

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN BANCO DE SIMULACION PARA UN  
MOTOR CUATRO TIEMPOS EN CORTE**

**JORGE IVAN SUAREZ VALENCIA  
LUIS EDUARDO SALGAR MARIN**

**INSTITUTO TECNOLOGICO PASCUAL BRAVO  
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE MÉCANICA Y AFINES  
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2012**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN BANCO DE SIMULACION PARA UN  
MOTOR CUATRO TIEMPOS EN CORTE**

**JORGE IVAN SUAREZ VALENCIA  
LUIS EDUARDO SALGAR MARIN**

**TESIS DE GRADO**

**ASESOR CARLOS MAYA MONTOYA  
INGENIERO QUIMICO**

**INSTITUTO TECNOLOGICO PASCUAL BRAVO  
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE MÉCANICA Y AFINES  
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero dar nuestros más sinceros agradecimientos a la empresa Incolmotos - Yamaha S.A., por su apoyo con la donación del motor, parte fundamental para el desarrollo de nuestro proyecto de grado.

Al señor Robinson Zapata por su gestión ante las directivas de Incolmotos - Yamaha S.A., para que realizaran la donación, sabía que era un proyecto viable.

De igual forma a los señores Ciro Jácome Técnico Electrónico y Jaime Vasco Técnico Automotriz, compañeros trabajo por su apoyo y orientación en la ejecución de este proyecto.

Al profesor Carlos Maya Montoya que fue nuestro asesor permanente y a la Instituto Tecnológico Pascual Bravo I.U., por confiar en nuestro proyecto.

## CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCIÓN	8
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	11
3.1. GENERAL	11
3.2. ESPECÍFICOS	11
4. MARCO TEORICO	12
4.1. HISTORIA DE LA MOTOCICLETA	12
4.2. MOTOR	14
4.3. TRANSMISIÓN	15
4.4. CHASIS, SUSPENSIÓN Y FRENOS	15
4.5. CILINDRADA	18
4.6. SEGURIDAD	19
4.7. TIPOS DE MOTOCICLETA	19
4.7.1. De carretera	19
4.7.2. De campo	20
4.8. CONSTRUCCION BASICA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE CUATRO TIEMPOS (4T)	20
4.9. FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL MOTOR CUATRO TIEMPOS	22
4.9.1. Carrera de admisión	22
4.9.2. Carrera de compresión	22
4.9.3. Carrera de combustión	23
4.9.4. Carrera de escape	24
4.10. CONSTRUCCIÓN BÁSICA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE DOS TIEMPOS (2T)	24
4.10.1. Funcionamiento básico del motor de dos tiempos	25
4.10.1.1. Carrera de admisión y compresión secundarias	25
4.10.1.2. Combustión (carrera de potencia) y compresión	26
4.10.1.3. Carrera de escape y transferencia	27
4.10.2. Partes del motor monocilíndrico de cuatro tiempos (4T)	28
4.10.2.1. Culata	28
4.10.2.2. Carter	29
4.10.2.3. Biela	30
4.10.2.4. Cigüeñal	30
4.10.2.5. Volate de Inercia	31
4.10.2.6. Árbol de levas	32
4.10.2.7. Conjunto de válvulas	32
4.10.2.8. Balancines	33

4.10.2.9. Cilindro y bloque de motor	34
4.10.2.10. Pistón y anillos	35
5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO	36
6. METODOLOGÍA	37
6.1. CORTE DE PIEZAS	38
6.2. MOVIMIENTO DEL MOTOR	38
6.3. INDICACION DE LAS OPERACIONES DEL MOTOR	39
6.4. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA	41
6.5. TABLERO INDICADOR DE OPERACIONES	41
6.6. CICLO DEL MOTOR EN CORTE CON INDICACIONES TIPO LED	41
6.6.1. Tiempo de admisión	41
6.6.2. Tiempo de compresión	41
6.6.3. Tiempo de explosión	42
6.6.4. Tiempo de escape	42
GLOSARIO	43
CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	47

## LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Réplica de la Reitwagen de Daimler - Maybach	12
Figura 2: Motocicleta Derbi 49 cc., 1966	13
Figura 3: Jawa 350 moto con sidecar	14
Figura 4: La Dodge Tomahawk	17
Figura 5: Casco integral de motocicleta	19
Figura 6: Partes de un motor en corte	21
Figura 7: Carrera de Admisión	22
Figura 8: Carrera de Compresión	23
Figura 9: Carrera de Combustión	23
Figura 10: Carrera de Escape	24
Figura 11: Características de Motor de dos tiempos	25
Figura 12: Admisión y Compresión	26
Figura 13: Combustión y compresión	27
Figura 14: Escape y Tránsito	28
Figura 15: Culata	29
Figura 16: Cáster	29
Figura 17: Biela	30
Figura 18: Cigüeñal	31
Figura 19: Volante de inercia	31
Figura 20: Árbol de levas	32

Figura 21: Conjunto de válvulas	33
Figura 22: Balancines	33
Figura 23: Cilindro y bloque de motor	34
Figura 24: Pistón y anillos	35
Figura 25: Corte de piezas	38
Figura 26: Movimiento del motor	39
Figura 27: Indicación de las operaciones del motor swichets tipo rodillo – levas de masilla dura	40
Figura 28: Swichet balancín válvula de admisión Swichet balancín válvula de escape	40
Figura 29: Tablero indicador de operaciones	40
Figura 30: Indicador de luz del mismo color	41
Figura 31: Diseño e implementación de un banco de simulación para un motor cuatro tiempos en corte	42

## INTRODUCCION

Un motor de combustión interna, motor a explosión o motor a pistón, es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Su nombre se debe, a que dicha combustión se produce dentro de la máquina en si misma, a diferencia de, por ejemplo, la máquina de vapor.

El motor de explosión ciclo Otto, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo inventó, Nikolaus August Otto, es el motor convencional de gasolina y se clasifican en: de dos tiempos (2T): efectúan una carrera útil de trabajo en cada giro y de cuatro tiempos (4T) efectúan una carrera útil de trabajo cada dos giros.

Nuestro trabajo de basa en motor mono cilíndrico de 4 tiempos de una motocicleta donado por la empresa INCOLMOTOS – YAMAHA S.A con el cual pretendemos que el presente trabajo ayude a la comunidad del Instituto Tecnológico Pascual en la especialidad de Automotriz específicamente en el área de motores de combustión interna a conocer como es el debido funcionamiento de un motor de cuatro tiempos, para identificar fácilmente sus partes, los diferentes ciclos del motor y ver el funcionamiento real en el instante en que este realice una operación.

## 1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La necesidad parte de que el Instituto Tecnológico Pascual Bravo I.U., en el área de mecánica automotriz carece de una ayuda didáctica, donde se brinde capacitación más a fondo y explícito del funcionamiento interno de un motor de cuatro tiempos (4T), debido a las falencias que presentan los alumnos de Pascual Bravo en el área de Mecánica Automotriz referente a los motores de cuatro tiempos en la identificación de su funcionamiento y en los procesos que este realiza internamente.

El estudiante tiene todo el conocimiento teórico pero se le dificulta ir a la realidad y poner en práctica ese conocimiento como es la identificación de las partes, el funcionamiento real de los diferentes ciclos y tiempos del motor tales como: la admisión, la compresión, la explosión, el escape y la sincronización de las piezas que actúan y hacen de un motor un funcionamiento correcto y perfecto. Lo anterior hace que el estudiante no tenga como poner en práctica ese conocimiento de comparar la teoría con la realidad, por la falencia del Instituto Tecnológico Pascual Bravo I.U. de no contar físicamente con un motor de 4 tiempos en corte para resolver dicho problema de que los estudiantes puedan identificar y visualizar fácilmente lo teórico con la práctica.

Para que el estudiante aplique todo el conocimiento teórico adquirido, el establecimiento debería contar con un motor en corte que le permita identificar y visualizar al aprendiz las partes, el funcionamiento real de los diferentes ciclos del motor, etc., a la par con la práctica.

No existe actualmente en el Instituto Tecnológico Pascual Bravo un motor en corte con sensores que le permitan al estudiante identificar los ciclos del motor.

## 2. JUSTIFICACION

Con este proyecto de un motor mono cilíndrico de cuatro tiempos (4T) en corte se busca que el estudiante identifique y visualice fácilmente las piezas internas de un motor, como actúan en movimiento de una forma real, generando los diferentes ciclos que el motor realiza internamente. Esta ayuda didáctica va ser de gran utilidad para el profesor pues transmitirá fácilmente su conocimiento de una manera que el estudiante vea la forma real del funcionamiento del motor cuatro tiempos cada vez que el motor realiza una función.

Dicha ayuda didáctica contara con sensores en cada ciclo y tiempos del motor para que cada vez que el motor realice una de estas operaciones se encienda un bombillo tanto en el bloque como en un tablero indicando dicha operación y permitirá al estudiante ver e identificar la operación que está realizando el motor en ese instante para comprar lo teórico con la realidad.

### **3. OBJETIVOS**

#### **a. OBJETIVO GENERAL:**

Desarrollar un banco didáctico que permita conocer el funcionamiento de un motor mono cilíndrico de cuatro tiempos.

#### **b. OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Realizar el corte en el motor de tal forma que permita ver todas las partes internas.
- Dar movimiento al motor para observar el movimiento real de un motor en funcionamiento
- Distribuir los diferentes sensores de forma lógica que queden sincronizados con cada una de las operaciones del motor, para que el identificador de luz muestre que operación realiza el motor.
- Desarrollar un banco de prueba donde van a ir todos los indicadores de luces.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1. HISTORIA DE LA MOTOCICLETA.

Réplica de la Reitwagen de Daimler-Maybach  
Figura 1



El estadounidense Sylvester Howard Roper (1823-1896) inventó un motor de cilindros a vapor (accionado por carbón) en 1867. Ésta puede ser considerada la primera motocicleta, si se permite que la descripción de una motocicleta incluya un motor a vapor. (1)

Wilhelm Maybach y Gottlieb Daimler construyeron una moto con cuadro y cuatro ruedas de madera y motor de combustión interna en 1885. Su velocidad era de 18 km/h y el motor desarrollaba 0,5 caballos.

Gottlieb Daimler usó un nuevo motor inventado por el ingeniero Nikolaus August Otto. Otto inventó el primer motor de combustión interna de cuatro tiempos en 1876. Lo llamó «Motor de Ciclo Otto» y, tan pronto como lo completó, Daimler (antiguo empleado de Otto) lo convirtió en una motocicleta que algunos historiadores consideran la primera de la historia. En 1894 Hildebrand y Wolfmüller presentan en Munich la primera motocicleta fabricada en serie y con claros fines comerciales. La Hildebrand y Wolfmüller se mantuvo en producción hasta 1897. Los hermanos rusos afincados en París Eugéne y Michel Werner montaron un motor en una bicicleta. El modelo inicial con el motor sobre la rueda delantera se comenzó a fabricar en 1897.

Motocicleta Derbi. 49 cc. 1966  
Figura 2



En 1902 se inventó el Scooter (proviene del inglés scooter), también conocido como auto sillón, por el francés Georges Gauthier. La escúter es una moto provista de un salpicadero de protección. Fue fabricada en 1914. Tuvo una gran popularidad, sobre todo entre los jóvenes. Incorpora dos ruedas de poco diámetro y un cuadro abierto que permite al conductor estar sentado en vez de a horcajadas. También tiene una carrocería que protege todos los mecanismos, y ofrece algún pequeño espacio de almacenaje de objetos pequeños y de una rueda de recambio. Son vehículos urbanos, aunque también se pueden hacer viajes largos. Lo que destaca en este tipo de motos es la comodidad del manejo y facilidad de conducción, y no el desarrollo de grandes velocidades.

En 1910 apareció el sidecar, un carro con una rueda lateral que se une a un lado de la motocicleta. Consta de un bastidor (de una sola rueda) y de una carrocería que protege al pasajero. La motocicleta que lo arrastra, se convierte en un vehículo de tres ruedas y su conducción se controla mediante el giro del manillar, al no poder ejecutarse la basculación. Ya había aparecido años antes, pero en bicicletas y con la proliferación de los vehículos llamados «utilitarios», además de la prohibición de su fabricación por los gobiernos recientemente, han desaparecido prácticamente de la circulación.

Jawa 350 moto con sidecar  
Figura 3



Después de volver de la Segunda Guerra Mundial (1945), los soldados estadounidenses parecían descontentos con las motocicletas que eran construidas por Harley-Davidson e Indian. Las motos que habían montado en Europa eran más ligeras y más divertidas de conducir. Estos veteranos comenzaron a andar con otros ex soldados para volver a vivir algo de la camaradería que habían sentido en el servicio. Estos grupos se dieron cuenta que sus motocicletas necesitaban los cambios que Harley no les proporcionaba. Así nació la Motocicleta Custom.

#### **4.2. MOTOR**

Normalmente va propulsada por un motor de gasolina de dos o cuatro tiempos (2T y 4T), aunque últimamente los dos tiempos están siendo reservados a las cilindradas más pequeñas debido a razones medioambientales. Antiguamente la refrigeración por aire era la más normal, hoy día ha tomado un auge extraordinario la refrigeración líquida con la cual compite.

El motor va normalmente posicionado de modo transversal, es decir el cigüeñal es perpendicular a la marcha, independientemente del número de cilindros. Aunque hay excepciones muy conocidas y difundidas (BMW series «R» y «K» o Moto Guzzi serie «V», en los que el cigüeñal es longitudinal). El número de cilindros varía desde uno, usual en cilindradas más pequeñas, hasta 6 en línea, siendo disposiciones muy frecuentes los 4 en línea y dos en V con diferentes ángulos. El dos cilindros paralelo transversal fue el sistema más usual en las cilindradas mayores hasta los años 70. A partir de entonces se popularizó de manera extraordinaria el 4 cilindros.

La lubricación se hace de modo común para el motor y el cambio, salvo en los dos tiempos (2T), tanto en modo de cárter húmedo como de cárter seco. La alimentación se hizo por carburador, tanto uno para dos cilindros como un carburador por cilindro, la disposición más frecuente; hasta hoy día en que la inyección de combustible los está desplazando por normativa ambiental (emisión de gases). El encendido del motor se hacía originalmente por magneto y platinos, sin batería; Luego por bobina y batería, primero de platinos, luego transistorizado y hoy día totalmente electrónico. El encendido DIS o de «chispa perdida», primero de platinos y luego electrónico, se popularizó desde principios de los 70, con la llegada masiva de las japonesas tetracilíndricas, es decir, que el distribuidor no se conoció en este tipo de motores salvo excepciones (Guzzi V7, MV-Agusta).

### **4.3. TRANSMISIÓN**

La caja de cambios va situada usualmente detrás del cigüeñal, arrastrada por una desmultiplicación primaria de cadena o engranajes, que aumenta el par del motor, normalmente no muy grande en las cilindradas más usuales del motor. Es decir que a la entrada del cambio tenemos unas 2 o 3 veces más par que en el cigüeñal.

Por este motivo un embrague monodisco sería muy brusco, y se recurre a un embrague multidisco que suaviza el acoplamiento y la multiplicación de par obtenida en la salida desde parado, ya que además va bañado en aceite, menos en las máquinas de competición.

La transmisión a la rueda trasera se hace mediante cadena la mayoría de las veces, aunque en los casos de motor longitudinal y bastantes de transversal se emplea el cardan.

La correa, muy usada en los tiempos primitivos por las potencias tan bajas, ha vuelto a recuperar posiciones por los materiales y el dentado, ver Harley Davidson y BMW serie R.

### **4.4. CHASIS, SUSPENSIÓN Y FRENOS**

La conducción se lleva a cabo por la articulación de la rueda delantera (que gira según un eje vertical), consiguiendo mediante basculación sobre la vertical, la trayectoria en curva requerida por el conductor. Va controlada por un manillar

sobre el que están instalados los dispositivos necesarios para control de la motocicleta: palancas de accionamiento del freno delantero, embrague, interruptores de las luces, etc.

El chasis, que puede ser simple, de doble cuna, multitubular, de chapa estampada, doble viga, monocasco, etc., suele estar construido preferentemente en acero ó aluminio, en casos más raros en magnesio, carbono ó titanio. La rigidez y geometría del chasis es vital para su estabilidad. Normalmente la rigidez necesaria va en función de la potencia del motor y las características dinámicas. Hoy día todas las motocicletas están dotadas de suspensiones, con el fin de mantener las ruedas en contacto con el suelo el máximo tiempo posible al paso por irregularidades, asegurando la estabilidad y aumentar el confort de marcha. La suspensión originalmente era de paralelogramo delante, y atrás se carecía de ella. A partir de la competición se desarrolló la horquilla telescópica patentada por BMW y se introdujo la suspensión trasera, primero de deslizamiento paralelo y luego basculante. Actualmente sigue siendo basculante atrás, pero los amortiguadores pueden tener diferentes posiciones, incluso ser solo uno.

Los frenos son imprescindibles para detener la motocicleta. Suelen ir anclados a las llantas y son accionados por una palanca en el manillar o en el pie. Los hay de dos tipos: de tambor y de disco. El freno de tambor está compuesto por cinco partes:

- Zapatas
- Portazapatas
- Muelles
- Tambor
- Guaya o varilla del freno

Los frenos de disco han ido ganando terreno en el total de motocicletas distribuidas, por ser más eficaces, y disipar mejor el calor generado en la frenada. Los frenos de tambor son muy particulares, porque si una de sus partes no funciona correctamente, la banda emite sonidos, como si fueran chillidos, al momento de frenar la motocicleta.

La Dodge Tomahawk alcanza los 423 km por hora.

Figura 4



Algunas motocicletas tienen carenado, cuya finalidad es proteger al conductor del viento y favorecer la velocidad máxima por aerodinámica mejorada. Las motocicletas con suspensión tradicional alteran su longitud entre ejes al frenar (ya que la fuerza de frenado hunde la horquilla, provocando un acortamiento de ejes), eso impide que las maniobras de frenado y giro puedan realizarse simultáneamente (salvo en modelos avanzados con sistemas de suspensión dúo - lever o para - lever), ya que al frenar estando inclinada varía la inclinación y por tanto la trayectoria. Disponen generalmente de cambio de marchas que se controla mediante una de las empuñaduras del manillar o mediante una palanca accionada con el pie; algunos modelos de poca cilindrada disponen de cambio por variador (sistema de poleas que mantiene constante la relación de revoluciones del motor mientras se varía la velocidad del vehículo), aunque ya están surgiendo modelos con embrague automático y cambio de velocidades secuencial.

La motocicleta se mantiene erguida en recta y mantiene la estabilidad en curva gracias al efecto giroscópico de las ruedas. El diámetro en las ruedas puede estar comprendido entre 21" motos todo-terreno ó enduro y 8" minimotos, y una anchura entre 5 cm hasta 210 mm, la diferencia más importante en relación a otros vehículos es la relación peso/potencia, esto caracteriza a la motocicleta de aceleraciones y frenadas fulgurantes difíciles de superar por los más pesados y seguros automóviles.

## 4.5 CILINDRADA

- Tradicionalmente las motos se han clasificado por la cilindrada de sus motores, de una manera mucho más clara que en los automóviles, llegando a determinar las categorías en las pruebas de Gran Premio.
- Las más frecuentes tradicionalmente fueron: 125 cc, 250 cc, 500 cc. Todavía son un referente, especialmente la primera, por facilidades legales de acceso a su conducción como en España.
- Asimismo la cilindrada de 50 cc fue extraordinariamente popular en los años 50 -80 por la legislación del llamado «ciclomotor». Aún sigue existiendo, pero con muchas menos restricciones de potencia y configuración.
- Los 750 cc durante bastantes años fueron la cilindrada máxima, aunque hoy día son frecuentes otras mayores, como los 900, 1000 y 1200 cc.
- Los 650 cc fueron un referente de las deportivas británicas (Norton, Triumph, BSA)
- las 350, otras muy frecuentes, han dado paso de una manera extraordinaria a los 400cc, especialmente por disposiciones legales en algunos países.
- las 175 han desaparecido casi por completo de la producción, dando paso a las 200cc.

## 4.6. SEGURIDAD

Casco Integral de motocicleta  
Figura 5



De acuerdo con el departamento de transporte de los Estados Unidos en el año 2005 hubo 18,62 accidentes fatales por cada 100.000 vehículos. Para las motocicletas esta cifra fue de de 75,19 por 100.000, o unas 4 veces la tasa absoluta por vehículo (sin contar kilometrajes) de los automóviles.

La misma fuente indica que la tasa de siniestralidad contando kilometrajes fue de 1,56 muertes por cada 100 millones de millas por vehículo para automóviles de turismo, mientras que para motocicletas fue de 43,47 (28 veces superior).<sup>1</sup> En el 2007 la mortalidad por milla recorrida fue 37 veces mayor en motocicletas que en automóviles<sup>2</sup>

## 4.7. TIPOS DE MOTOCICLETAS

### 4.7.1. De carretera:

- Chopper
- Ciclomotor
- Custom
- Deportiva
- Naked

- Scooter
- De turismo
- De velocidad

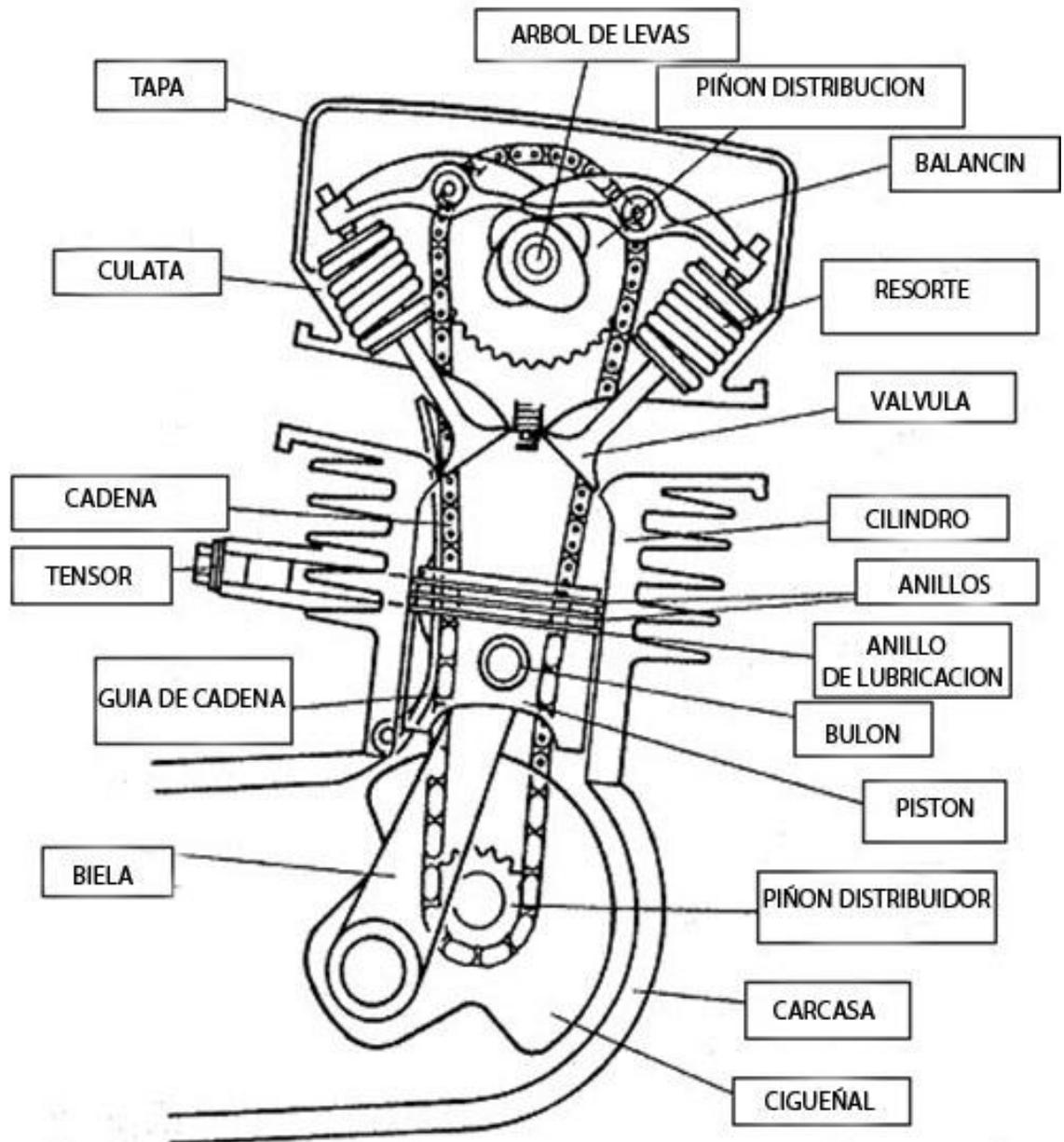
#### 4.7.2. De campo:

- Cross
- Enduro
- Supercross
- Supermoto
- Trial
- Todoterreno

#### **4.8. CONSTRUCCIÓN BÁSICA Y CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES DE CUATRO TIEMPOS (4T). [3].**

- El motor de cuatro tiempos requiere de dos vueltas del cigüeñal (cuatro carreras del pistón) para completar un ciclo de eventos en el cilindro. Formalmente, se llama “motor de cuatro ciclos”. La combustión (carrera de potencia) tiene lugar cada dos vueltas del cigüeñal.
- El cilindro tiene válvulas de admisión y escape. Estas válvulas se abren de acuerdo al movimiento hacia arriba y hacia abajo del pistón, el cilindro no tiene lumbreras.
- Por lo tanto todos los eventos tienen lugar en la cámara de combustión localizada sobre el cilindro.
- Para abrir y cerrar las válvulas, hay un mecanismo de control de válvulas sobre la culata, que es accionado por el cigüeñal.

Partes de un motor en corte. Catalogo Yamaha.  
Figura 6



#### 4.9. FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS (4T). [4]

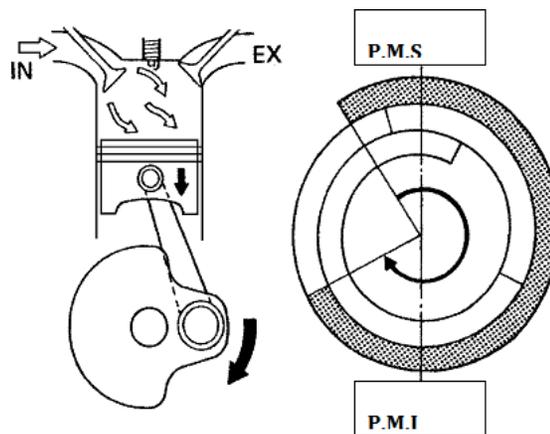
El motor de cuatro tiempos para su funcionamiento requiere de cuatro carreras o evento llamados:

##### 4.9.1. Carrera de admisión.

Cuando el pistón se mueve hacia abajo, la presión de la cámara de combustión se hace negativa y la válvula de admisión se abre para que una carga fresca de mezcla fluya hacia el cilindro desde el carburador.

Actualmente para incrementar la eficiencia de la admisión, la válvula de admisión se abre ligeramente antes de que el pistón alcance el punto muerto superior (P.M.S) y se cierra cuando el pistón comienza a ascender del punto muerto inferior (P.M.I). lo que hace que la válvula de admisión esté abierta más tiempo. Esto permite la entrada de una mayor cantidad de mezcla al cilindro.

Carrera de Admisión. Catalogo Yamaha  
Figura 7

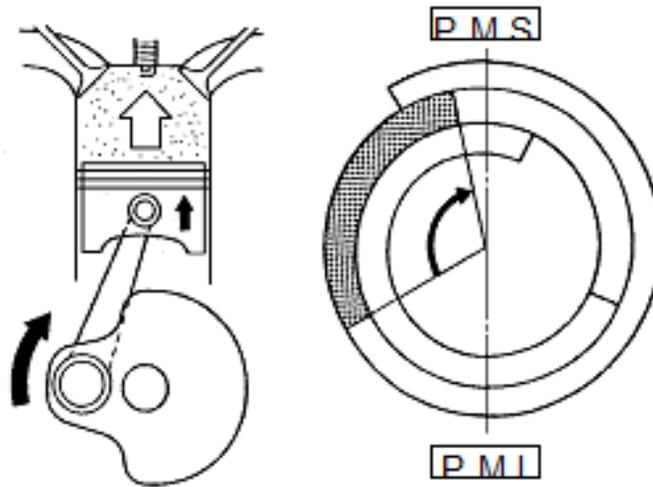


##### 4.9.2. Carrera de compresión.

Cuando el pistón se mueve hacia arriba, se cierra la válvula de admisión y al mismo tiempo, la válvula de escape también se cierra. La mezcla en la

cámara de combustión se comprime hasta que el pistón esté en el P.M.S y luego, es fácil de encender la mezcla y quemarla rápidamente.

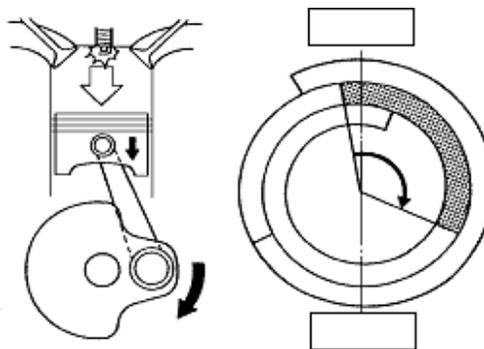
Carrera de Compresión. Catalogo Yamaha  
Figura 8



#### 4.9.3. Carrera de combustión.

Justo antes del final de la carrera de compresión, tiene lugar la generación de una chispa que enciende la mezcla comprimida. La mezcla se quema rápidamente y la presión de la combustión empuja el pistón hacia abajo, girando luego el cigüeñal a través de la biela.

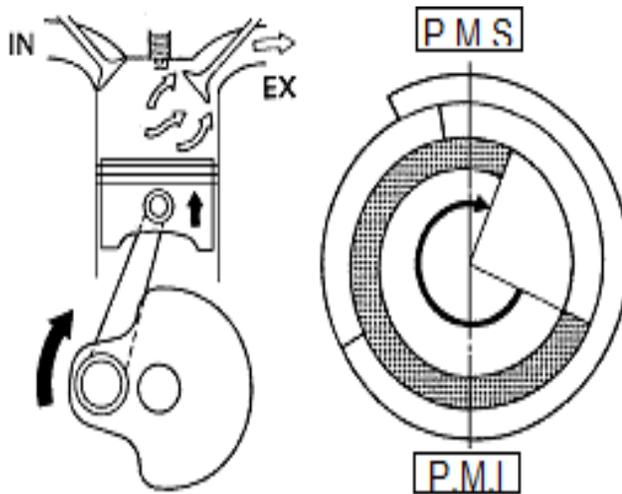
Carrera de Combustión. Catalogo Yamaha  
Figura 9



#### 4.9.4. Carrera de escape.

Justo antes de que el pistón llegue al P.M.I, se abre la válvula de escape y los gases quemados comienzan a fluir hacia fuera. Cuando el pistón comienza a subir desde el P.M.I, empuja completamente hacia afuera los gases quemados remanentes. Después de que el pistón comienza a bajar desde el P.M.S, se cierra la válvula de escape y la mezcla comienza a fluir hacia adentro.

Carrera de Escape. Catalogo Yamaha  
Figura 10



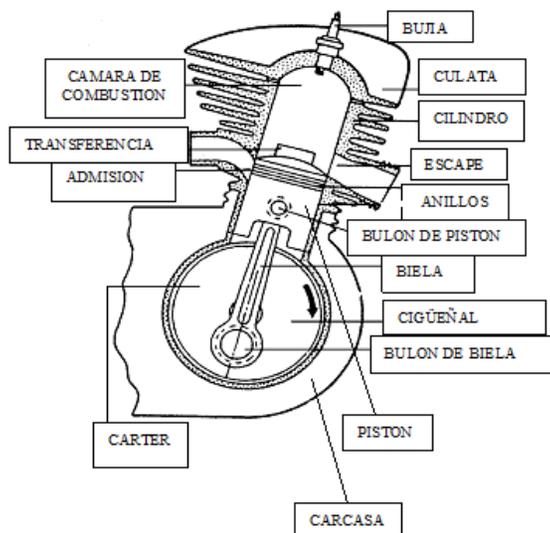
#### 4.10. CONSTRUCCIÓN BÁSICA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE DOS TIEMPOS (2T). [5]

- El motor de dos tiempos requiere únicamente de una vuelta del cigüeñal (dos carreras del pistón) para completar un ciclo de eventos en el cilindro. Formalmente, se llama “motor de dos ciclos”. La combustión (carrera de potencia) tiene lugar cada vuelta del cigüeñal. El orden para completar un ciclo de eventos por vuelta del cigüeñal (dos carreras del pistón), los eventos tienen lugar separadamente en la cámara de combustión (sobre el pistón) y en el Carter (bajo el pistón).
- La mezcla de aire-combustible se comprime dos veces por ciclo. Compresión primaria (compresión primaria en el Carter), la mezcla que entra al cárter se comprime para que fluya a la cámara de combustión.

Combustión secundaria (compresión en el cilindro y la cámara de combustión), para encender y quemar la mezcla fácilmente, se vaporiza y se comprime y el resultado es una presión de combustión extremadamente alta.

- Hay una carrera de transferencia. La mezcla comprimida en el Carter fluye al cilindro a través de un pasaje de transferencia que fuerza los gases quemados remanentes a salir del cilindro.

Características de Motor de dos tiempos. Catalogo Yamaha  
Figura 11



#### 4.10.1. Funcionamiento básico del motor de dos tiempos (2T). [6]

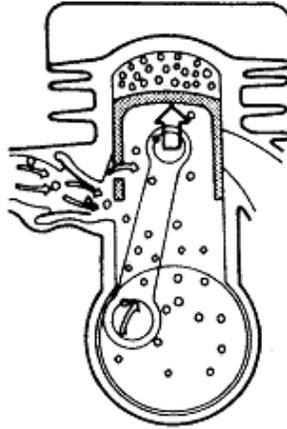
##### 4.10.1.1. Carrera de admisión y compresión secundaria.

Cuando el pistón se mueve hacia arriba, se genera un vacío parcial en el Carter, y cuando la faldita del pistón abre la lumbrera de admisión, una mezcla de aire - combustible es succionada en el Carter desde el carburador.

De otro lado las lumbreras de transferencia y de escape están cerradas por la cabeza del pistón y luego, la mezcla en la cámara de combustión es comprimida (en la mitad posterior de la carrera ascendente del pistón).

Admisión y Compresión. Catalogo Yamaha  
Figura 12

1. ADMISION Y COMPRESION



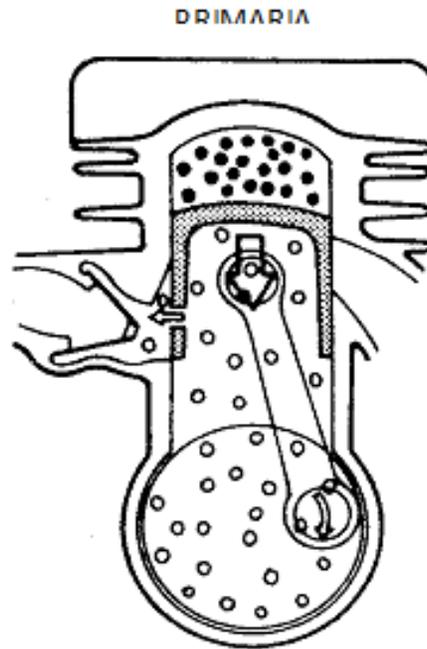
**4.10.1.2. Combustión (carrera de potencia) y compresión.**

Cuando el pistón se aproxima al punto muerto superior, la mezcla vaporizada y comprimida se enciende por la acción de la bujía. La presión del gas quemado fuerza el pistón hacia abajo y el pistón hace girar el cigüeñal a través de la biela.

Como el pistón se mueve hacia abajo, la faldilla del pistón cierra la lumbrera de admisión, y con el posterior movimiento hacia abajo, comprime la mezcla en el cárter (en la primera mitad de la carrera del pistón hacia abajo).

Combustión y compresión. Catalogo Yamaha  
Figura 13

2. COMBUSTION Y COMPRESION



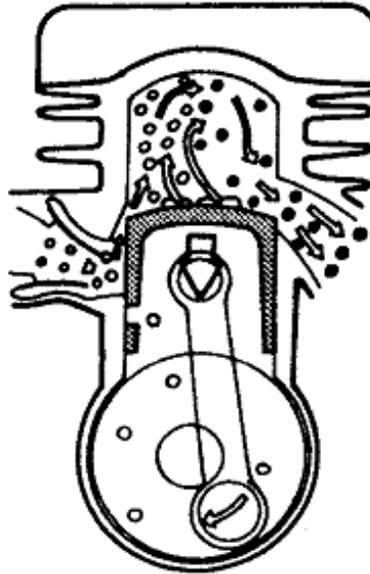
**4.10.1.3. Carrera de escape y transferencia.**

Cuando la cabeza del pistón abre la lumbrera de transferencia inmediatamente después de que ha comenzado la carrera de escape, la mezcla comprimida del Carter fluye a través del pasaje de transferencia en la pared del cilindro hacia la cámara de combustión.

Esta carga fresca de mezcla obliga a salir los gases quemados remanentes hacia afuera del cilindro y al mismo tiempo, la cámara de combustión se llena con una mezcla fresca (en la mitad posterior de la carrera hacia abajo del pistón).

Escape y Tránsito. Catálogo Yamaha.  
Figura 14

4. ESCAPE Y TRANSFERENCIA



**4.10.2. Partes de motor mono cilíndrico cuatro tiempos (4T). [7].**

**4.10.2.1. Culata.**

La culata, tapa de cilindros, cabeza del motor o tapa del bloque de cilindros es la parte superior de un motor de combustión interna que permite el cierre de la combustión. Constituye el cierre superior del bloque motor y en motores sobre ella se asientan las válvulas, teniendo orificios para tal fin. La culata presenta una doble pared para permitir la circulación del líquido refrigerante. Si el motor de combustión interna es de encendido provocado (motor Otto), lleva orificios roscados donde se sitúan las bujías. En caso de ser de encendido por compresión (motor Diesel) en su lugar lleva los orificios para los (inyectores).

La culata se construye en hierro fundido o en aleación ligera y se une al bloque motor mediante tornillos y una junta: la junta de culata.

Culata. Catalogo Yamaha  
Figura 15



#### 4.10.2.2. Cárter.

Es la pieza que cierra al motor por la parte posterior. Cumple varias misiones; una de ellas es la de proteger a los elementos móviles (cigüeñal), también sirve de recipiente para el aceite de engrase y cumple el cometido de refrigerar dicho aceite. Se construye de chapa embutida y en su parte más baja lleva practicado un orificio de vaciado del aceite de engrase. Existen modelos en los cuales se les practica una serie de orejas o laminaciones que sirven para la mejor refrigeración del aceite del engrase.

Cárter. Catalogo Yamaha  
Figura 16



#### 4.10.2.3. Biela.

Es el elemento que sirve de unión entre el pistón y el cigüeñal y por lo tanto, es el que transmite todo el esfuerzo del pistón a las muñequillas del cigüeñal.

La biela se divide en: cabeza, cuerpo y pie.

La cabeza es la parte de la biela que va acoplada a la muñequilla del cigüeñal. Esta unión se realiza a través de un elemento llamado sombrerete el cual va unido a la cabeza de la biela por medio de dos fijaciones roscadas. Entre medias se colocan unos casquillos antifricción los cuales sirven para evitar el desgaste prematuro entre las superficies en contacto. Estos elementos se denominan semi casquillos de biela o semi cojinetes de biela.

Biela. Catalogo Yamaha  
Figura 17



#### 4.10.2.4. Cigüeñal.

Es el elemento que junto con la biela y el pistón realiza la transformación del movimiento alternativo en movimiento rotativo. Transmite también el giro y fuerza motriz a los demás órganos de transmisión.

Constituido por un árbol acodado el cual posee unas muñequillas de apoyo que descansan sobre los apoyos del bloque motor. El cigüeñal va fijado en sus apoyos, al igual que la cabeza de biela, por unos sombreretes, denominados *sombreretes de bancada*. Entre medias se colocan unos casquillos denominados semi casquillos de bancada o semi cojinetes de bancada, los cuales

tienen la misión de reducir el rozamiento al máximo y evitar el desgaste prematuro entre las piezas en contacto.

El número de apoyos de un cigüeñal suele ser, el número de cilindros menos uno.

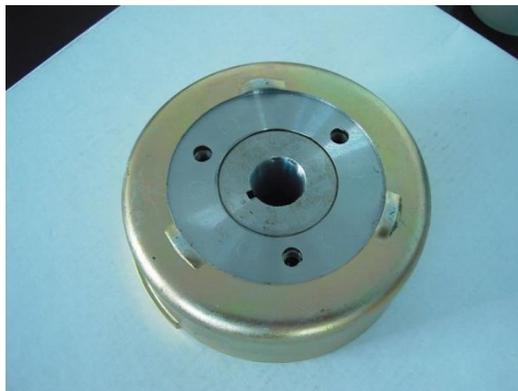
Cigüeñal. Catalogo Yamaha  
Figura 18



#### **4.10.2.5. Volante de inercia.**

Es el elemento de gran masa que se acopla al cigüeñal y que tiene la misión de almacenar energía cinética para regular el giro del cigüeñal y transmitir esa energía en los puntos muertos (del ciclo).

Volante. Catalogo Yamaha  
Figura 19



#### 4.10.2.6. Árbol de levas.

El árbol de levas es el elemento encargado de vencer la fuerza que ejercen los muelles sobre las válvulas a través de los mecanismos de mando para poder abrirlas y cerrarlas en el momento adecuado.

Un árbol de levas es un mecanismo formado por un eje en el que se colocan distintas levas, que pueden tener distintas formas y tamaños y estar orientadas diferentes mecanismos a intervalos repetitivos, como por ejemplo unas válvulas, es decir constituye un temporizador mecánico cíclico.

Árbol de levas. Catalogo Yamaha  
Figura 20



#### 4.10.2.7. Conjunto de válvulas.

Son un conjunto de elementos que abren y cierran la entrada y salida de gases a la cámara de compresión.

Válvula: Son el elemento principal de este conjunto. Situadas en el interior de la cámara de combustión son las encargadas de abrir y cerrar los orificios de entrada y salida de gases.

Constituidas por una cabeza de válvula la cual hace el cierre hermético con el orificio de la culata. Suelen estar mecanizadas con un ángulo de inclinación para

evitar fugas y permitir un mejor cierre. Esta parte de la válvula apoya en la culata sobre un elemento llamado asiento de válvula.

Conjunto de válvulas. Catalogo Yamaha  
Figura 21



#### **4.10.2.8. Balancines.**

Es la palanca que transmite directa o indirectamente el movimiento de la leva a la válvula.

Existen dos tipos de balancines:

**Balancines basculantes:** Empleados en motores que usan varillas empujadoras. Por un extremo recibe el empuje y por el otro lo transmite, basculando en la parte central.

**Balancines Oscilantes:** Este tipo de balancines se emplea en motores con árbol de levas en cabeza. A diferencia del anterior, en este caso, el movimiento lo recibe directamente el balancín en su zona central, basculando en un extremo y transmitiendo el movimiento en el otro.

Balancines. Catalogo Yamaha  
Figura 22



#### 4.10.2.9. Cilindro y Bloque de Motor.

los cilindros se construye lo mas lisa posible para evitar rozamientos, muchos de ellos son labrados directamente en el bloque del motor. Es una pieza hecha con metal fuerte porque debe soportar a lo largo de su vida útil un trabajo a alta temperatura con explosiones constante de combustible, lo que lo somete a un trabajo excesivo bajo condiciones extremas. Una agrupación de cilindros en un motor constituye el núcleo del mismo, conocido como bloque del motor.

Los cilindros permiten el movimiento rectilíneo de los pistones entre su Punto Muerto Inferior y Punto Muerto Superior (conocidos como PMI y PMS). Hay motores desde un cilindro, como las motosierras y algunas motocicletas, hasta motores de 12 o 16 cilindros en automóviles, camiones y aviones. Una agrupación de cilindros en un motor constituye el núcleo del mismo, conocido como bloque del motor

El diámetro y la cilindrada, tienen mucho que ver con la potencia que el motor ofrece, pues están en relación directa con la cantidad de aire que admite para mezclarse con el combustible y que luego explota, generando con ello el movimiento mecánico que finaliza con el desplazamiento del vehículo hacia otra posición.

El cilindro forma también la cámara de combustión en su extremo superior, es decir, la cavidad que es formada junto con la corona del pistón en donde se comprime la mezcla (aire y gasolina) o el aire (en el caso de motores diesel) y donde finalmente esta misma entra en combustión.

Cilindro y Bloque del Motor. Catalogo Yamaha  
Figura 23



#### 4.10.2.9. Pistón y anillos.

El pistón es un émbolo de un cilindro en un motor de explosión se denomina pistón, o sea, el pistón es uno de los elementos básicos del motor de combustión interna. El émbolo se ajusta al interior de las paredes del cilindro a partir de aros flexibles que se llaman segmentos o anillos; realiza un movimiento de tipo alternativo, obligando al fluido que ocupa el cilindro a cambiar de presión y volumen. Gracias a la acción de la biela (elemento de tipo mecánico que sometido a esfuerzos de tracción y compresión transmite el movimiento articulando a otras partes de la máquina) y la cigüeñal (eje acodado, con codos y contrapesos presente en algunas máquinas), el pistón transforma su movimiento alternativo en rotativo.

Está construido generalmente en aleación de aluminio y puede formar parte de bombas, compresores y motores. Los pistones correspondientes a motores de combustión interna soportan grandes presiones, temperaturas y velocidades y aceleraciones muy altas. Existen dos procesos para su elaboración, fundidos y forjados

Pistón y anillos. Catalogo Yamaha  
Figura 24



## **5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO**

El proyecto se basa en un motor mono cilíndrico cuatro tiempos al cual se le hará un corte seccionado, que permita ver internamente las piezas en movimiento y una adaptación de sensores eléctricos tipo rodillo colocados estratégicamente en la volante del motor que estarán alineados con la cabeza de fuerza en el mismo instante que esté realizando una de las operaciones principales del motor se encenderá un indicador de luz que nos indique que en este instante el motor a efectuado dicha operación. En alguno de los casos se colocaran sensores de tiempo que nos indicara el desplazamiento del pistón desde PMI al PMS y viceversa. Todos estos indicadores de luz irán adaptados a un tablero indicando la operación realizada por el motor con el fin de que los estudiantes puedan comprobar la teórica con la realidad.

## 6. METODOLOGÍA

El proyecto consta de un motor mono cilíndrico cuatro tiempos en corte con el objetivo de ser una ayuda didáctica para el estudiante, para esto se utilizara la siguiente metodología:

Sobre el motor mono cilíndrico de cuatro tiempos se hará un trazado inicial a la parte exterior, buscando el mejor ángulo de corte con el fin de brindar una mejor visualización del interior de motor.

Se procederá al desarmado del motor con la identificación de cada una de las piezas utilizando herramientas técnicas con el fin de evitar daños en el momento del despiece.

Se lavaran cada una de las piezas que estén impregnadas de aceite con un desengrasante, para realizar el trazado a cada una de las piezas y basándose en el traslado inicial exterior elegido comprobaremos si este fue el mejor ángulo para realizar los cortes, de lo contrario debemos modificar el trazo, en busca de una mejor visualización interna del motor.

Corroborando que el trazo fue el mejor procederemos al corte con una sierra manual de cada una de las piezas en forma secuencial. Se procederá al lavado de cada una de las piezas con el fin de eliminar todo tipo de limalla que pueda causar averías al motor. Se toman las piezas y basado en el manual de ensamble del fabricante y herramientas especializadas se procederá armar de nuevo el motor.

Sobre la tapa que cubre la volante y en el árbol de levas se colocaran unos swichtes tipo rodillo que harán de sensores. Sobre la volante se construirán unas levas, a medida que la volante gira y las levas en la volante se encuentra con los sensores estos se activaran y permitirán encender los indicadores de luz anunciando que el motor está realizando una operación. Cada función del motor tendrá un indicador de luz que ira sobre un tablero que identifica cada operación que desarrolla el motor.

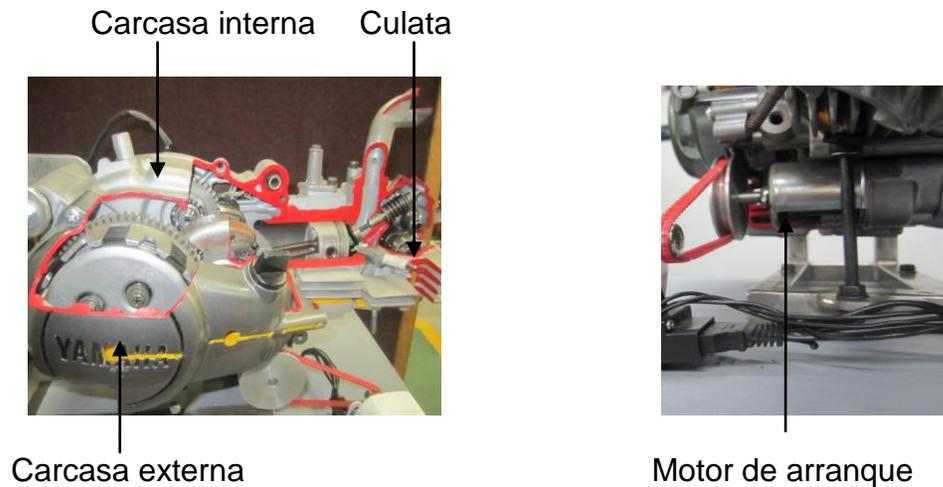
El movimiento del motor se da por medio del eje de arranque, incorporando un motor eléctrico de 110 voltios. El motor eléctrico hará mover en forma lenta y controlada el motor de combustión interna y permitirá captar de una forma sencilla cada una de las operaciones, debido a que se estarán mostrando en el tablero indicador de operaciones.

Se diseña un banco de pruebas en hierro con ruedas para ser transportado fácilmente y en la parte superior se colocó una tabla para anclar el motor y un tablero indicador de funciones.

A continuación una descripción más detallada del desarrollo de nuestro proyecto en el diseño e implementación de un banco de simulación para un motor de cuatro tiempos:

- 6.1. CORTE DE PIEZAS:** realizamos todos los trazados y corte de cada de las piezas en el siguiente orden: Culata, cilindro, carcasa internas, carcasas externas y motor de arranque.

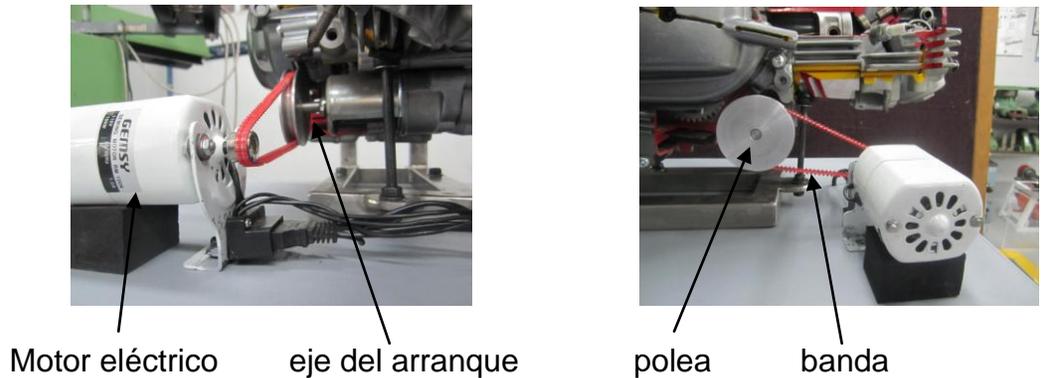
Corte de piezas.  
Figura 25



- 6.2. MOVIMIENTO DEL MOTOR:** Se dio por medio del eje del arranque alargando este en 5 cms con el fin de anclar una polea y unirla por medio de una banda a un de motor de  $\frac{1}{4}$  de caballo a 110 voltios.

Para esto instalamos un motor de máquina de coser que cumple con las necesidades requeridas y utilizamos el variador del pedal de la máquina para controlar la velocidad.

Movimiento del motor  
Figura 26

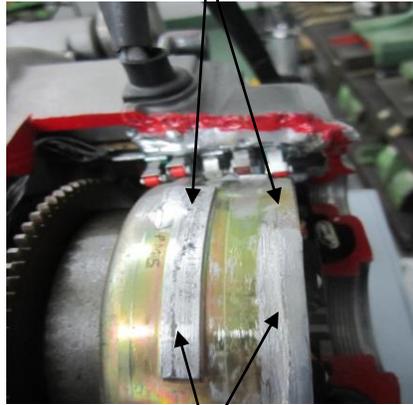


**6.3. INDICACIÓN DE LAS OPERACIONES DEL MOTOR:** Tomamos dos partes del motor; la volante y el árbol de levas para el desarrollo de esta actividad. Como es de nuestro conocimiento la volante va pegado al cigüeñal y gira 180 grados por cada carrera del pistón; esto nos permitió establecer que en la volante quedarían indicadas las carreras del pistón por medio de unas levas que se fabricaron de masilla dura y se adhieren a la superficie de la misma; con unos swichtes tipo rodillo que están sincronizados con cada operación y al tocar la superficie pronunciada se accionan y hacen encender un indicador de luz. Estas levas pronunciadas tienen la misma longitud en grados en relación a la carrera del pistón que es un desplazamiento rectilíneo, la luz permanecerá encendida por el tiempo que dura la carrera desde el PMS hasta el PMI y viceversa.

De igual forma establecimos en la volante los PMS y PMI con dos pequeñas levas para indicar la posición del pistón al final de cada carrera. Estas funciones encienden unos led que están ubicados en el tablero indicador de funciones.

Indicación de las operaciones del motor  
Figura 27

Swichtes tipo rodillo



Levas de masilla dura

El árbol de levas tiene una conicidad para la apertura y cierre de las válvulas; esta condición nos permite colocar un swicht en la tapa válvulas, un indicador de luz tanto en la cámara de combustión como en el tablero para ver la apertura y cierre de las válvulas de admisión y de escape, en el momento en que los balancines accionan las válvulas.

Indicación de las operaciones del motor  
Figura 28

Swicht balancín de admisión



Swicht balancín de escape

**6.4. LA ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA:** se toma un transformador de 110 a 12 voltios se coloca una resistencias de 470 ohmios a salida de la alimentación con el objetivo que no se quemen los led.

**6.5. TABLERO INDICADOR DE OPERACIONES:** En una tarjeta o baquela se colocan todos los led con el fin de dar una mejor organización y evitar cables. El Circuito se coloca en orden de acuerdo a las operaciones del motor, y luego se perfora el mismo número orificios en un acrílico para colocar la tarjeta al interior de este; finalmente sobre el acrílico marcamos cada una de las operaciones del motor que queremos mostrar:

- Tiempo de admisión
- Apertura de la válvula de admisión
- Tiempo de compresión
- Salto de chispa
- Tiempo combustión o explosión
- Tiempo de escape
- Apertura de la válvula de escape
- PMS ( Punto muerto superior)
- PMI (Punto muerto inferior)

Tablero indicador de operaciones  
Figura 29



**6.6. CICLO DEL MOTOR EN CORTE CON INDICADORES TIPO LED:**

**6.6.1. Tiempo de admisión:** Cuando el pistón esta en el PMS, en el tablero se enciende la luz del indicador del PMS. Cuando el pistón se desplaza del PMS al PMI se apaga dicho indicador y se enciende de inmediato una luz, anunciando el tiempo de admisión. En ese mismo instante se enciende una luz en el tablero correspondiente a la apertura de la válvula de admisión la cual va a estar abierta por el tiempo que dure la carrera.

**6.6.2. Tiempo de compresión:** Al llegar el pistón al PMI fin de la carrera de admisión se apaga la luz del indicador del tiempo de admisión y de la

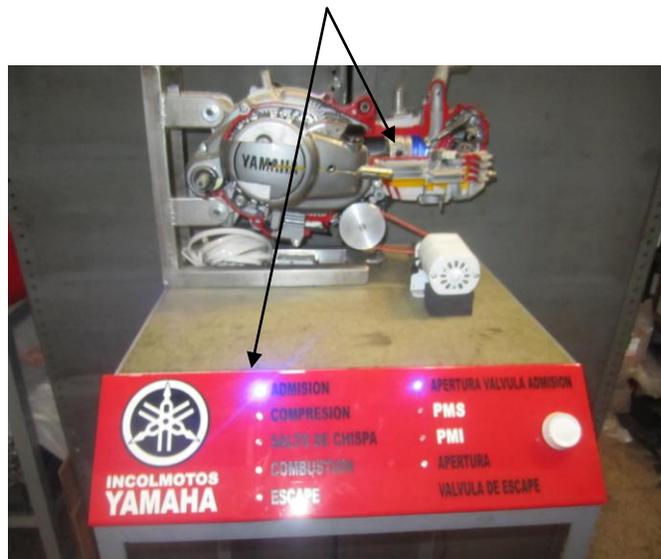
apertura de la válvula de admisión por el cierre de la válvula. Se enciende por un instante la luz del PMI y da comienzo al tiempo de compresión, de inmediato se enciende una luz indicando el tiempo de compresión.

**6.6.3. Tiempo de explosión:** Al llegar el pistón al PMI fin de la carrera de admisión se apaga la luz del indicador del tiempo de admisión y de la apertura de la válvula de admisión por el cierre de la válvula. Se enciende por un instante la luz del PMI y da comienzo al tiempo de compresión, de inmediato se enciende una luz indicando el tiempo de compresión

**6.6.4. Tiempo de escape:** El indicador del PMI se enciende por un instante y da comienzo al tiempo de escape; se enciende la luz de esta carrera. De inmediato se enciende el indicador de luz en el tablero de la apertura de la válvula de escape.

Para los cuatro ciclos del motor tenemos dos indicadores de luz conectados en serie; uno en la cámara de combustión y el otro en el tablero principal; a medida que el motor está realizando las carreras respectivas de los tiempos se encienden dos led del mismo color y en el mismo instante anunciando que el motor está haciendo un ciclo; esto con el fin de mostrar la sincronización perfecta de motor.

Indicador de luz del mismo color  
Figura 30



## GLOSARIO

**ADMISION:** el primer tiempo del motor de combustión interna, cuando el pistón se desplaza del punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI) y al mismo tiempo se realiza la apertura de la válvula de admisión permitiendo la entrada de combustible (aire y gasolina).

**APERTURA DE VALVULA:** es el tiempo que la válvula permanece abierta; esta acción la realiza el árbol de levas.

**BUJIA:** es el elemento encargado de generar la chispa.

**CARRERA:** es el desplazamiento del pistón desde el PMI al PMS y viceversa.

**CICLO:** se denomina ciclo cuando el motor hace los cuatro tiempos del motor.

**CILINDRO:** es el elemento donde se desplaza el pistón desde el PMS al PMI y viceversa.

**COMPRESION:** segundo tiempo del motor de combustión interna, cuando el pistón se mueve hacia arriba se cierra la válvula de admisión y la mezcla se comprime en la cámara de combustión hasta que el pistón llegue al punto muerto superior.

**ESCAPE:** cuarto tiempo del motor de combustión interna, justo antes de que el pistón llegue al P.M.I, se abre la válvula de escape y los gases quemados comienzan a fluir hacia fuera. Cuando el pistón comienza a subir desde el P.M.I, empuja completamente hacia afuera los gases quemados remanentes.

**EXPLOSION:** tercer tiempo del motor de combustión interna, justo antes del final de la carrera de compresión, tiene lugar la generación de una chispa que enciende la mezcla comprimida. La mezcla se quema rápidamente y la presión de la combustión empuja el pistón hacia abajo.

**LED:** es un diodo semiconductor que emite luz, también diodo luminoso. Se usan como indicadores en muchos dispositivos aparatos.

**SALTO DE CHISPA:** es la que enciende la mezcla de aire y gasolina por una corriente de alto voltaje.

**PISTON:** elemento del motor que transforma la fuerza expansiva de los gases de la explosión en movimiento lineal alternativo y lo transmite a la biela. En su ajuste con el cilindro determina la cámara de explosión. Tiene forma de vaso invertido y en su parte central hay un orificio que lo atraviesa y sirve para alojar el bulón por medio del cual se articula la biela.

**PMS:** es la posición más alta del pistón. Denominado también punto muerto superior.

**PMI:** es la posición más baja del pistón. Denominado también punto muerto inferior.

**VALVULA:** permite la entrada y la salida de la mezcla al cilindro.

**SWICHT TIPO RODILLO:** palabra que significa conmutador. Artefacto que lo utilizamos para saber la posición actual de un actuador,

## CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo de grado abordaron una gran necesidad que se tiene el laboratorio de motores del instituto tecnológico pascual bravo de tener herramientas didácticas para abordar el tema de los motores a gasolina de motocicleta de forma práctica donde se pueda dejar claro los temas teóricos expuestos por el profesor en su clase magistral del Instituto Tecnológico Pascual Bravo.

De este proyecto se puede concluir que la ubicación de los sensores es óptima para visualizar y entender correctamente el proceso de combustión de una moto de cuatro tiempos, con esto el estudiante lograra identificar con una mayor claridad cada uno de sus ciclos y funciones que este realice.

Este trabajo ayudo para conocer más afondo otros procesos de aprendizajes que existen aparte del teórico; este le perite al estudiante ver sus partes y su funcionamiento en tiempo real, donde además se puede decir con gran certeza la carencia de este tipo de metodologías en instituciones donde se ofrecen programas afines a la mecánica automotriz.

Diseño e implementación de un banco de simulación para un motor de cuatro tiempos en corte

Figura 31



## BIBLIOGRAFIA

- [1] *Ingeniería de Servicios de la Motocicleta* 1986, 3-5p
- [2] *Motor-Cycle World*.1986, 9-10p.
- [3] *Motor-Cycle World*.1986, 4-5p.
- [4] *Glosario de Moto de Motociclistico Yamaha*.1990, 10-14p.
- [5] *Glosario de Moto de Motociclistico Yamaha*.1990, 15-19p.
- [6] *Localización de Averías en Motocicletas*. 1986, 6-9p.
- [7] *Manual de Automóviles* M. Arias-Paz 1986, Biela 29p, Carter 37p, Cigüeñal 16p, bloque101p, balancines 35p, válvulas 17p, Volante de inercia 17p, Culata 35p, Árbol de levas 48p.

ARIAS-PAZ M. *Manual de Automóviles*. 47 Edición.Dossat, s.a. Editores, Madrid: Plaza de Santa Ana 1986,551p.

YAMAHA MOTOR CO., LTDA. *Ingeniería de Servicios de la Motocicleta*.1 Edición, Impreso en Japón, 1986, 116p

INCOLMOTOS YAMAHA. *Glosario de Moto ciclístico Yamaha*.1Edicion. Impreso en Japón 1990, 38p.

SUZUKI MOTOR CO LTDA. *Localización de Averías en Motocicletas*. 1 Edición.Impreso en Japón, Octubre de 1985,168 p

INCOLMOTOS YAMAHA. Extractado de la revista "*Motor-Cycle World*"