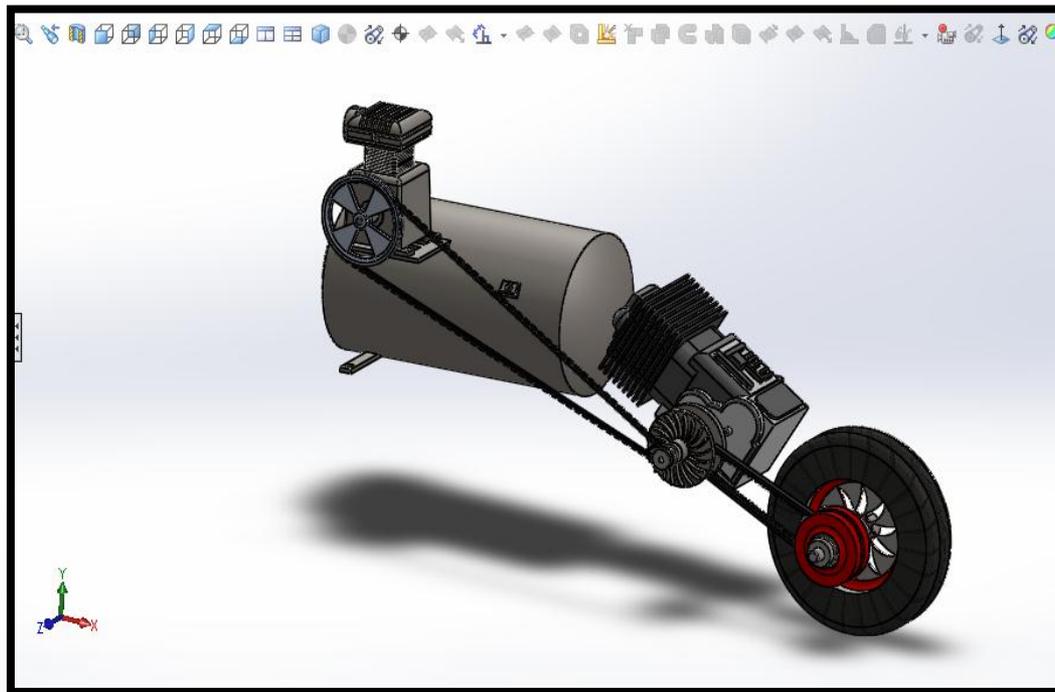
- Compresor AIRFLOW 1,5 HP

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 máxima a 4000 rpm	861,84 kpa
Flujo de aire libre	0.24 m ³ /min

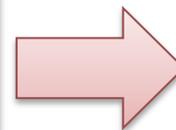
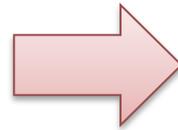


DISEÑO CAD DE LA ADAPTACIÓN

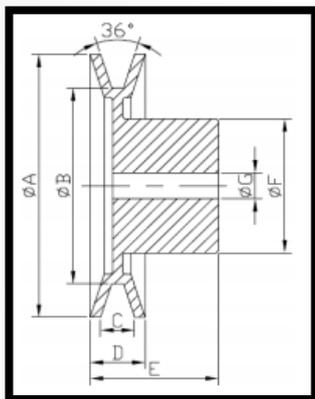
Mediante la utilización de SOLIDWORKS 2014 se realizó el diseño CAD de las partes del compresor implementados en la motocicleta.



Adaptación de la polea al cabezote de compresor



Polea y correa tipo "V" implementados



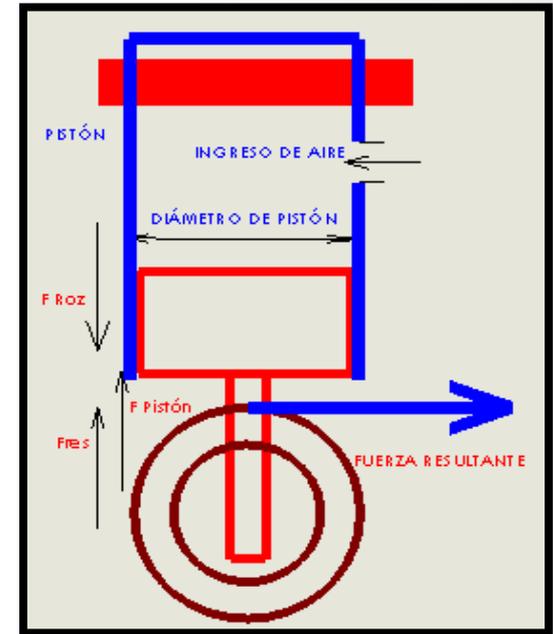
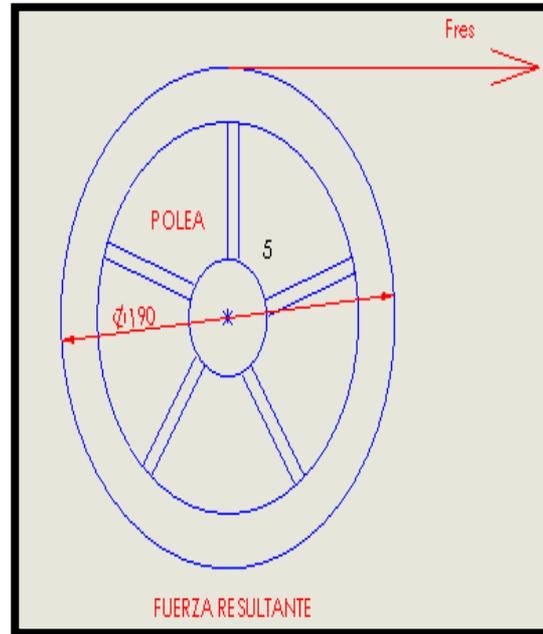
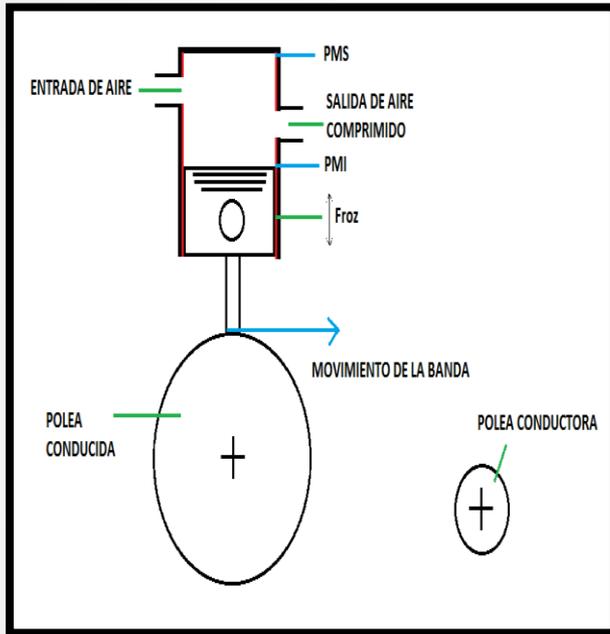
N° de Parte	Ø A	Ø B	C	D	E	Ø F	Ø G
1 A 7	180	154	13	23	51	82	12,7



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

CÁLCULOS EN EL COMPRESOR

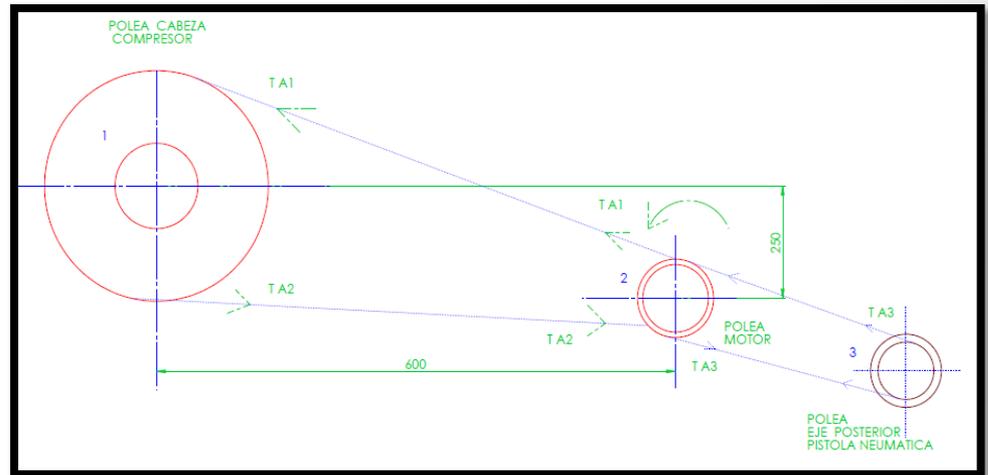
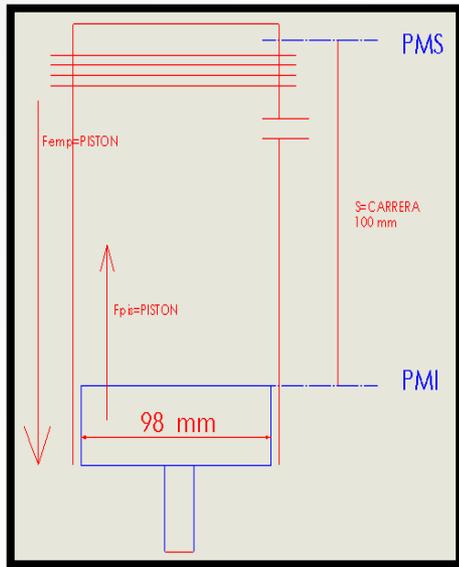
- Presión de admisión



$P_{adm-pistón}$

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

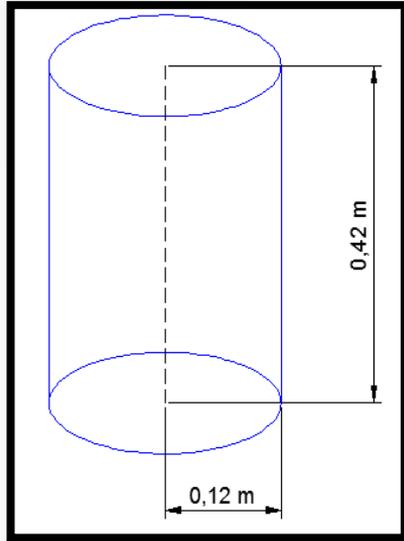




$$P_{\text{adm-pistón}} = \frac{\frac{1}{4} * 0.23\text{kg} * (0.05\text{m})^2 * \left(188.514 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}\right)^2 + 0.37\text{kg} * 9.8\text{m/s}^2 * 0.24 * 0.1\text{m}}{0.0075\text{m}^2 * 0.1\text{m}}$$

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

Cálculo del volumen y presión final del depósito de baja presión



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

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

Ley de BOYLE Y CHARLES

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

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

- **Cálculo de la velocidad del aire de salida**

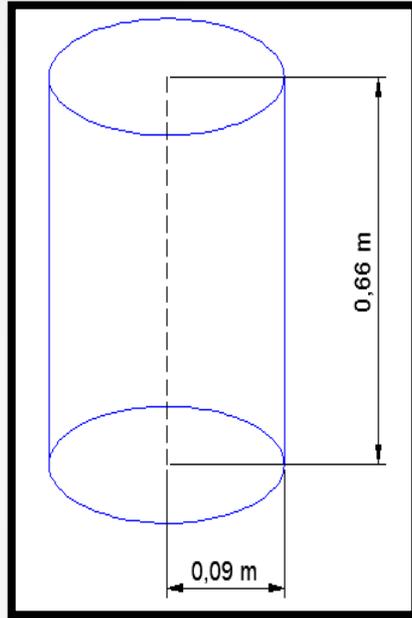
$$V = \frac{Q}{A} = 0,04 \frac{m^2}{s}$$

- **Cálculo del tiempo del aire comprimido en el depósito de almacenamiento a presión baja**

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

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

DEPÓSITO DE ALTA PRESIÓN



CARACTERISTICAS	PROPIEDADES
Capacidad del tanque de aire	2 m ³
Presión de almacenamiento	13789,52 kpa
Altura	0,66 m
Diámetro	0,18 m
Presión de salida	827,37 kpa

Cálculo del volumen

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

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

Tiempo de autonomía

$$V * P = Lr$$

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

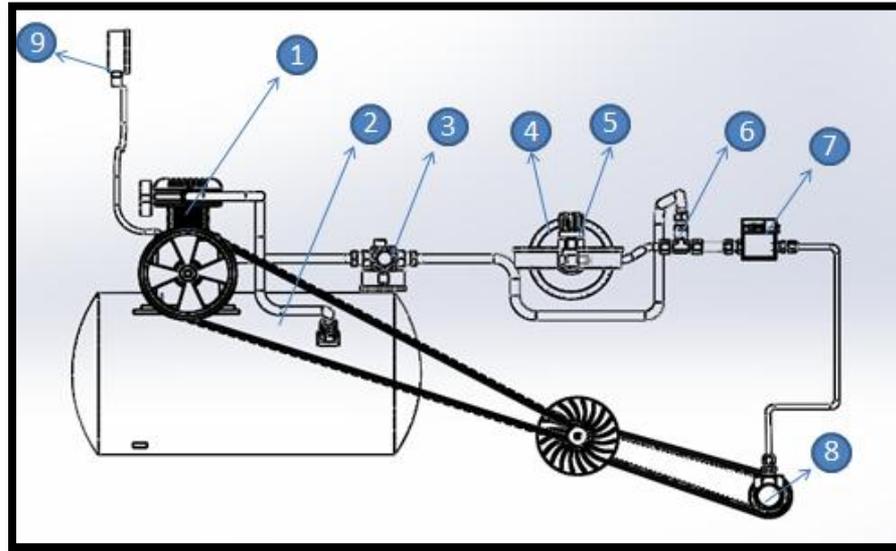
$$\frac{V_r}{C_a} = M_a$$

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

$$t_{autonomía} = 14 \text{ min}$$



Selección de componentes neumáticos



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

Actuador neumático



CARACTERISTICAS	PROPIEDADES
Torque operativo	54.23-406.7 Nm
Torque Máximo	677 Nm
Consumo de aire promedio	0,14 m ³ /min
Consumo de aire continuo	0,81 m ³ /min
Tamaño mínimo de manguera	9,65mm



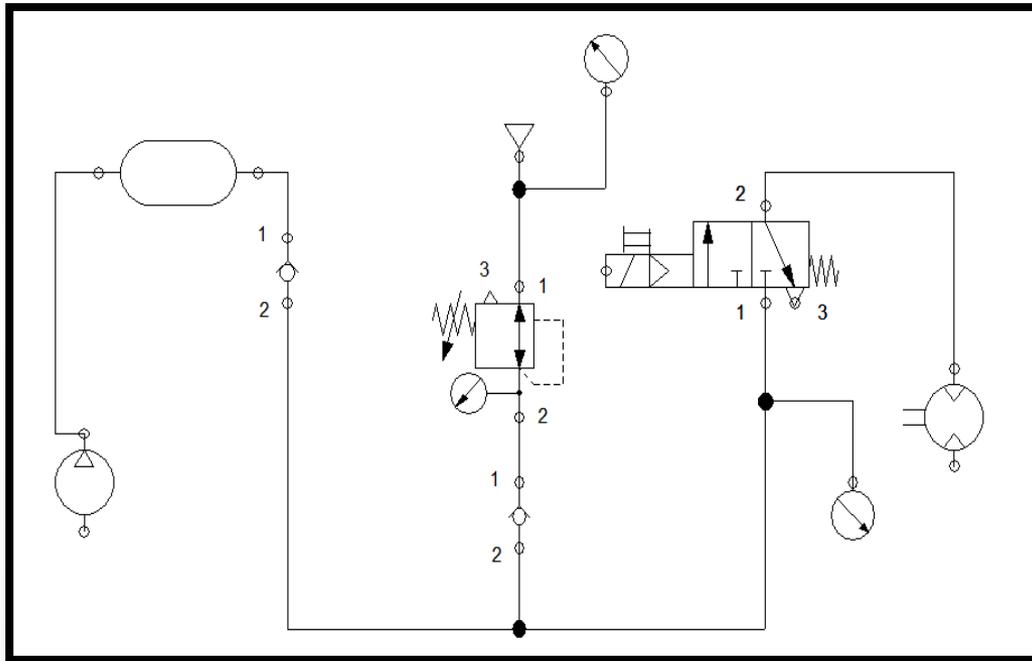
Características y propiedades de la electroválvula MFH-3-1/4-EX



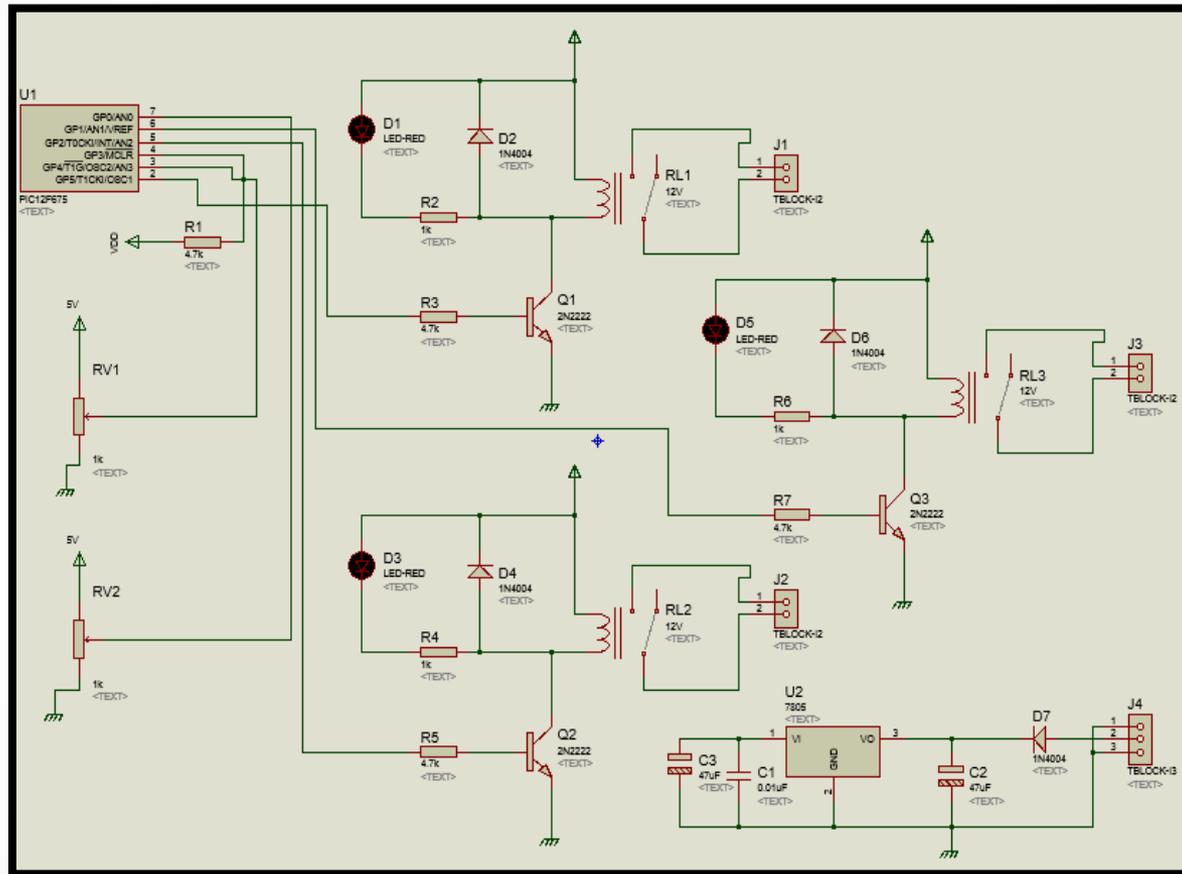
CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES
Función de las válvulas	3/2 cerrada monoestable
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Caudal nominal normal	0,5 m ³ /min
Presión de funcionamiento	151,68 ... 799,80 kPa
Sentido de flujo	No reversible
Fluido	Aire comprimido
Peso del producto	0,24 kg
Temperatura de Almacenamiento	-4 ... 333,15 °k
Temperatura del medio	268,15 ... 313,15 °k
Temperatura ambiente	278,15 ... 313,15 °k

Diagrama neumático FluidSim5

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.



SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO



Secuencia de pasos:

- 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).
-
- Encender la electroválvula MFH-3-1/4-EX, 2 segundos antes que se apague el motor de combustión de la motocicleta.
-
- 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.
-
- 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.
-
- Apagar la electroválvula después del tiempo que se le asigno de 0 a 60 segundos.
-
- 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.
-
- Repetir la secuencia de los pasos del 1 al 6 sucesivamente.

Resultados obtenidos

- 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.

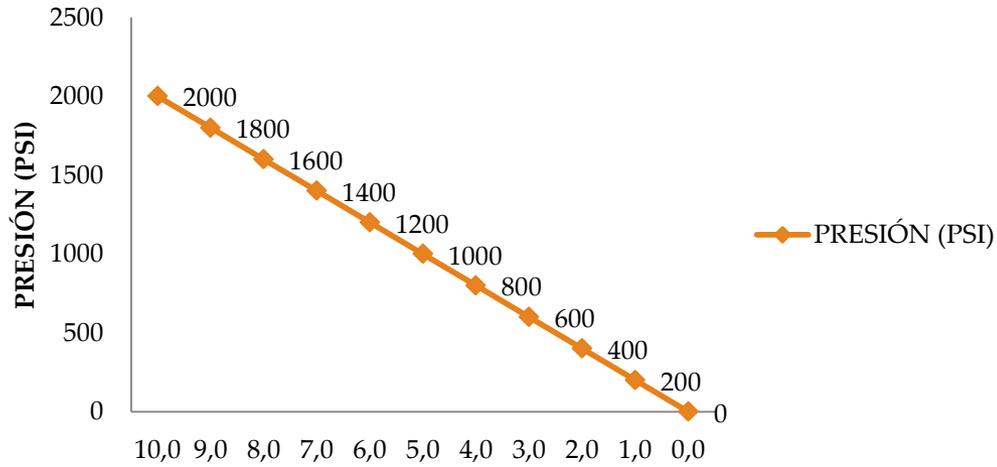


Análisis de resultados

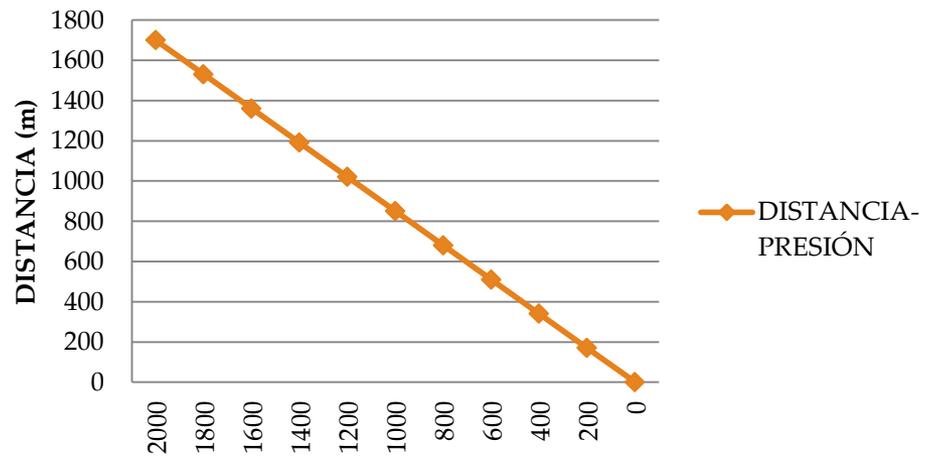
PRESIÓN (PSI)	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)
2000	10.0	1700
1800	9.0	1530
1600	8.0	1360
1400	7.0	1190
1200	6.0	1020
1000	5.0	850
800	4.0	680
600	3.0	510
400	2.0	340
200	1.0	170
0	0.0	0

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.

PRESIÓN-TIEMPO



DISTANCIA-PRESIÓN



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.

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.

E. S. P. E.



INGENIERIA AUTOMOTRIZ

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA