

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE
LATACUNGA**



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO DE EJECUCIÓN EN MECÁNICA
AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO EN LA MEJORA DE RENDIMIENTO DE UN
MOTOR YAMAHA 125 REFRIGERADO POR AIRE”**

FELIPE ANDRÉS FIALLO MEZA

LATACUNGA- ECUADOR

2005

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Felipe Andrés Fiallo Meza Bajo mi dirección y codirección

**Ing Luis Mena
Director**

**Ing Fabian Salazar
Codirector**

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis padres Luchito y Maria Eugenia, a mis hermanos José Luis, Cristina y Didi, quienes con su apoyo y cariño han formado mi carácter y mi vida,

Felipe Andrés Fiallo Meza

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia por su apoyo incondicional pero en especial a mi hermano José Luis por compartir mi vida estudiantil y brindarme su apoyo siempre.

A mi tío Rodrigo ya que sin su apoyo no hubiera sido posible la realización de este proyecto.

Al Ingeniero Alberto Naranjo por todas las facilidades prestadas en el laboratorio de motores de la ESPE-Matriz.

Felipe Andrés Fiallo Meza

Tabla De Contenidos

Certificación	II
Dedicatoria	III
Agradecimiento	IV
Índice De Gráficos	IX
Indice De Tablas	XII
Introducción	XIII

Capítulo 1

El Motor De Dos Tiempos	1
Tipos De Motores De Dos Tiempos	2
Motores Con Bomba Separada.....	2
Motores Con Émbolos Diferenciales	3
Motores Con Aspiración Por El Cáster	3
Funcionamiento.....	5
Ciclo Termodinámico Del Motor De Dos Tiempos	7
Ciclo Teórico De Un Motor De 2t	7
Ciclo Real De Un Motor De 2t.....	8
Diagrama De Un Ciclo Práctico De Un Motor De 2t.....	9
Generalidades Del Motor Yamaha 125cc 2t	10
Carburador	11
El Tubo De Emulsión	13
El Estrechamiento Primario.....	14
Surtidor Principal.....	14
Calibre De Aire.....	15
Calibre De Ralentí.....	16
Aguja Y Calibre De Aguja	17
Cuba De Nivel Constante.....	19
Piston	19
Holgura Del Pistón	20
Segmentos.....	22
Tensiones Del Pistón	23
Refrigeración Del Pistón	24
Cilindro	24
Culata	26
Cigüeñal Y Cáster	29
Lubricación	31
Sistema De Escape	33
Longitud	35
Volumen.....	35

Sistema De Encendido	38
Encendido Por Descarga De Capacitor (CDI)	40
Ventajas E Inconvenientes Del Motor 2T Frente Al Motor 4T	40
Ventajas	40
Inconvenientes	41

Capítulo 2

<i>Evaluación Del Motor (Parámetros Iniciales).....</i>	42
Ensayo De Variación De Velocidad Con Aceleración Constante.....	42
Equipo Utilizado	44
Procedimiento	44
Tabulación De Datos.....	45
Motor Yamaha 125cc En El Banco De Pruebas	46
Cálculo De Parámetros Del Motor	47
Torque.....	47
Potencia Al Freno.....	48
Presión Media Efectiva Al Freno	49
Consumo Máximo De Combustible	49
Consumo Específico De Combustible	50
Eficiencia Térmica.....	52
Curvas Características Del Motor Yamaha 125	55
Potencia	55
Torque.....	55
Presión Media Efectiva Al Freno	56
Consumo Máximo De Combustible	56
Consumo Específico De Combustible	57
Rendimiento Térmico	57
Tiempo-Superficie De Las Lumbreras(Std).....	59
Lumbrera De Escape	59
Lumbreras De Carga.....	59
Volumen Del Cáster	61

Capítulo 3

<i>Modificaciones Y Mejoras</i>	63
Tipos De Camisas Según El Roce De Materiales	65
Camisa De Hierro (Fundición) Y Cuerpo De Aluminio	65
Cilindro De Aluminio Cromado.....	66
Mejoras Del Flujo De Gases	67
Determinación De Tamaño De La Válvula De Láminas.....	71
Caja O Válvula De Láminas	71
Tiempo-Superficie De La Admisión.....	75

Mejora De La Caja De Láminas	75
Cálculo De El Área De La Caja De Laminas Std.....	77
Mejora De Las Láminas	78
Pulido De Las Lumbreras	80
Mejora De Las Lumbreras De Carga.....	83
Mejora De Lumbreira De Escape	86
Mejora De La Relación De Compresión	91
Cálculo Del Volumen Del Cilindro Cuando Se Cierra El Escape.....	94
Cálculo De La Relación De Compresión Std.....	95
Separación Y Ángulo De Salpicadura (Squish)	96
Diseño De La Cámara De Expansión De Un Escape.....	97
Velocidad De Presión De Onda	97
Presión De Los Gases De Escape(Bmep)	98
Temperatura Media Del Escape.....	98
Longitud Del Tubo De Escape	98
Diámetro Del Tubo De Escape.....	99
Coeficientes Para El Calculo De La Cámara De Expansión	99
Calculo De La Cámara De Expansión De Un Escape.....	100
Carburador.....	102
Diámetro Del Difusor.....	102
Atomización De La Gasolina	102
Resistencia Al Paso	103
Calculo Del Tamaño Optimo De Carburador	104
Tipos De Carburador.....	106
Modificación Del Carburador	107
La Corredera O Campana.....	109
La Aguja	109
Porta-Pulverizador	110
El Filtro De Aire	111
El Flotador.....	113
Aguja Del Flotador	115
Toma De Carburador	116
Lubricación.....	116
Mejoras De Lubricación En Los Cojinetes	116
Cinemática Y Dinámica Del Mecanismo Manivela–Corredera.....	120
Fuerza Y Torque Debido A La Expansión Del Gas	122
Masas Equivalentes	126
Fuerzas De Inercia.....	128
Torques De Inercia.....	129
Torque Total Del Motor.	132
Aligerado Del Cigüeñal.....	132
Equilibrado Del Cigüeñal.....	134
Aligerado De La Biela	139

Capítulo 4

Evaluación De Los Cambios Realizados En El Motor.....	144
Ensayo De Variación De Velocidad Con Aceleración Cte	144
Tabulación De Datos.....	144
Curvas Comparativas Del Motor Yamaha Std Y Modificado.	145
Potencia	145
Torque.....	146
Presión Media Efectiva Al Freno	146
Consumo Másico De Combustible	147
Consumo Específico De Combustible	147
Rendimiento Térmico	148
Modificaciones En Las Lumbreras	149
Lumbrera De Escape	149
Anchura Admisible De La Lumbrera De Escape	150
Lumbreras De Carga.....	150
Lumbreras De Admisión.....	151
Calculo De El Área De La Caja De Láminas Final.....	152
Cálculo De La Relación De Compresión Final.....	152
Calculo De La Mejora De Bombeo Del Cáster	152
Fuerzas De Inercia	153
Anexos	154
Aligeramiento Del Tren Alternativo	154
Mejora De Las Lumbreras.....	156
Cámara De Expansión Diseñada Para El Motor Yamaha 125.....	158
Conclusiones:	158
Recomendaciones:	160
Bibliografía	161

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Motocicleta Moderna Con Motor De Dos Tiempos	1
Gráfico 2	Motor Con Bomba Separada	2
Gráfico 3	Motor Con Émbolos Diferenciales	3
Gráfico 4	Motor De Dos Tiempos Con Aspiración Por El Cártter	4
Gráfico 5	Admisión Al Cártter Y Explosión	5
Gráfico 6	Apertura De La Lumbrera De Escape.....	6
Gráfico 7	Apertura De La Lumbrera De Carga.....	7
Gráfico 8	Diagrama Teórico De Un Ciclo De Dos Tiempos	8
Gráfico 9	Diagrama Real De Un Ciclo De Dos Tiempos	9
Gráfico 10	Diagrama Practico De Un Motor De Dos Tiempos	10
Gráfico 11	Disposición General Del Motor Yamaha 125.....	11
Gráfico 12	Carburador Elemental.....	12
Gráfico 13	Carburador Con Tubo De Emulsión.....	13
Gráfico 14	Estrechamiento Primario	14
Gráfico 15	Surtidor Principal.	15
Gráfico 16	Surtidor De Altas.....	16
Gráfico 17	Circuito De Ralentí.....	17
Gráfico 18	Dimensiones Fundamentales De Una Aguja.....	18
Gráfico 19	Cuba De Nivel Constante.	19
Gráfico 20	Pistónes De Motor De Dos Tiempos.....	20
Gráfico 21	Forma De Medir Los Pistones Y Camisas	21
Gráfico 22	Tipos De Segmentos Utilizados En Motores De Dos Tiempos	22
Gráfico 23	Clavijas De Fijación Para Los Segmentos.....	23
Gráfico 24	Distribución De Lumbreras En El Cilindro(Vista Superior)	25
Gráfico 25	Diferentes Tipos De Cámara De Combustión.....	27
Gráfico 26	Culata De Carreras Con Banda De "Squish" Ancha	28
Gráfico 27	Cámara Lisa, Bujía Descentrada(Kawasaki)	29
Gráfico 28	Espacio Nocivo	30
Gráfico 29	Cigüeñal De Dos Tiempos Monocilíndrico	30
Gráfico 30	Avería De Pistón Por Falta De Engrase.	31
Gráfico 31	Revestimientos De Carbonilla En El Pistón	33
Gráfico 32	Cámara De Expansión Tradicional.	34
Gráfico 33	Efectos De Cambio De Longitud Del Tubo A1.....	35
Gráfico 34	Variaciones De La Cámara De Expansión.	36
Gráfico 35	Sistema De Escape Para Motocross De Kawasaki.	37
Gráfico 36	Sistema De Escape Diseñado Para Moto De Carreras.	37
Gráfico 37	Magneto Con Bobina De Alta Tensión Y Dos Bobinas De Luces..	39
Gráfico 38	Circuito De Encendido De Corriente Alterna De Magneto	39
Gráfico 39	Circuito Simplificado De Cdi Con Magneto	40
Gráfico 40	Motor Acoplado En El Banco De Pruebas	46
Gráfico 41	Vista Lateral Del Motor Acoplado En El Banco De Pruebas.....	46
Gráfico 42	Torque Vs Potencia Al Freno.....	47
Gráfico 43	Potencia Al Freno Vs Relación A/C	48
Gráfico 44	Consumo Másico De Combustible.....	50
Gráfico 45	Relación Entre Potencia Al Freno Y Consumo Especifico.....	51
Gráfico 46	Relación Entre El Consumo Especifico Y La Relación A/C	52
Gráfico 47	Rendimiento Térmico Vs Relación De Compresión.....	53

Gráfico 48	Curva De Potencia En Función De Rpm.	55
Gráfico 49	Curva De Torque En Función De Rpm.	55
Gráfico 50	Curva De Pmef En Función De Rpm.....	56
Gráfico 51	Curva De Consumo Másico En Función De Rpm.....	56
Gráfico 52	Curva De Cec En Función De Rpm.....	57
Gráfico 53	Curva De Rendimiento En Función De Rpm.....	57
Gráfico 54	Disposición De Lumbreras De Escape Y Carga Del Motor Std	58
Gráfico 55	Espacio Nocivo Del Cáster De Un Motor De Dos Tiempos.....	61
Gráfico 56	Distribución De Lumbreras.....	63
Gráfico 57	Modificaciones En Las Piezas.....	64
Gráfico 58	Aletas De Refrigeración Largas Y Distanciadas.....	65
Gráfico 59	Camisa De Hierro Fundido Y Cuerpo De Aluminio.....	66
Gráfico 60	Principio De Conservación De La Energía.....	68
Gráfico 61	Silenciador De Admisión Típico.....	70
Gráfico 62	Válvula De Láminas.....	72
Gráfico 63	Láminas.....	72
Gráfico 64	Control De Admisión Por Válvula De Láminas: Caso 1.....	73
Gráfico 65	Control De Admisión Por Válvula De Láminas: Caso 2.....	73
Gráfico 66	Control De Admisión Por Válvula De Láminas: Caso 3.....	74
Gráfico 67	Medición De Los Conductos De La Válvula.....	77
Gráfico 68	Reducción Del Área De La Caja De Láminas.....	78
Gráfico 69	Modificación Del Ángulo De Las Lumbreras De Carga.....	80
Gráfico 70	Afilado Del Tabique Central.....	81
Gráfico 71	Contorneado Del Conducto(Izq) Y Afilado Del Tabique(Der).....	81
Gráfico 72	Camisa Fabricada Con Otra Distribución.....	83
Gráfico 73	Modificación De Las Lumbreras De Carga.....	84
Gráfico 74	Modificación De Las Lumbreras De Carga.....	84
Gráfico 75	Efecto De Elevar El Borde De La Lumbreira De Escape.....	86
Gráfico 76	Límite De Anchura De Lumbreira.....	88
Gráfico 77	Duración Del Escape En Función De Régimen Punta.....	89
Gráfico 78	Diferentes Formas De Las Lumbreras De Escape.....	91
Gráfico 79	Rendimiento En Función De La Relación De Compresión.....	93
Gráfico 80	Cámara Descentrada.....	94
Gráfico 81	Relación De Compresión Del Motor 2t.....	95
Gráfico 82	Separación Y Angulo De Salpicadura(Squish).....	96
Gráfico 83	Dimensiones De La Cámara De Expansión.....	100
Gráfico 84	Longitudes De La Cámara Para Diferentes Regímenes.....	101
Gráfico 85	Diámetros De La Cámara Para Diferentes Regímenes.....	101
Gráfico 86	Rendimiento Del Carburador En Función De Velocidad De Gas.....	103
Gráfico 87	Tipos De Carburador.....	106
Gráfico 88	Carburador Keihin, Yamaha125.....	108
Gráfico 89	Rebajado De La Corredera.....	109
Gráfico 90	Aguja.....	109
Gráfico 91	Limado Del Porta-Pulverizador.....	110
Gráfico 92	Porta Pulverizadores.....	111
Gráfico 93	Filtros De Potencia.....	112
Gráfico 94	Regulación Del Flotador.....	113
Gráfico 95	Nivelación De Flotador.....	114
Gráfico 96	Regulación De La Altura De Cerrado.....	114

Gráfico 97	Aguja Del Flotador	115
Gráfico 98	Pulido De La Toma Del Carburador.....	116
Gráfico 99	Mejoras De Engrase En Cojinetes Y Biela	117
Gráfico 100	Extracción De Rodamiento Del Cáster.....	119
Gráfico 101	Configuración Del Eslabonamiento.....	120
Gráfico 102	Recorrido Del Pistón.....	121
Gráfico 103	Velocidad Del Pistón.....	121
Gráfico 104	Aceleración Del Pistón.....	122
Gráfico 105	Curva De Presión De Gas Aproximada	123
Gráfico 106	Diagramas De Cuerpo Libre Del Eslabonamiento	124
Gráfico 107	Torque De Gas	125
Gráfico 108	Modelo Aproximado De Biela	126
Gráfico 109	Modelo Aproximado De La Manivela	127
Gráfico 110	Modelo Dinámico	128
Gráfico 111	Fuerzas De Inercia En El Eje X	129
Gráfico 112	Fuerzas De Inercia En El Eje Y	129
Gráfico 113	Diagramas De Cuerpo Libre	130
Gráfico 114	Torque De Inercia	131
Gráfico 115	Torque Total Del Motor (Tg+Ti)	131
Gráfico 116	Cigüeñales De Dos Tiempos	132
Gráfico 117	Arandelas Espaciadoras.....	134
Gráfico 118	Taponado De Los Orificios Del Cigüeñal.....	135
Gráfico 119	Colocación De Una Pesa En El Pie De Biela	136
Gráfico 120	Aparato De Equilibrado.....	137
Gráfico 121	Prensado Del Muñón Del Cigüeñal.....	138
Gráfico 122	Posibles Errores De Armado Del Cigüeñal.....	139
Gráfico 123	Control De Equilibrado Del Cigüeñal	140
Gráfico 124	Aligeramiento De La Biela	142
Gráfico 125	Rebaje En El Pie De Biela	142
Gráfico 126	Curvas De Potencia En Función De Rpm.....	145
Gráfico 127	Curvas De Torque En Función De Rpm	146
Gráfico 128	Curvas De Pmef En Función De Rpm	147
Gráfico 129	Curvas De Consumo Másico En Función De Rpm	147
Gráfico 130	Curvas De Cec En Función De Rpm	148
Gráfico 131	Curva De Rendimiento En Función De Rpm	148
Gráfico 132	Nuevas Dimensiones De La Lumbrera De Escape.....	149
Gráfico 133	Ventanas De Admisión Del Pistón Std Y Modificado.....	151
Gráfico 134	Fuerzas De Inercia En El Eje X (Std Y Modificado).....	153
Gráfico 135	Fuerza De Inercia En El Eje Y (Std Y Modificado).....	154
Gráfico 136	Biela Std	154
Gráfico 137	Biela Modificada	154
Gráfico 138	Pistón Y Biela Modificados	155
Gráfico 139	Pesas Std	155
Gráfico 140	Pesas Modificadas.....	156
Gráfico 141	Lumbrera De Escape Pulida.....	157
Gráfico 142	Lumbrera De Escape Y Carga Pulidas	157
Gráfico 143	Pulido General De Las Lumbreras.....	157
Gráfico 144	Cámara De Expansión.....	158

INDICE DE TABLAS

TABLA 1	HOLGURAS DE PISTÓN DE ALGUNOS MOTORES YAMAHA.....	21
TABLA 2	CONDICIONES DE LA PRUEBA E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	45
TABLA 3	DATOS OBTENIDOS EN EL BANCO DE PRUEBAS.....	45
TABLA 4	RESULTADOS OBTENIDOS DEL MOTOR STD	54
TABLA 5	LUMBRERA DE ESCAPE	59
TABLA 6	LUMBRERAS PRINCIPALES DE CARGA	59
TABLA 7	LUMBRERAS AUXILIARES.....	60
TABLA 8	SÉPTIMA LUMBRERA O QUINTA LUMBRERA DE CARGA.....	60
TABLA 9	TOTAL DE LAS LUMBRERAS DE CARGA	61
TABLA 10	K EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE APERTURA DE LUMBRERA.....	69
TABLA 11	COEFICIENTES PARA CALCULAR EL ÁREA DE LAS LUMBRERAS.....	90
TABLA 12	RELACIONES DE COMPRESIÓN ADMISIBLES	92
TABLA 13	DIÁMETRO ÓPTIMO EN FUNCIÓN DEL RÉGIMEN Y LA CILINDRADA.....	105
TABLA 14	CONDICIONES DE PRUEBA E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	144
TABLA 15	DATOS OBTENIDOS DEL BANCO DE PRUEBAS(MOTOR MODIFICADO).....	144
TABLA 16	RESULTADOS OBTENIDOS DEL MOTOR MODIFICADO.....	145
TABLA 17	TIEMPO-SUPERFICIE DE LA LUMBRERA DE ESCAPE	149

INTRODUCCIÓN

El motor de 2 tiempos fue patentado en el año de 1858 por el francés Pedro Hugon, pero fue construido por el belga J.J.E. Lenoir a inicios de 1860. No se le dio mucha importancia ya que era más fácil controlar el ingreso de gases por medio de válvulas.

En el motociclismo desde 1945 el motor de dos tiempos fue adquiriendo importancia por su gran competitividad frente a las motos de 4 tiempos (DUCATTI, BENELLI y HONDA) aparecieron las fábricas de motos de dos tiempos: MONTESA, LUBE, OSSA, YAMAHA, DERBI, BULTACO.

A pesar del gran desarrollo de este motor cuya principal ventaja no es la de no tener válvulas si no de disponer de una explosión por cada revolución del motor, queda mucho camino por recorrer para que sea considerado un motor totalmente desarrollado y apto para su uso mayoritario en la industria.

La carrera de Ingeniería Automotriz capacita en el área de motores de cuatro tiempos tanto en su mantenimiento, reparación, características generales y específicas tocando muy levemente el desempeño, características, ventajas y desventajas del motor de 2 tiempos con respecto al motor de 4 tiempos.

En la actualidad los motores de dos tiempos se utilizan en motores estacionarios grandes (diesel) y pequeños como en podadoras, segadoras, motosierras, etc. Y en vehículos de baja cilindrada como motocicletas, karts, aviones de aerodelismo, motores fuera de borda, motos de agua, etc.

Todos estos motores necesitan de una puesta a punto adecuada para lograr su mayor rendimiento y una mayor durabilidad.

En el país existen pocos talleres especializados con un criterio técnico-científico para la puesta a punto de estos motores.

CAPITULO 1

EL MOTOR DE DOS TIEMPOS

Aproximadamente en las mismas fechas en que Otto logró definir el ciclo de cuatro tiempos, otros inventores de aquella época, como el belga Lenoir, buscaron otras soluciones. Parecía lógico que el motor tuviera siempre un tiempo de explosión cada vez que el pistón se hallara en el P.M.S., y no como ocurre en el ciclo de cuatro tiempos.

El objetivo era lograr la admisión, compresión, explosión y el escape en solo dos carreras del émbolo. En este caso, las funciones deberían realizarse simultáneamente, y así se ideó el ciclo de funciones superpuestas o ciclo de dos tiempos, y se construyeron los primeros prototipos en el año 1860.

Como cualquier motor de combustión interna convierte una parte del calor de la combustión del combustible en trabajo. Los motores de dos tiempos, utilizados en motocicletas, cortacéspedes o como fuera bordas, no le hacen falta válvulas y cada dos tiempos hay una carrera de trabajo (Una explosión por cada vuelta del cigüeñal), lo que significa que cada revolución del motor produce un impulso.

Gráfico 1 Motocicleta moderna con motor de dos tiempos



FUENTE: www.Yamahamotor.com

El motor de 2T es un motor en el que se ha conseguido condensar las cuatro fases fundamentales del ciclo en dos únicas carreras (Admisión, compresión, explosión y escape cada una de las cuales requiere una carrera ascendente o

descendente en un motor de 4T). Esto quiere decir que en cada carrera de pistón tanto ascendente como descendente se realizan 2 fases al mismo tiempo.

Como puede verse, en todo este proceso se emplean solamente dos carreras del pistón gracias a la simultaneidad con que se producen las diversas funciones de admisión y escape. Así, el ritmo de trabajo de este motor es de dos carreras para producir el ciclo completo. Al igual que en los motores de ciclo de cuatro tiempos, las cámaras de compresión de los de dos tiempos sufren intensamente con las elevadas temperaturas, altas presiones y los efectos corrosivos producidos por la combustión.

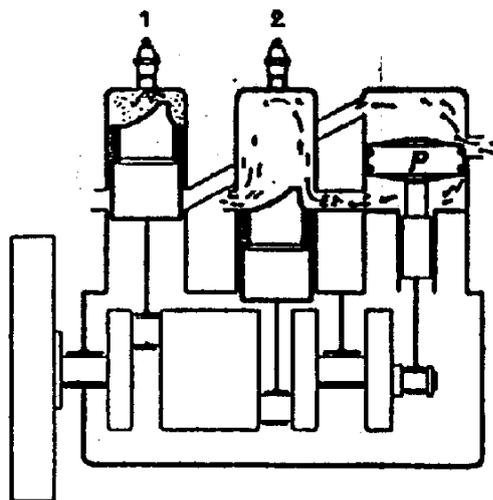
TIPOS DE MOTORES DE DOS TIEMPOS

Según el tipo de bomba utilizada para hacer ingresar el gas fresco al cilindro pueden ser :

MOTORES CON BOMBA SEPARADA

Poseen un cilindro independiente al cilindro motor el mismo se pone en contacto con el cilindro motor en el momento determinado entregando mezcla aire combustible al cilindro motor.

Gráfico 2 Motor con bomba separada

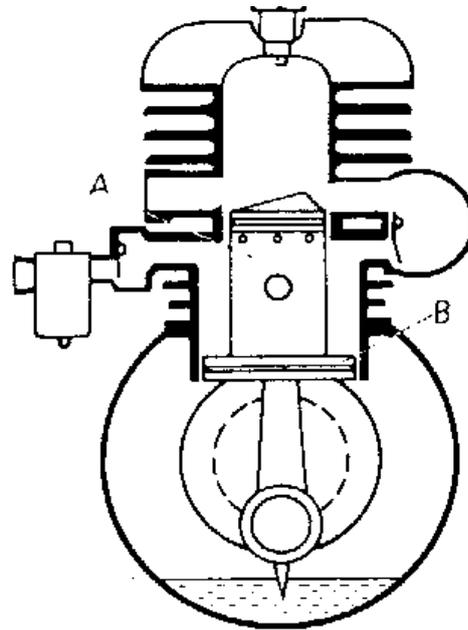


FUENTE: El motor de explosión, E. Petit , pag405

MOTORES CON ÉMBOLOS DIFERENCIALES

En este tipo de motor la bomba y el cilindro van montados uno encima de otro reunidos en una sola pieza. El émbolo tiene una forma especial, presentando una parte cilíndrica de igual diámetro que el cilindro de trabajo y terminando en su parte inferior por otra parte cilíndrica de mayor diámetro que encaja en el cilindro que funciona como bomba.

Gráfico 3 Motor con émbolos diferenciales



FUENTE: El motor de dos tiempos, Ceac, pag41

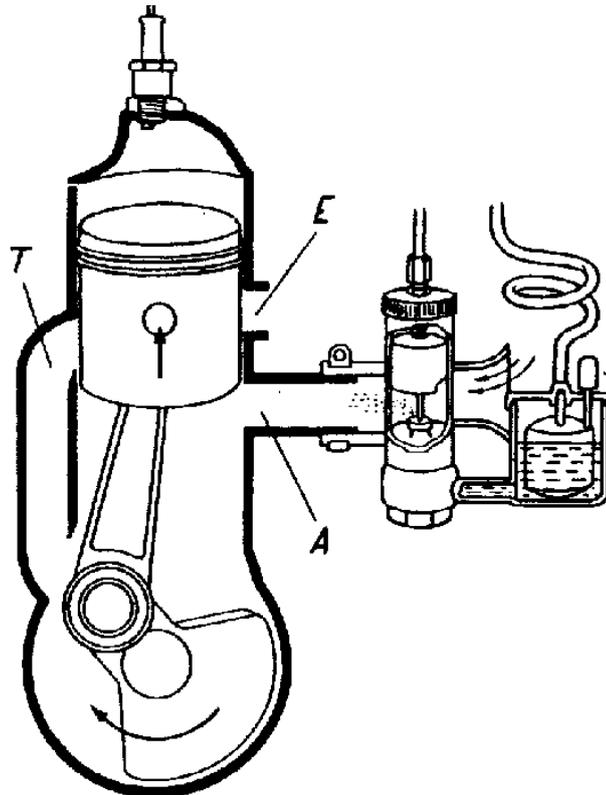
Este tipo de motores deben llevar como mínimo dos cilindros pues como los dos émbolos (motor y bomba) forman uno solo, la compresión en la bomba termina en el momento en que concluye la compresión del cilindro motor.

Sin embargo este tipo de motor no es práctico ya que un émbolo de doble diámetro es muy difícil de mecanizar y ajustar, aumenta el rozamiento por ende el rendimiento del motor se ve disminuido.

MOTORES CON ASPIRACIÓN POR EL CÁRTER

Al ser este el tipo de motores de dos tiempos el más utilizado en la actualidad, y motivo de esta investigación, se profundizará esta clase de motores para poder comprender a fondo su comportamiento en cada instante del ciclo.

Gráfico 4 Motor de dos tiempos con aspiración por el cárter



FUENTE: El motor de dos tiempos, Ceac , pag18

Con esta disposición el cilindro lleva en su parte inferior un orificio denominado lumbrera de Admisión "A" ,que se halla en comunicación con el carburador, dicho orificio esta practicado a tal altura, que normalmente es obturado por el embolo y solamente queda descubierto cuando este se halla en la parte superior de su carrera o cuando el embolo presenta una lumbrera de admisión. Un conducto denominado lumbrera de carga "T", que por un lado termina en el cárter y por otro lado en la pared del cilindro un poco mas arriba de la lumbrera de admisión, sirve para dar paso al gas carburado, que desde el cárter entra al cilindro. El orificio de dicho conducto en el cilindro queda también cerrado por el embolo y solo se abre cuando este se encuentra cerca del punto muerto inferior.

El cilindro presenta un tercer orificio denominado lumbrera de escape "E", practicado dependiendo del fabricante: en frente y mas arriba de la lumbrera de carga, o con flujo perpendicular a la misma o a su vez sobre la lumbrera de carga, donde se da el escape de los gases al exterior.

Para duplicar esta velocidad de desarrollo de las fases, se utiliza también la parte inferior del pistón y del motor (cárter)

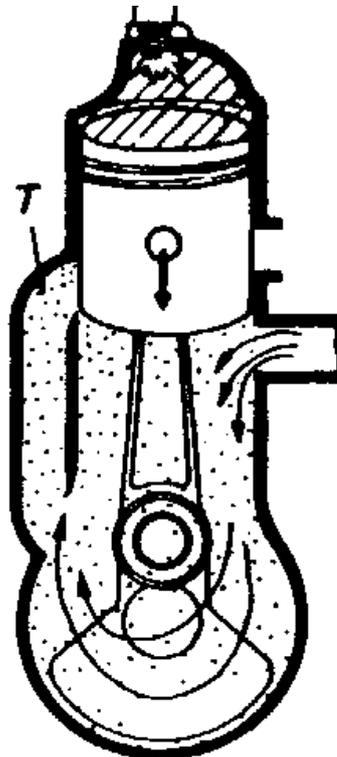
A la gasolina se le añade aceite para lubricar el pistón y el conjunto biela-manivela.

FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento del motor de dos tiempos con aspiración por el cárter es el siguiente:

- 1) El pistón se mueve hacia arriba comprimiendo la mezcla y manteniendo cerradas todas las lumbreras, al llegar a un punto determinado en su carrera ascendente (compresión), se abre la lumbrera del cárter (admisión) y comienza a entrar la mezcla gaseosa de combustible y aire en el cárter. Al llegar al P.M.S. se produce la explosión de la mezcla por medio de la chispa de la bujía y los gases comprimidos se expanden, produciendo el movimiento del cigüeñal.(ver gráfico 5).

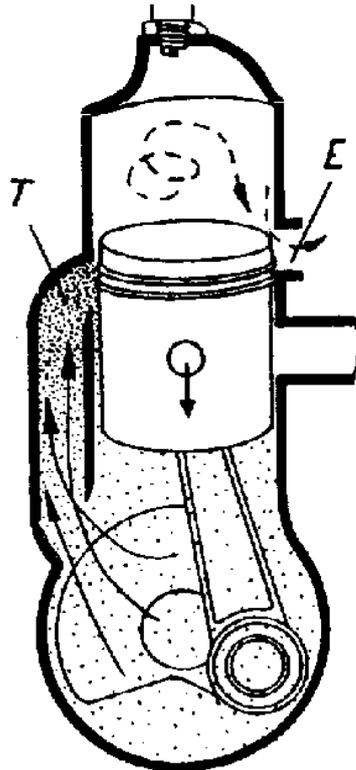
Gráfico 5 Admisión al cárter y explosión



FUENTE: El motor de dos tiempos, Ceac , pag18

- 2) Durante la carrera descendente sigue entrando mezcla en el cárter, hasta que el pistón termina por cerrar la lumbrera de admisión y continuando su carrera comienza a dejar abierta la lumbrera de escape, los gases quemados salen por ella.(ver gráfico 6).

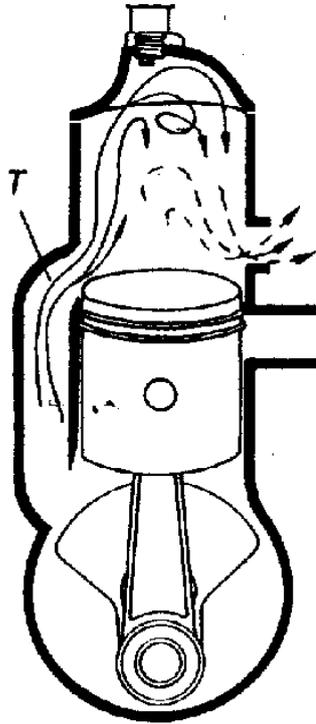
Gráfico 6 Apertura de la lumbrera de escape



FUENTE: El motor de dos tiempos, Ceac , pag19

- 3) Un poco después, y a través del tubo, comienza la entrada en el cilindro de la mezcla precomprimida en el cárter al abrirse la lumbrera de carga. Estos gases empujan y barren los gases quemados, quedando el cilindro lleno de la mezcla de combustible y el pistón en el P.M.I., en posición para reiniciar el ciclo. (ver gráfico 7).

Gráfico 7 Apertura de la lumbrera de carga



FUENTE: El motor de dos tiempos, Ceac , pag19

Con el fin de que el barrido de los gases quemados sea más eficiente posible, y cuando la lumbrera de carga esta en frente de la de escape, el pistón puede llevar en su cabeza un resalte denominado deflector.

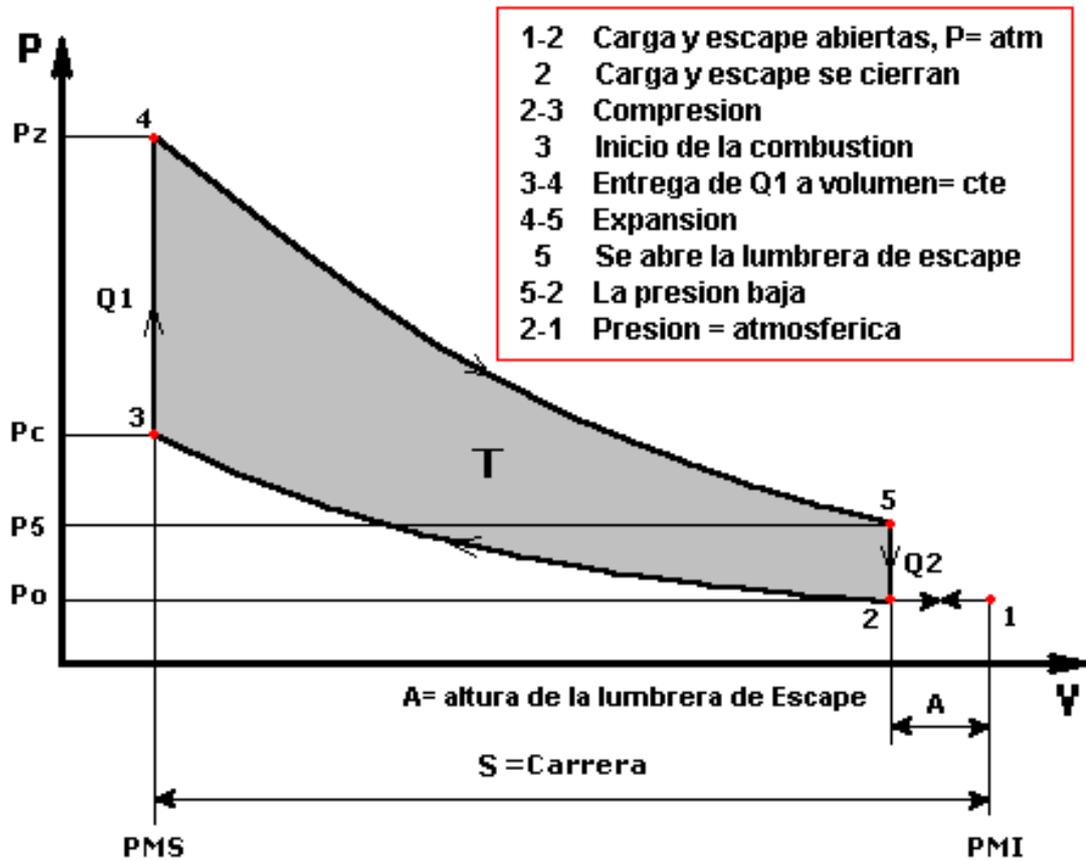
CICLO TERMODINÁMICO DEL MOTOR DE DOS TIEMPOS

CICLO TEÓRICO DE UN MOTOR DE 2T

El diagrama Presión-Volumen teórico considera un motor ideal es decir sin tener en cuenta inercias de las masas de los componentes del motor, perdidas por fricción, retardos al encendido etc.

El diagrama para el motor de dos tiempos es idéntico al del de cuatro tiempos como puede observarse en el gráfico 8 ya que el funcionamiento teórico en las fases de transformación de energía es el mismo.

Gráfico 8 Diagrama teórico de un ciclo de dos tiempos



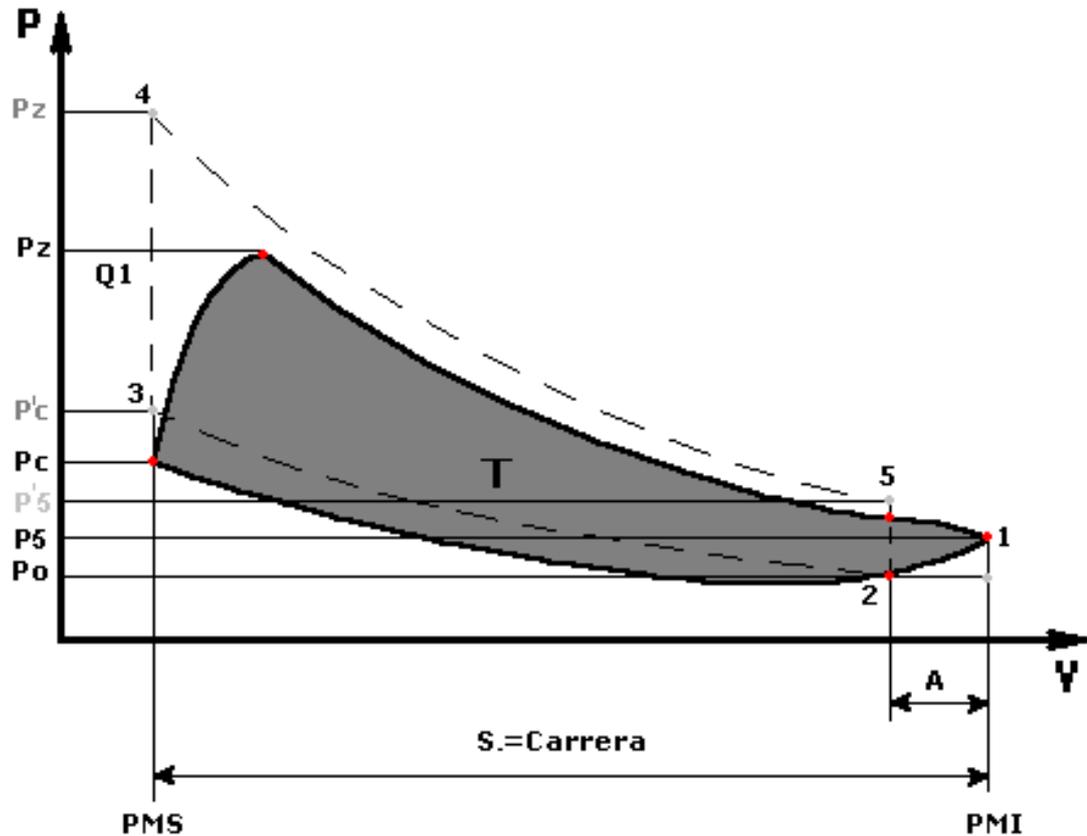
FUENTE: www.motordedostiempos.com

CICLO REAL DEL MOTOR 2T

El funcionamiento real del motor de dos tiempos esta sujeto a una serie de condicionantes como por ejemplo perdidas de calor a través de la paredes del cilindro, retraso de la combustión la eficiencia volumétrica, que modifican su ciclo teórico ocasionando una reducción del área de trabajo.

De aquí la importancia de una correcta disposición de las lumbreras en el motor, para obtener el máximo efecto de llenado y barrido de gases sin desperdicio de gases frescos a la atmósfera (Ver gráfico 9).

Gráfico 9 Diagrama real de un ciclo de dos tiempos



FUENTE: www.motordedostiempos.com

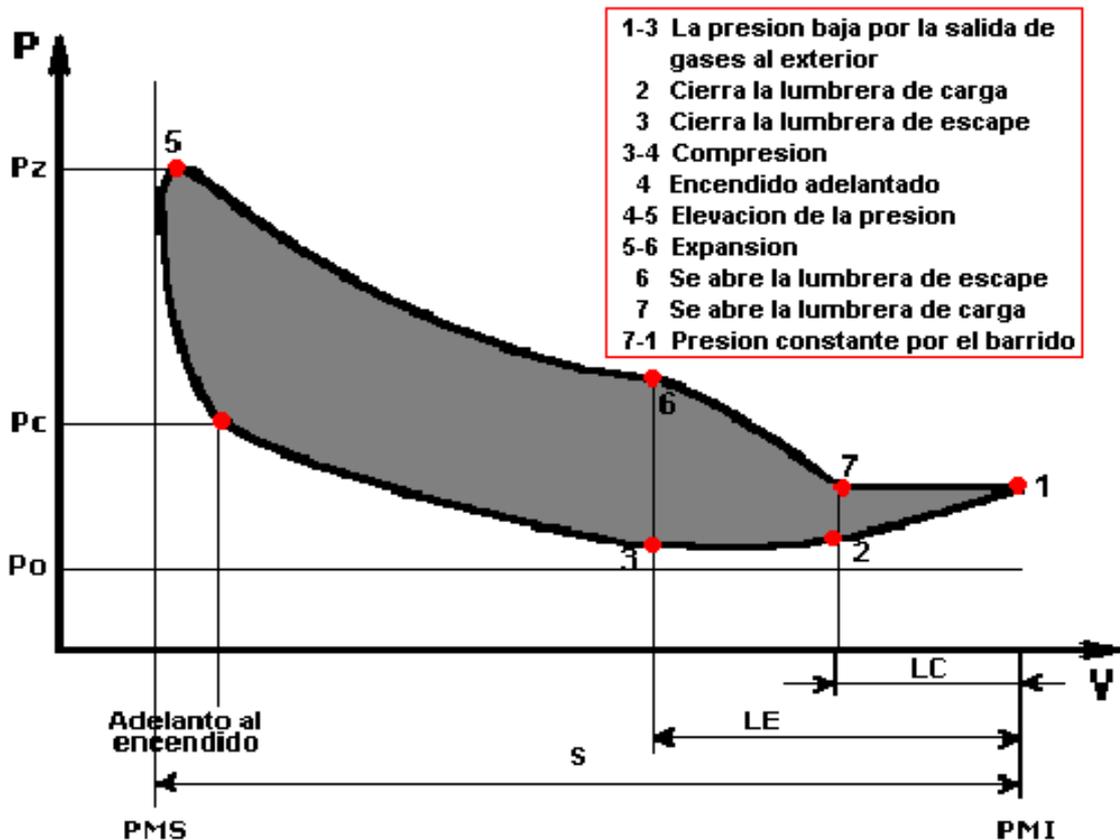
DIAGRAMA DE UN CICLO PRÁCTICO DEL MOTOR 2T

Mientras el pistón asciende, se cierra en primer lugar la lumbrera carga **2** después se cierra la lumbrera de escape en **3**, sin poder evitar que en este corto trayecto escapen gases frescos al exterior, a partir de **3** se inicia la compresión hasta el punto **4**, donde se produce el encendido con su respectivo adelanto **AE** que termina en el punto **5** en donde la presión se eleva al máximo. (Ver gráfico 10)

Mientras el pistón desciende se produce el trabajo hasta el punto **6**, en donde se abre la lumbrera de escape y la mayor parte de gases frescos salen al exterior; en seguida se abre la lumbrera de carga llenando el cilindro con gases frescos y a su vez barriendo los gases combustionados sobrantes al exterior, la presión interna en el recorrido **7-1** se mantiene ya que la presión de entrada de gases frescos compensa la baja de presión producida por la salida de gases

combustionados al exterior, Y por ende se inicia el nuevo ciclo con una presión algo mayor que la atmosférica.

Gráfico 10 Diagrama Practico de un motor de dos tiempos



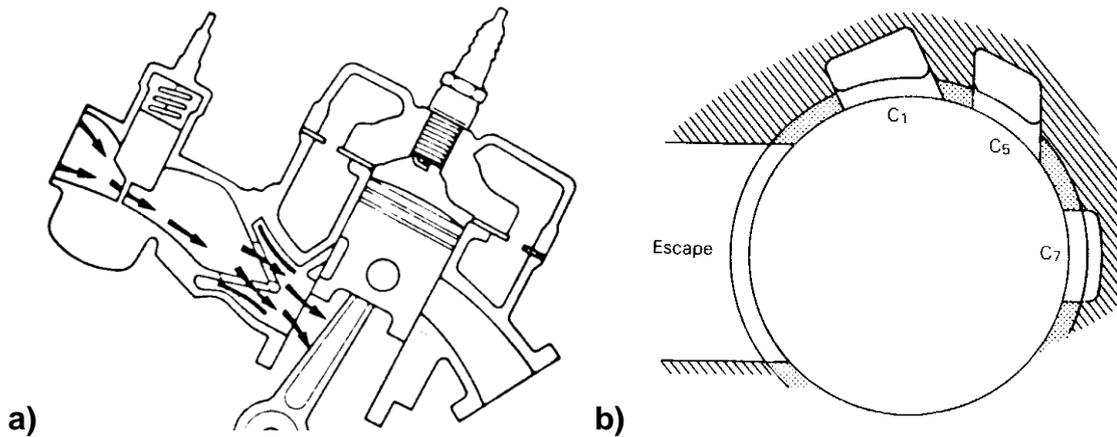
FUENTE: www.motordedostiempos.com

GENERALIDADES DEL MOTOR YAMAHA 125CC 2T

El motor de dos tiempos Yamaha 125cc es un motor de aspiración por el cárter controlada por una válvula de láminas y el pistón, el mismo que tiene dos ventanas de admisión que coinciden con la lumbrera de admisión del cilindro y están determinan el inicio de la admisión más no el final ya que este depende exclusivamente de la válvula de láminas (gráfico 11(a)), las lumbreras de carga están posicionadas de tal manera que entregan la mezcla aire-combustible-

aceite con flujo en diferentes direcciones mejorando en gran proporción el barrido (gráfico 11(b)), por lo tanto no se hace necesario el uso de un deflector muy pronunciado en el pistón.

Gráfico 11 Disposición general del motor Yamaha 125.



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson.

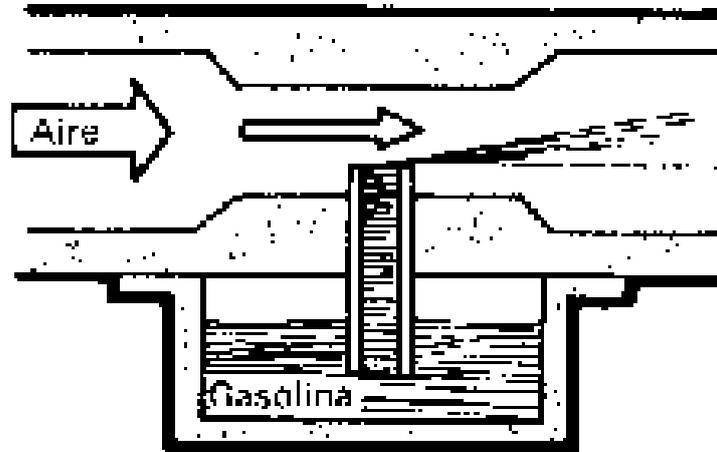
A continuación se va a describir las diferentes partes y sistemas que posee este tipo de motores de dos tiempos para poder de esta manera comprender de una manera mas clara su funcionamiento.

CARBURADOR

El carburador es el encargado de mantener la relación Aire / Combustible cerca de un valor teórico de 14:1 aunque esto no ocurre en la realidad, ya que será necesaria una mezcla mas rica para contrarrestar la condensación del combustible en su camino a la cámara de combustión, y más aun en un motor de dos tiempos el mismo que posee grandes restricciones al flujo de gases.

Los motores de dos tiempos por lo general utilizan carburadores de flujo horizontal, con corredera.

Gráfico 12 Carburador elemental.



FUENTE: Pequeñas Reparaciones y mantenimiento de la motocicleta, J Williams, pag83

“A todo gas”¹ el aire que pasa por el carburador tiene una velocidad alta, en comparación con el aire exterior en el venturi, por el principio de Bernoulli, “A mayor velocidad del gas menor es su presión”, como la cuba de combustible esta en contacto con la atmósfera se produce una diferencia de presiones la misma que produce la subida de combustible por los surtidores del carburador hacia el tubo pulverizador. (ver gráfico 12).

El flujo de combustible depende de la caída de presión y del calibre del surtidor por el que va a pasar.

Para controlar el flujo de gases en toda una gama de revoluciones en los carburadores con corredera se emulsiona previamente el combustible con aire después de pasar por el surtidor principal y antes de ingresar al flujo de aire. El efecto máximo de esta operación se manifiesta a regímenes altos, además de que es mas fácil disgregar el liquido, y se mejora el efecto de pulverización del combustible.

Hay dos maneras de introducir aire al combustible:

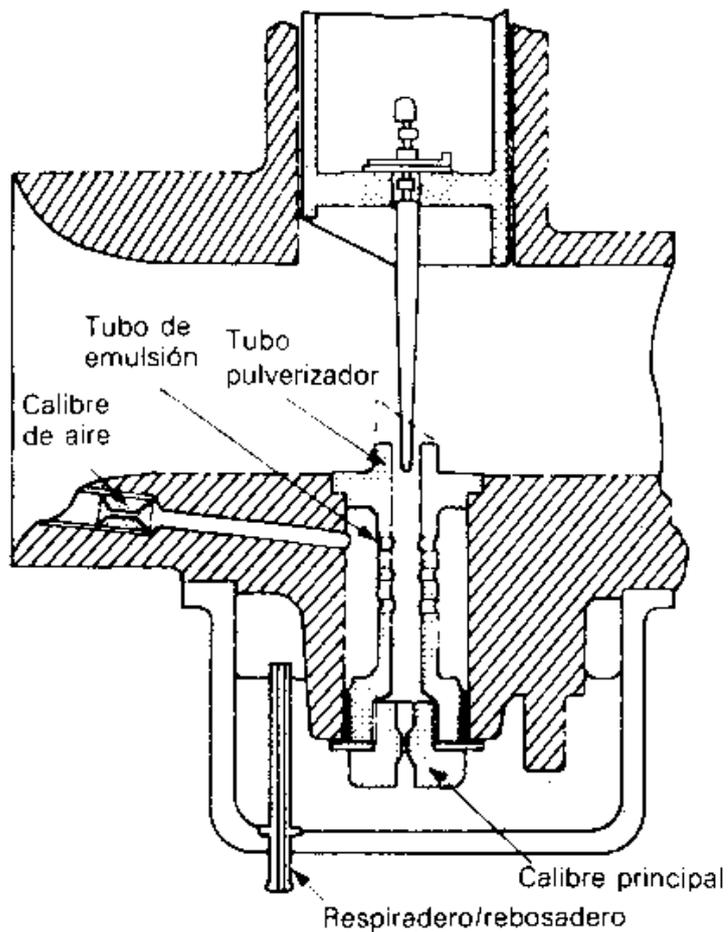
¹ Termino utilizado para denotar máxima apertura de la corredera del carburador.

EL TUBO DE EMULSIÓN

El tubo pulverizador tiene varios orificios llamados sopladores(ver gráfico 13y14), perforados en el mismo y pasa por una cámara que se conecta con el paso principal de aire por un canal pequeño.

El aire que entra en la cámara se mezcla con el combustible , de esta manera logramos un liquido emulsionado. La ventaja de esto es que cuando desacelera a tope y se acelera, el liquido emulsionado no cae por el tubo tan deprisa como lo haría un liquido puro, y cuando el motor esta en ralentí la cámara se llena de combustible funcionando como reserva de mezcla rica cuando se acelera de golpe. (gráfico 13).

Gráfico 13 Carburador con tubo de emulsión.

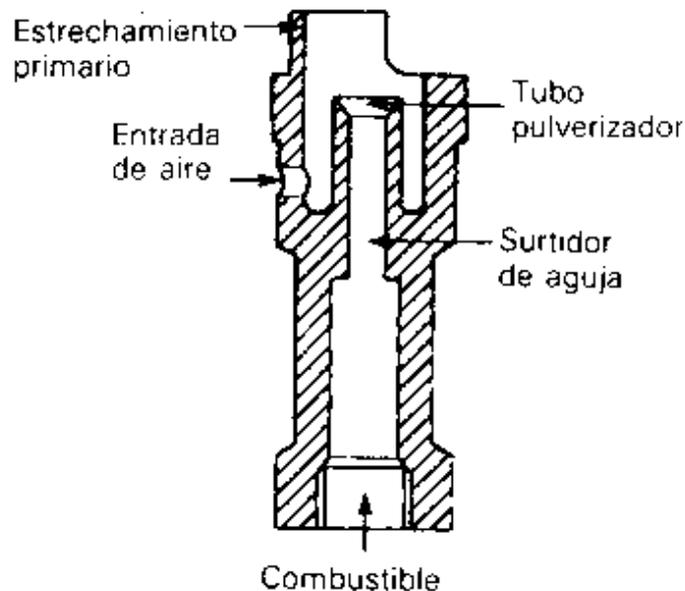


FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 132

EL ESTRECHAMIENTO PRIMARIO

Consiste en un reborde que rodea la entrada del tubo pulverizador, y que no añade aire al combustible hasta que este ha llegado al tubo pulverizador. Aumenta el nivel de entrada de combustible a regímenes altos, y resulta beneficioso en los motores de dos tiempos con “banda de potencia estrecha”²

Gráfico 14 Estrechamiento primario



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 133.

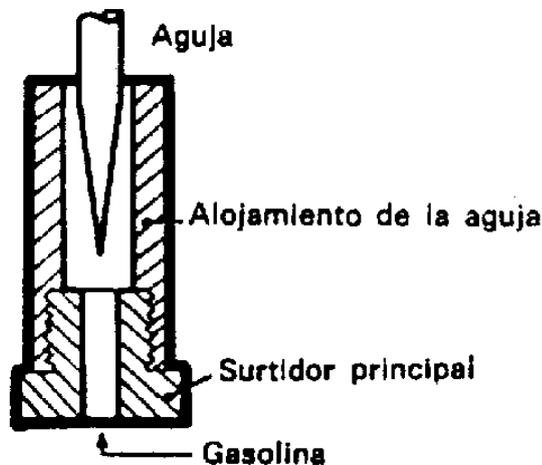
También es posible combinar el tubo de emulsión con el estrechamiento primario para conseguir un aumento de flujo a regímenes altos, mejorando la pulverización.

SURTIDOR PRINCIPAL

Llamado también shiglor principal, puede tener diferentes formas del agujero teniendo unos una entrada hidrodinámica y otros llamados de flujo inverso donde el orificio entra más en el surtidor principal, y puede entregar mayor combustible a igualdad de calibres.

² Una banda de potencia estrecha se da cuando la potencia máxima esta en un intervalo de revoluciones reducido o a su vez cuando la curva de potencia tiende a ser puntiaguda.

Gráfico 15 Surtidor principal.



FUENTE: Pequeñas reparaciones y mantenimiento de la motocicleta, J Williams, pag 83

El calibre del surtidor principal se elige pensando en la potencia en el intervalo entre el acelerador abierto a tres cuartos y a todo gas.

Se lo puede elegir de forma que nos de buena potencia a bajas revoluciones y se utiliza el calibre de aire de emulsión para ajustar el flujo a altas revoluciones o viceversa. Solamente hay que percatarse de que la mezcla no sea peligrosamente pobre ³.

Los calibres de los surtidores vienen expresados en (mm *100) y aumentan su calibre en 0.025 hasta el surtidor #200 de ahí en adelante aumentan en 0.05 mm. Las milésimas de milímetro se desprecian por lo tanto los surtidores se enumeraran como sigue: 120, 122, 125, 128, 130, etc.

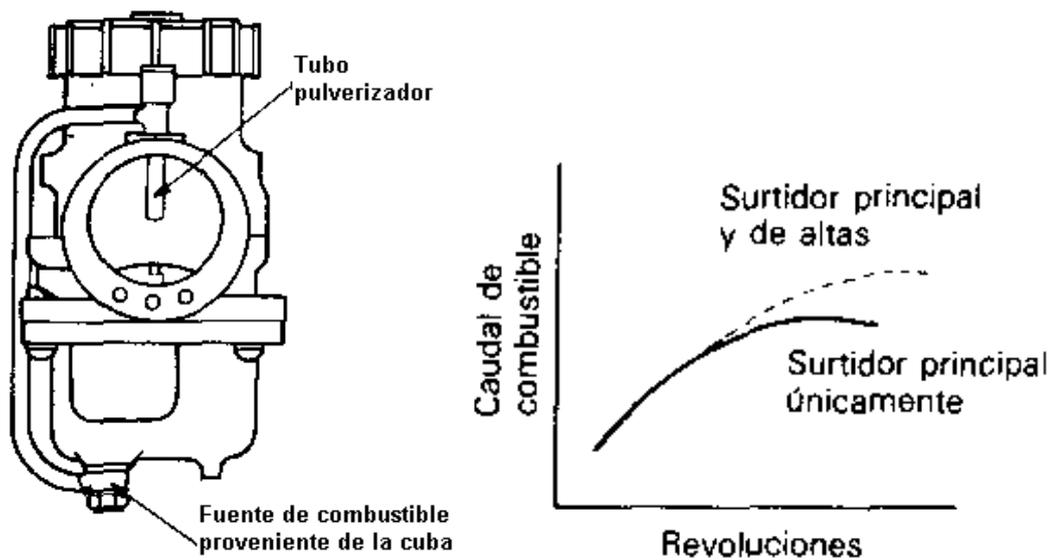
CALIBRE DE AIRE

Este calibre como se indico al hablar del tubo de emulsión (gráfico 13) se utiliza para modificar la curva de combustible del surtidor principal para que el paso de combustible sea óptimo en un intervalo ancho de revoluciones.

³ La mezcla pobre se lo puede reconocer por síntomas del motor como: elevación de temperatura, perdida de potencia, cambio de tono en el sonido del escape, puede existir petardeo .

Cuando este dispositivo no abastece en altas revoluciones se puede utilizar un tubo difusor diferente, con un reborde como el estrechamiento primario, para aumentar la riqueza a regímenes altos. O también se puede poner un surtidor de altas que es un dispositivo independiente que entrega combustible a altas revoluciones.

Gráfico 16 surtidor de altas.



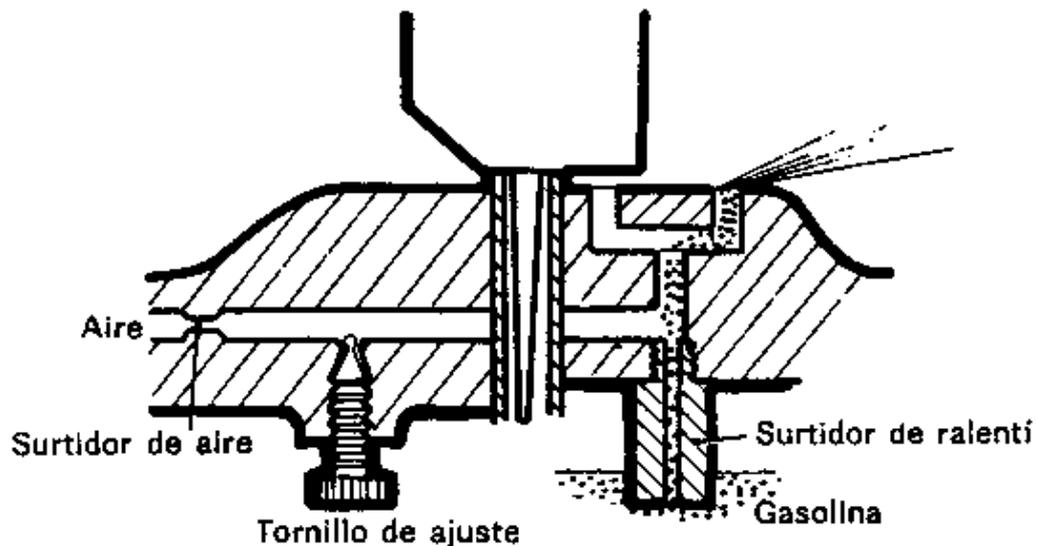
FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 133.

CALIBRE DE RALENTÍ

Junto con el dispositivo de arranque en frío, permite el arranque del motor en frío, y regula la marcha en ralentí y la aceleración a partir de ralentí. El reglaje de este depende de la sensibilidad del operador para conseguir las mayores revoluciones posibles con el menor tope del acelerador, podría ser necesario enriquecer la mezcla más de lo óptimo para evitar un punto muerto de aceleración al “abrir gases”⁴.

⁴ Terminio utilizado que indica que se empieza a levantar la corredera .

Gráfico 17 Circuito de ralentí.



FUENTE: Pequeñas reparaciones y mantenimiento de la motocicleta, J Williams, pag85

AGUJA Y CALIBRE DE AGUJA

Es la encargada de controlar la riqueza de mezcla con el acelerador abierto entre un cuarto y tres cuartos. La afectan el surtidor principal, el calibre de aire y el calibre de ralentí.

“Mikuni”⁵ codifica sus calibres de aguja, por medio de una letra y de un número. La letra da el calibre principal en mm, con incrementos de 0.05 mm; de forma que N es 2.55, O es 2.60, P es 2.65, etc. Los números indican un incremento de 0.005 mm. Es decir N-0 es 2.550, N-1 es 2.555, etc. “⁶

Las agujas también vienen codificadas por ejemplo:

5GN36-3

En donde:

- 5:** Indica la longitud general, entre 50 y 60 mm, un 4 indicara entre 40 y 50mm.
- G:** Angulo del estrechamiento Primario (1°15')
- N:** Angulo del estrechamiento secundario. (3°30')

⁵ Fabricante de carburadores Japonés

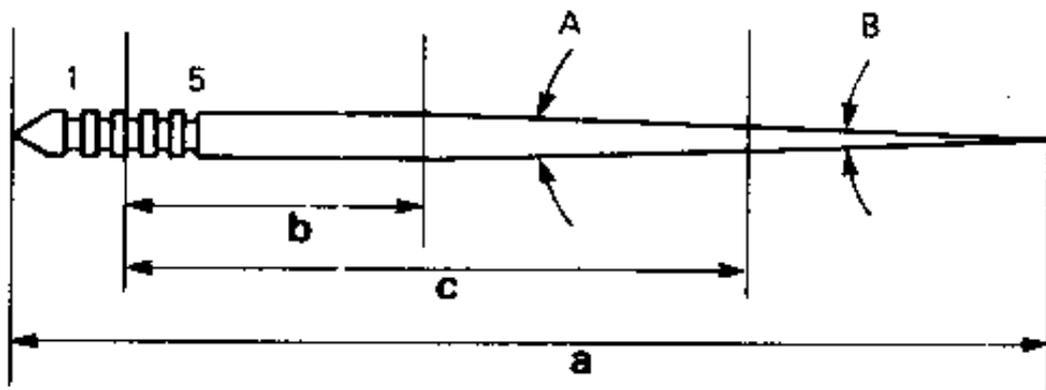
⁶ Puesta a punto de motores de dos tiempos , John Robinson, pag 141

Se utiliza las 26 letras del alfabeto inglés, a partir de la A que representa $0^{\circ} 15'$, y subiendo de $15'$ en $15'$ es decir de cuarto en cuarto de grado.

36: Número de lote del fabricante.

3: muesca en que se coloca la aguja, la tercera contando desde arriba.

Gráfico 18 Dimensiones fundamentales de una aguja.



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 140

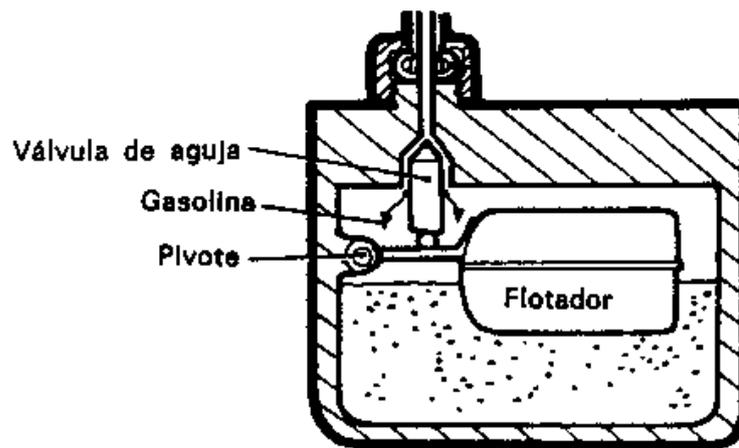
a) Longitud total, b) longitud de la parte de lados paralelos, c) Longitud hasta el segundo estrechamiento, A- ángulo del primer estrechamiento, B- Angulo del segundo estrechamiento. Las ranuras van numeradas del 1 al 5

Para cambiar la riqueza de la mezcla a poco gas, se debe cambiar el estrechamiento superior, para cambiar la riqueza de la mezcla de medio gas para arriba se cambia el estrechamiento inferior. A mayor estrechamiento (letra superior) mayor riqueza de mezcla. Para cambiar la riqueza de mezcla en todas las aceleraciones se puede colocar un calibre de aguja nuevo tomando en cuenta que el surtidor principal debe ser menor que el calibre de aguja mas la aguja con abertura máxima.

CUBA DE NIVEL CONSTANTE

La mayoría de carburadores de moto suelen tener problemas de rebosamiento principalmente por suciedad en el combustible. Por esto es muy importante colocar un filtro de gasolina, para garantizar que la válvula de aguja mantenga el paso de combustible al nivel marcado.

Gráfico 19 Cuba de nivel constante.



FUENTE: Pequeñas reparaciones y mantenimiento de la motocicleta, J Williams, pag 85

El diámetro del carburador es un factor importante, ya que el carburador debe permitir un flujo de gases suficiente que no limite la marcha del motor, pero si es demasiado grande, será difícil de reglar y reducirá el rango de revoluciones útiles ⁷

El flujo de aire y combustible controla la potencia del motor, a su vez el combustible refrigera el motor, por este motivo es muy común utilizar mezclas muy ricas en los motores de dos tiempos.

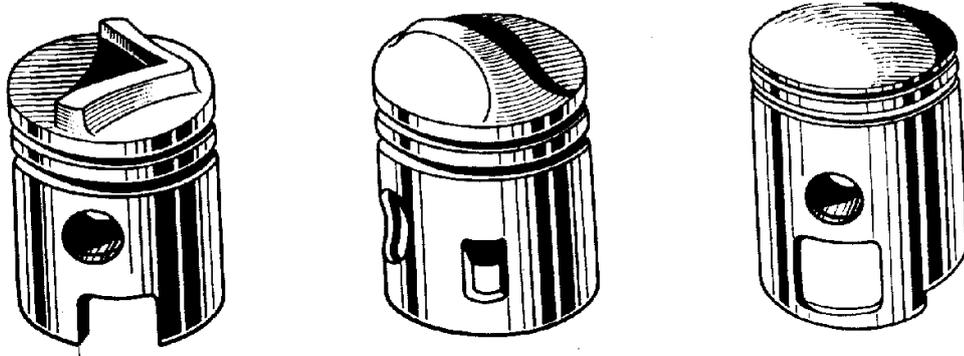
PISTON

El elemento más importante del motor es el pistón ya que gracias a este se realizan los procesos de bombeo y de extracción térmica. Por esto es la parte que esta sujeta a mayores tensiones y por ende es la más vulnerable a fallar. Las técnicas modernas de fundición y de trabajado de aleaciones con alto

⁷ Ver capítulo 3, pag 102

contenido de silicio le han dado a este elemento buenas características de dilatación, buenas propiedades anti-gripaje y una ligereza excepcional.

Gráfico 20 Pistones de motor de dos tiempos.



FUENTE: Motor de dos tiempos, Ceac, pag 23

HOLGURA DEL PISTÓN

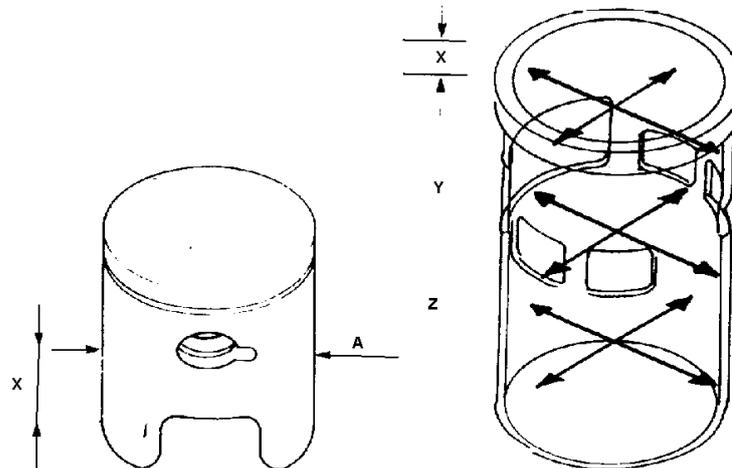
Es un factor crítico tanto para el rendimiento del motor como para la fiabilidad del mismo. Una holgura demasiado pequeña ocasionará rozamientos, mayor calor, problemas de lubricación y agarrotamientos. Una holgura exagerada reducirá la transferencia térmica del pistón al cilindro, puede producir distorsión del cilindro, con peligro de agarrotamiento, y además puede aumentar el desgaste de los segmentos permitiendo el cabeceo del pistón.

El pistón suele tener forma cónica, estrechándose hacia la cabeza, y además su circunferencia es oval, ya que el pistón debe encajar en el cilindro cuando este caliente y este no se calienta de manera uniforme. La cabeza se calienta más que la falda; el lado del escape esta mucho mas caliente que el lado que está refrigerado por los gases de carga y de admisión. Por esto el pistón debe tener una forma irregular cuando esta frío.

Para medir la holgura se debe sistematizar la medición. El diámetro oficial del pistón se suele medir a 90° del bulón, inmediatamente por debajo del mismo. Los fabricantes japoneses suelen especificar que se mide en un punto a 15mm por encima de la base de la falda del pistón.

De igual manera el diámetro del cilindro se mide en sentido longitudinal, a 15mm de la parte superior del cilindro.

Gráfico 21 Forma de medir los pistones y camisas



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 28
 $X= 15\text{mm}$; $A= 90^\circ$ a partir del bulon

Hay que añadir que la medición debe ser lo más exacta posible por lo tanto se recomienda medir tanto el cilindro y el pistón al mismo tiempo y en el mismo sitio para evitar errores por diferencias de temperatura.

Los fabricantes japoneses utilizan holguras muy ajustadas en sus maquinas de carretera ya que así limitan el ruido y el desgaste. En cambio los fabricantes europeos acostumbran relacionar la holgura del pistón con el diámetro del cilindro, aplican holguras algo mayores a los motores refrigerados por agua.

TABLA 1 Holguras de pistón de algunos motores Yamaha

Modelo Y Año	Calibre(mm)	Holgura(mm)	Refrigeración
DT250MX (80)	70	0.035-0.040	AIRE
DT175MX (82)	66	0.040-0.045	AIRE
RD400 (79)	64	0.035-0.040	AIRE
RD350LC (82)	64	0.050-0.055	AGUA
RD350LC (83)	64	0.060-0.065	AGUA
RD500LC (84)	56.4	0.060-0.065	AGUA
RD125LC (83)	56	0.050-0.055	AGUA
DT125MX (82)	56	0.035-0.040	AIRE
YZ125	56	0.070-0.075	AGUA
RD250 (79)	54	0.035-0.040	AIRE
RD250LC (82)	54	0.050-0.055	AGUA

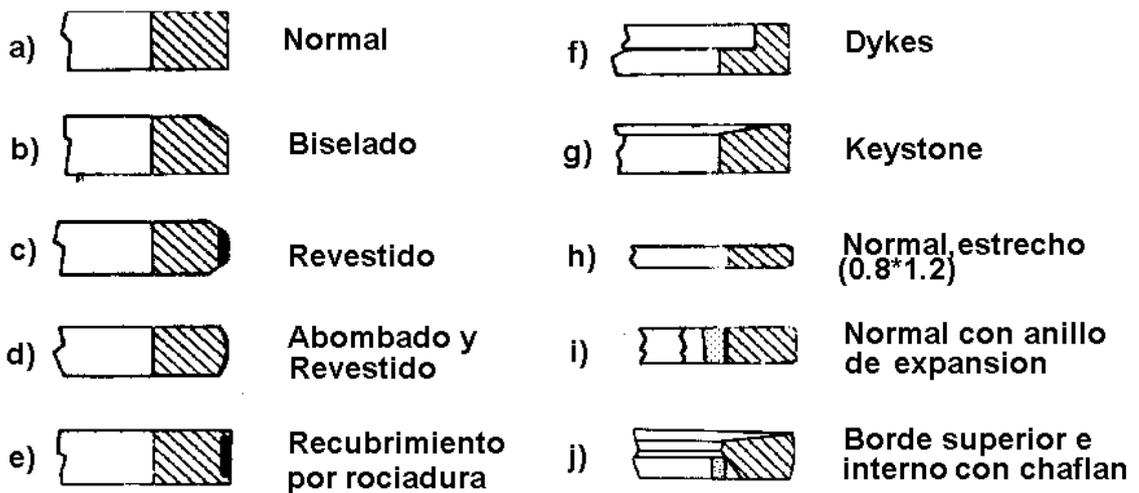
FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 106

Los fabricantes japoneses suelen relacionar la holgura del pistón con el rendimiento del motor.

SEGMENTOS

Estos son diseñados para evitar vibraciones en su alojamiento. Los segmentos lisos de acero (Normal, gráf 22(a)), se sustituyen por los Dykes (gráf 22(f)) de sección en L que permiten que la superficie de trabajo del segmento esté más cerca de la cabeza del pistón, mientras que la ranura estaba más baja, esto permite tener un mejor control en la apertura de las lumbreras aunque produzca calentamiento en la cabeza del pistón.

Gráfico 22 Tipos de segmentos utilizados en motores de dos tiempos



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 28

Además los dykes están apoyados por los gases ya que la presión de los gases del cilindro actúa entre el pistón y el segmento, empujando el segmento hacia el borde inferior de la ranura evitando vibración y empujándolo también hacia la pared del cilindro haciendo que haya mejor sellado. Los segmentos Dykes además poseen menor inercia, son rígidos y resistentes.

Los segmentos Keystone (gráf 22(g)), son lisos y tienen en la cara superior un estrechamiento de unos 7 grados, estos también están apoyados por los gases en cierto modo y dado que el segmento está continuamente contrayéndose y

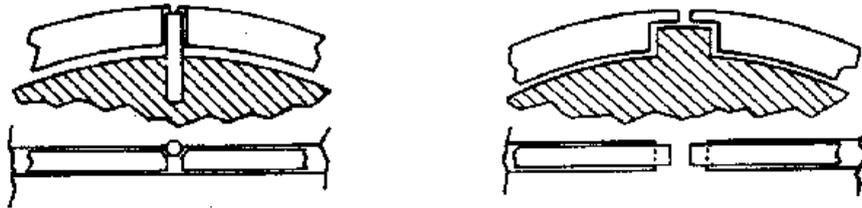
expandiéndose al pasar por las lumbreras, elimina residuos de carbonilla y desechos de la combustión.

Para motores de alta potencia con los segmentos mencionados anteriormente sigue existiendo vibración por lo tanto se utilizan segmentos Lisos Estrechos, (graf 22(h)) cuya sección mide menos de 1mm y que se pueden utilizar a altas velocidades dada su baja masa.

Se suelen utilizar pistones con un solo segmento, esto da buenos resultados a altas revoluciones pero a bajas deja pasar llamas las mismas que recubren la falda del pistón ocasionando averías, aunque si se lo revisa frecuentemente no habrá inconvenientes.

En motores de dos tiempos los segmentos se sitúan en el pistón mediante unas clavijas (graf 23) las mismas que pueden ser fijas o pueden ser en forma de pasador que ingresa en las ranuras del pistón.

Gráfico 23 clavijas de fijación para los Segmentos



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 109

TENSIONES DEL PISTÓN

El pistón alcanza unas aceleraciones enormes cuando el motor gira a altas revoluciones y la inercia genera grandes fuerzas que actúan en el pistón.

La inercia es proporcional al cuadrado de la velocidad de giro del motor, esto quiere decir que al duplicarse la velocidad de giro del motor se cuadruplica la inercia, este parámetro es el que marca el límite de revoluciones de una maquina, estas fuerzas originan vibración y mas aun en un motor monocilíndrico.

REFRIGERACIÓN DEL PISTÓN

La combustión del aceite bajo la cabeza del pistón es indicativa de la temperatura que esta alcanza; cuando presenta un aspecto marrón, la cabeza habrá recibido bastante calor, otros peligros de calentamiento se dan por el calentamiento de la bujía por encendido muy adelantado o mezcla pobre, detonación, temperatura de combustión elevada, etc.

Al ir mejorando un motor se puede llegar a un punto en que la carga térmica esté al límite que puede soportar el mismo.

La refrigeración del pistón depende también de la holgura de la falda del pistón y del número de segmentos que posee ya que varía el área de contacto, así como también de la riqueza de la mezcla, por esto se suele utilizar mezclas ricas para garantizar una buena refrigeración del pistón.

También es bueno refrigerar el cilindro de una manera adecuada para evitar elevaciones bruscas de temperatura que a su vez producirán daños en el motor.

CILINDRO

Los cilindros básicamente tienen 3 aberturas o lumbreras, 1 de admisión, 1 de escape y 1 de carga o "transfer"⁸ (en la práctica pueden ser 5 o más, porque pueden ser dobles). La de admisión normalmente está enfrente del escape y las de carga a los lados. La que está más alta, es decir más próxima al borde superior del cilindro, es el escape, un poco más abajo las de carga y la más inferior y cercana al cárter, la admisión. La altura de las aberturas y su disposición permiten deducir las distintas fases de la distribución.

⁸ la palabra "transfer" es inglesa y su traducción es "traspaso" Los transfers hacen entonces dos funciones de una sola vez, el TRASPASO de mezcla fresca desde el cárter al cilindro y el LAVADO porque elimina los gases quemados empujándolos hacia afuera.

Gráfico 24 Distribución de lumbreras en el cilindro(vista superior)



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page4.html

Según esto deducimos que cuando el pistón está cerca de su P.M.S, o sea en explosión, la lumbrera de escape y de carga se encuentran cerradas y sólo está abierta la admisión que envía la gasolina al cárter (se hacen dos fases a la vez admisión y explosión). Una vez que explota la mezcla, los gases empujan al pistón hacia abajo (el cárter) creando un vacío y una presión.

El vacío hace que los gases sean arrastrados hacia abajo con el pistón y al abrirse el escape, empiezan a salir.

La presión origina que la mezcla que ahí está, suba por las lumbreras de carga ayudando a salir los gases quemados reemplazándolos por la mezcla fresca para la nueva explosión. (se crean las otras dos fases compresión y expulsión). El ángulo de las lumbreras de carga hace que los gases frescos choquen contra la pared opuesta al escape y se dirijan hacia la cámara de combustión este efecto se lo denomina barrido. (el hecho de que los gases choquen más arriba ó mas abajo de la pared opuesta al escape favorece para que ese barrido sea más rápido o más lento, según necesitemos potencia o velocidad)

Los primitivos cilindros fundición tenían un coeficiente de dilatación diferente a los pistones de aleación lo que limitaba su utilidad. Las cosas mejoraron al usar

camisas de fundición dentro de bloques de cilindro de aleaciones ligeras aunque seguía existiendo el problema de la transferencia térmica.

Los japoneses perfeccionaron el proceso de unión de la aleación a la camisa de fundición y consiguieron buenas uniones térmicas, lo que permitió dar un nuevo paso en los niveles de rendimiento, además del empleo de aleaciones con alto contenido de silicio para la fabricación de pistones. El último paso ha sido eliminar totalmente la fundición y se han hecho muchos intentos para hacer cilindros totalmente de aleación ligera, normalmente blindados, con revestimiento duro, ya fuese cromado, Nikasil, Galnikal, o revestimientos de electrofusión. estos métodos proporcionan ventajas en cuanto a los resultados térmicos, pero tienen desventajas prácticas como por ejemplo que el cilindro no se puede rectificar, es difícil o imposible modificar la forma de las ventanas de las lumbreras, en algunos casos se puede pulir.

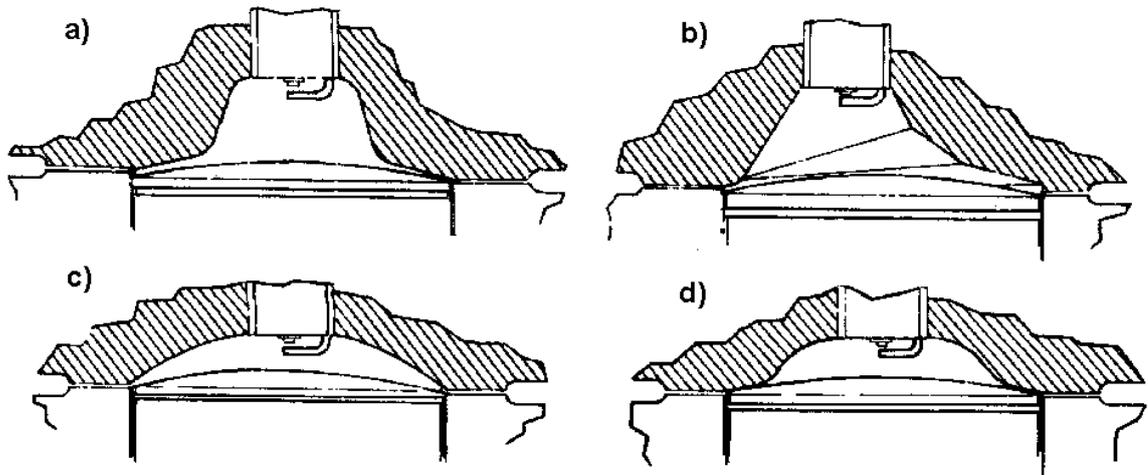
CULATA

La culata es el elemento que aloja la cámara de combustión esta cámara debe cumplir ciertos requisitos como por ejemplo que exista un volumen compacto de gases, equidistante de la bujía, y en el que se forme una turbulencia suficiente para que se produzca la combustión, pero no tanta que se pierda calor por las superficies metálicas. Una esfera que tuviese los electrodos de la bujía en el centro satisfaría casi todos esos requisitos, sobre todo por el hecho de que la esfera es la forma geométrica que tiene menor superficie en relación al volumen que contiene, y las pérdidas de calor son proporcionales a la superficie.

Uno de los primeras cámaras utilizadas tiene forma de casquete esférico y cabeza de pistón plana, tenía una zona de “squish”⁹ ancha y se la llamaba sombrero de copa por su sección muy marcada. (graf 25 (a)).

⁹ Separación y Angulo de salpicadura (ver Capitulo 3, pag 96)

Gráfico 25 Diferentes tipos de cámara de combustión



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 109

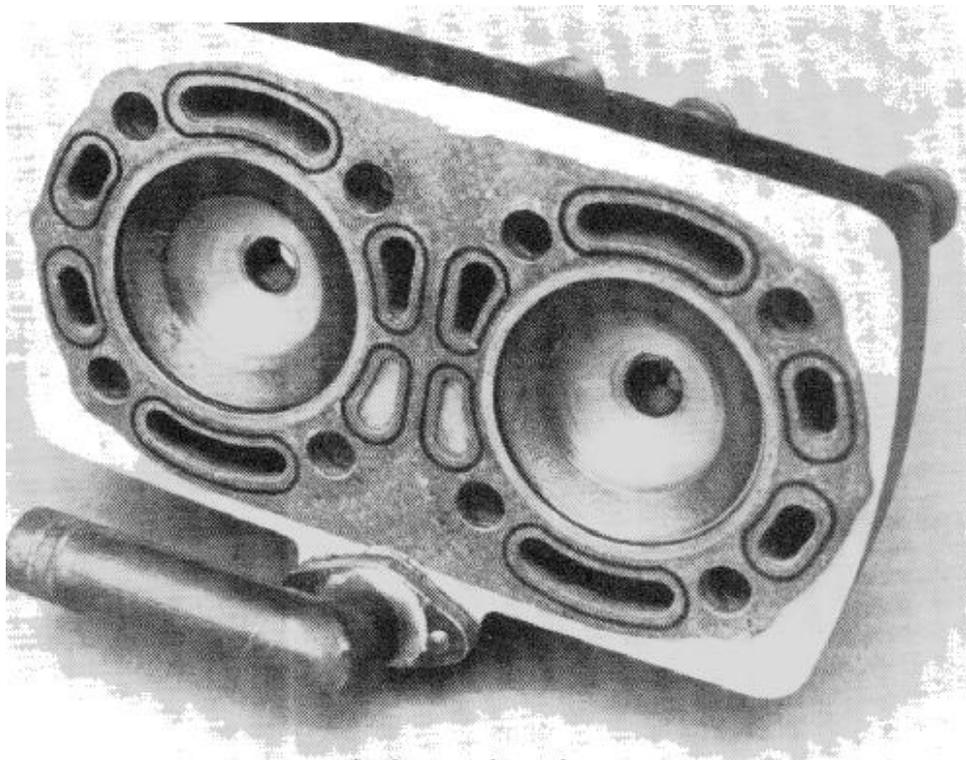
Otras cámaras posteriores eran descentradas (graf 25(b)) pero no dio mucho resultado y se volvió a la culata simétrica con bujía central(graf 25(c)) aunque se tenía un “squish” mas estrecho. El diseño de los pistones ha cambiado poco y se ha mantenido la superficie ligeramente abombada en la cabeza pero lo que si se descubrió fue que la holgura alrededor del borde de la cabeza del pistón era fundamental para los valores de rendimiento.

Cuando se hacía funcionar el pistón de tal forma que el pistón casi tocaba los bordes de la culata(graf 25(d)), se ocasionaba una Turbulencia de squish en los bordes, lo que forzaba a los gases a acercarse a la bujía central, en el instante en el que el frente de llama se expandía hacia los bordes, esto creaba la turbulencia necesaria en el último instante para acelerar la combustión y reducir los gases frescos residuales.

Para diseñar una cámara de combustión se considera que la superficie de esta debe ser lo menor posible para evitar transferencia de calor al exterior, el volumen de la cámara debe producir una relación de compresión razonable, la curvatura de las superficies debe tener un radio tan grande como se pueda para que el efecto de squish produzca la turbulencia necesaria. El tamaño de la zona de squish estará determinada por el tamaño y la curvatura de la cámara de combustión por ejemplo en un cilindro de 56 mm, se tendrá

aproximadamente una anchura de 8mm de banda de squish. La holgura de squish es el espacio entre la culata y el pistón al encontrarse en su PMS, cabe destacar que la superficie de la culata debe procurar ser paralela a la superficie del pistón o quizás separarse del mismo ligeramente hacia el centro de la cámara. La holgura mínima recomendable que resulta eficiente suele ser de unos 0.065mm.

Gráfico 26 Culata de carreras con banda de “squish” ancha



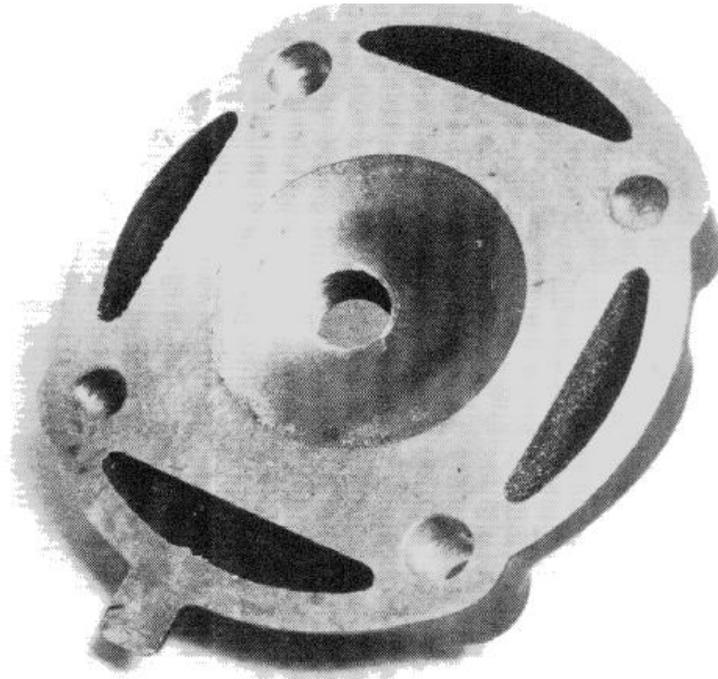
FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 115

“Teóricamente un incremento de la relación de compresión parece que supone un aumento de los rendimientos y que por esto los mejora a todas las revoluciones pero en la práctica a bajas revoluciones no se producirá una diferencia que se pueda advertir, pero en cuanto el motor llegue al pico de potencias, este se vera mejorado.”¹⁰

¹⁰ Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 118

Al elevar la relación de compresión suele aparecer detonación la misma que se puede controlar jugando con el reglaje de encendido y con la riqueza de la mezcla.

Gráfico 27 cámara lisa, bujía descentrada(Kawasaki)



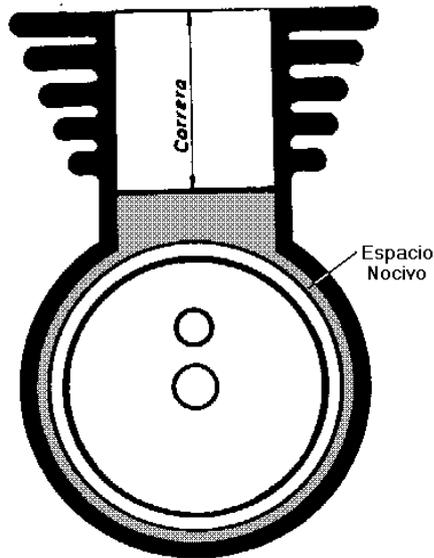
FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 115

CIGÜEÑAL Y CÁRTER

Puesto que el pistón en el motor de dos tiempos realiza una función de bombeo, tanto por encima como por debajo, para que este bombeo sea efectivo tanto el cárter como la parte formada por el cilindro y culata deben ser totalmente hermético y los segmentos (RINES) no deben sobrepasar de la holgura permitida para no tener fugas.

También para que este bombeo sea efectivo es necesario que el volumen del cárter sea lo mas pequeño posible porque sino el pequeño volumen que desplaza el pistón, comparado con un gran volumen del cárter, no crearía la presión necesaria para el bombeo.

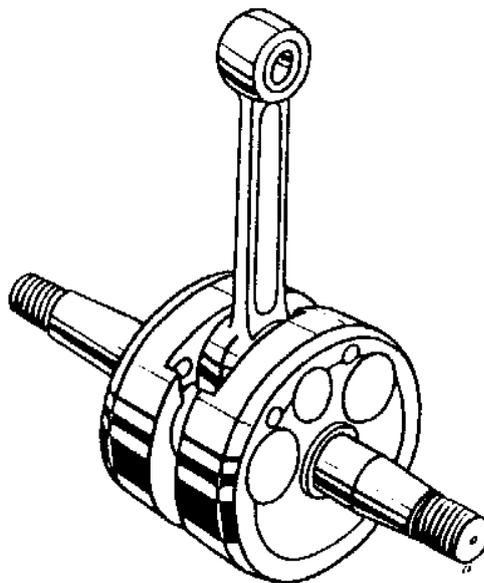
Gráfico 28 Espacio Nocivo



FUENTE: El motor de dos tiempos, Ceac, pag 30

Por eso, el espacio o volumen no ocupado por los órganos del motor, se llama "Espacio nocivo" por eso se intenta que ese espacio sea mínimo y para ello, se dota al árbol motor, de unas ruedas que hacen de volante, contrapesos y de relleno para reducir ese espacio, (es el conocido Cigüeñal del dos tiempos, el motor de cuatro tiempos es un simple eje con la forma del alojamiento de la biela) además el cárter está diseñado para que el cigüeñal casi roce.

Gráfico 29 Cigüeñal de dos tiempos monocilíndrico



FUENTE: El motor de dos tiempos, Ceac, pag 72

LUBRICACIÓN

La teoría dice que cuando la mezcla combustible-lubricante entra en el cárter, las partículas de combustible, que son mas ligeras, se evaporan y dejan una nube de aceite en forma de gotas minúsculas que lubrican la superficie del cigüeñal. Otras gotas menores llegan al cilindro con los gases de carga , que arrastran partículas mas pesadas de combustible con aceite disuelto que en consecuencia pasará a la parte superior de cilindro en donde se quemara con el combustible dejando lubricado las paredes del cilindro.

Las condiciones extremas que se sufren dentro de un motor de dos tiempos exigen mucho a su sistema de lubricación. Después de acumular el suficiente aceite para evitar un agarrotamiento(graf 30) a plena potencia, se debe volver a eliminar dicho aceite, ya sea quemándolo o dejándolo salir por el escape. Si no se elimina formará depósitos que causaran problemas de combustión, agarrotamiento de los segmentos, y depósitos sobre las superficies de trabajo, que aumentan la fricción y la transferencia térmica, el exceso de aceite puede ser tan perjudicial como la ausencia del mismo.

Gráfico 30 Avería de pistón por falta de engrase.



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 159

Para las motos de carretera el “sistema de bomba de aceite controlada por el acelerador” ¹¹ es la mejor opción, pero en motores que exigen mayores prestaciones, en los que no tiene mucha importancia el efecto a largo plazo el sistema de combustible premezclado con aceite posee grandes ventajas.

Los fabricantes de motores de competencia recomiendan una proporción de la mezcla de 20 a 24 a 1, en otros casos suele llegar hasta el 30 o 40 a 1 .

El aceite de dos tiempos para motos de carretera suele tener un grado de viscosidad de **SAE 30** y se diseñan para que tengan pocos residuos sólidos, baja emisión de humos, antioxidantes , etc.

Los aceites más pesados, que dan mayor resistencia a la carga, tendrán una viscosidad de **SAE 40**, lo malo es que los aceites de alta viscosidad suelen dejar peores depósitos y recubrimientos en el motor.

La película de aceite, sobre todo la que esta entre el pistón y el cilindro ,debe transferir el calor eficientemente, para este caso son mejores los aceites de viscosidad baja.

Los aceites utilizados para competencia pueden ser de ricino o del tipo mineral/sintético. El aceite de ricino posee la mejor protección para el agarrotamiento, pero no se puede mezclar con aceites minerales, origina grandes depósitos, y revestimientos al motor, no se mezcla muy bien con la gasolina por eso la mezcla se hace solo instantes antes de su uso.

Los aceites sintéticos y semi-sintéticos , funcionan preferiblemente para el sistema de premezcla con aceite pero se necesita experimentar para determinar que aceite es el adecuado para la aplicación requerida y que proporción de mezcla es la que produce el mayor rendimiento del motor.

¹¹ Sistema utilizado en motocicletas de serie que consta de una bomba de aceite impulsada por el cigüeñal y que aumenta el caudal de entrega en función de la posición del acelerador.

Gráfico 31 Revestimientos de carbonilla en el pistón



FUENTE: www.yamahacr.com/oil_two_t.html

La holgura de la falda del pistón para la lubricación juega un papel crítico ya que; si la holgura de la falda es excesiva producirá revestimientos, que a su vez producirá recalentamiento, incremento de las pérdidas por rozamiento y al final un agarrotamiento. Una holgura muy ajustada no permitirá una buena lubricación y por ende aparecerá agarrotamiento.

SISTEMA DE ESCAPE

El escape tiene un efecto muy pronunciado sobre la potencia de los motores de dos tiempos y es una manera muy común de mejorar su rendimiento a determinado régimen de potencia.

Un escape bien desarrollado puede cargar el cilindro de forma eficiente y de alguna manera volver a empujar hacia atrás los gases que se hubieran perdido. El escape puede producir tanto altas como bajas presiones cerca de la lumbrera de escape., y puede hacerlo de forma sincronizada con el ciclo de barrido de gases.

El sistema de escape debe brindar las siguientes condiciones:

1. Durante la pre-compresión presión baja en la lumbrera de escape
2. Durante el barrido de gases..... Presión baja en la lumbrera de escape
3. Antes de cerrar la lumbrera de carga... presión mínima en la lumbrera
4. Después de cerrar la lumbrera de carga Presión alta en la lumbrera

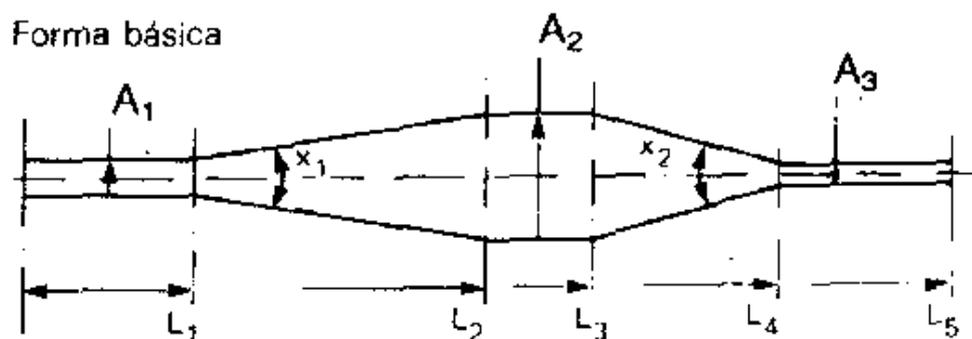
Esto quiere decir que mientras este abierta la lumbrera de carga es necesaria una presión baja en la lumbrera de escape para mejorar el barrido, ya que cuando se cierra la lumbrera de carga se debe elevar la presión para evitar fuga de gases frescos por la lumbrera de escape que todavía esta abierta.

Como las ondas de alta presión se producen en el motor cada vez que se abre la lumbrera de escape, estas se reflejarían en forma de ondas de baja presión en un tubo abierto; Si la onda originaria de alta presión siguiese su camino hasta chocar con una pared, esta reflejaría una onda de alta presión, algún tiempo después de la de baja presión.

La cámara de expansión tradicional, empieza por un tubo sencillo que desemboca en un difusor: un tubo cuyo diámetro va aumentando. A cierta distancia, el tubo se va estrechando para formar una boquilla, con una tobera estrecha; el efecto estrangulador de la boquilla se supone debe reducir la velocidad de los gases y elevar su presión, y a partir de este cuello de botella se refleja una onda de alta presión que vuelve hacia atrás por el tubo. La cantidad de presión de retorno puede llegar a ser crítica, porque incrementará la temperatura de combustión, y demasiada presión puede hacer que se funda la cabeza del pistón.

Partiendo de la cámara de expansión tradicional, que se muestra en el gráfico 32 existe un tubo de entrada sencillo, un difusor, una sección paralela, una boquilla y un tubo de escape.

Gráfico 32 Cámara de expansión tradicional.

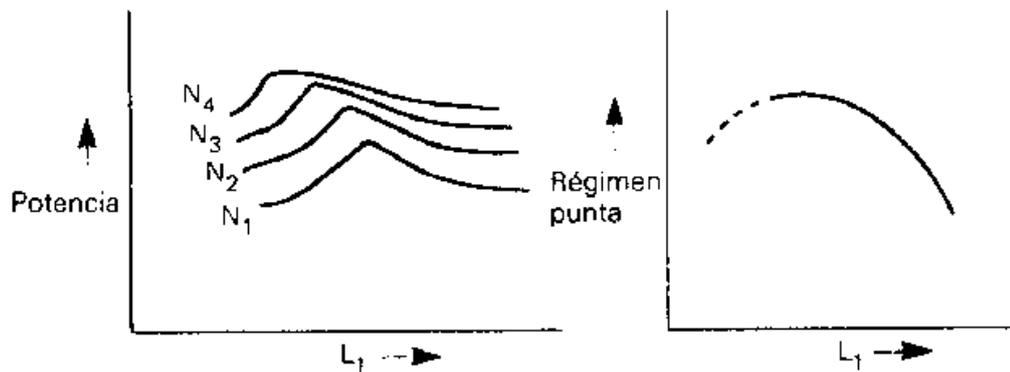


FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 94

LONGITUD

Si la longitud del tubo L_1 aumenta progresivamente a partir de un valor muy reducido, existe una zona en la que aumenta la potencia, y vuelven a caer progresivamente al ir aumentando dicha longitud. Para conseguir mejores resultados a regímenes mas elevados, habrá que acortar la primera sección del tubo. Aunque la mayor parte de experimentadores están de acuerdo en que la dimensión mas importante es L_4 , este punto esta a la mitad del camino de la parte que forma la boquilla; los cambios de esta longitud son los que originan un resultado mas notable en el motor, de nuevo la longitud mas corta corresponde a un régimen mas elevado.

Gráfico 33 Efectos de cambio de longitud del tubo A1.



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 159
N1 = bajas revoluciones, N4 = altas revoluciones.

Algunos experimentos indican que un tubo muy corto y cónico pueden provocar una caída del régimen punta, lo que esta manifestado con la línea de puntos en el grafico derecho de el grafico 33.

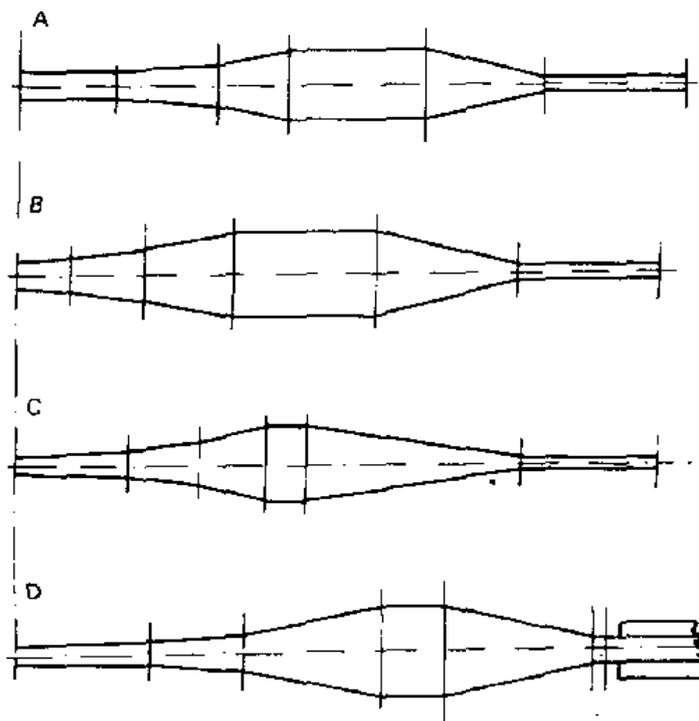
VOLUMEN

Los motores mas potentes necesitan una cámara de mayor volumen posiblemente porque el gas necesita poder expandirse antes de que se emboquille en el último tramo. La parte cónica delantera X1 tiene una importancia critica. Debe tener un ángulo de no mas de 15 grados para evitar

turbulencias en el flujo de gases o para evitar la disipación de las ondas de alta presión de retorno, que evidentemente se debe dirigir hacia el tubo de entrada.

Si la conicidad es demasiado brusca en este punto, o si el ángulo es demasiado abierto, todo el sistema empieza a comportarse como si se tratara de un tubo sencillo, neutro. Si se utiliza un ángulo de conicidad cerrado y se quiere conseguir un gran volumen de cámara, se puede terminar construyendo una cámara demasiado larga; por ello se han producido cámaras que tienen dos o incluso tres ángulos diferentes de conicidad.(graf 34(a,b)) Mientras los cambios no sean demasiado bruscos esto si funciona, y consigue aportar el volumen necesario con una longitud menor. Un volumen mayor tiende a desplazar el par motor punta hacia los regímenes menores.

Gráfico 34 Variaciones de la cámara de expansión.

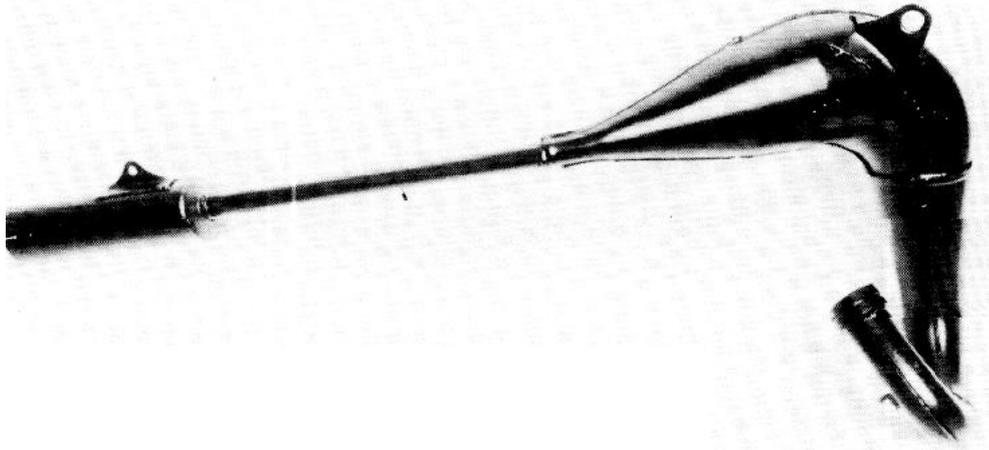


FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 94

El Estrechamiento de la boquilla X2 (ver graf 32) tiene un efecto bastante diferente al estrechamiento de la entrada X1. En un caso extremo se convertirá en una chapa plana cuando X2 sea igual a 180° , esto funcionaria si la longitud fuese la correcta, pero solo en una banda de revoluciones estrechísima. Si se

aplica un estrechamiento adecuado, se reduce su efecto sobre la potencia pero se reparte mejor en una banda mas ancha de revoluciones, hasta que si se convierte en un tubo de lados paralelos $X2=0$ no tendría efecto alguno.

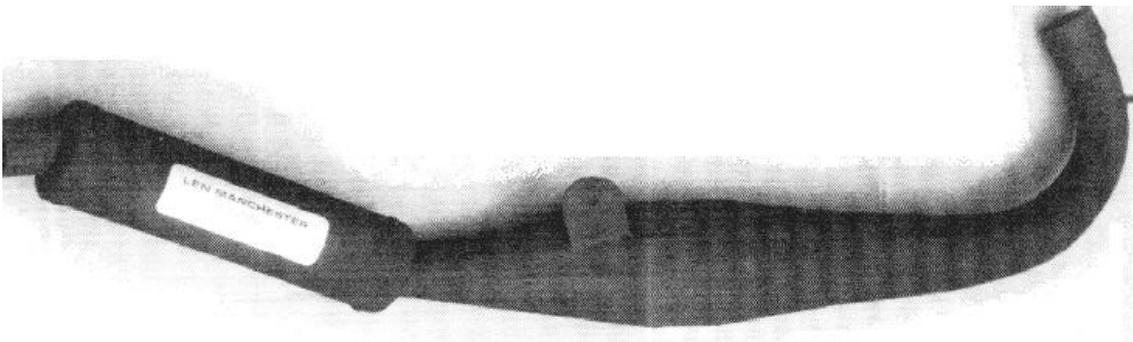
Gráfico 35 Sistema de escape para motocross de Kawasaki.



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 98
Conicidad en toda su longitud, gran volumen, tubo de salida largo

Cuando se ha conseguido dar la longitud adecuada al sistema de escape, se puede modificar con éxito la cámara para conseguir que la curva de potencia este a nuestra medida. A cambio de una ligera perdida de potencia punta, el escape puede dar un empujón importante a la potencia a regímenes medios o puede seguir produciendo potencia bastante después de haber llegado a la potencia punta de la máquina, en vez de permitir que la potencia caiga en picada.

Gráfico 36 sistema de escape diseñado para moto de carreras.



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 97

SISTEMA DE ENCENDIDO

En los motores de dos tiempos el sistema mas difundido es el de magneto.

Un magneto es lo contrario que un electroimán. En un electroimán hay una bobina del alambre alrededor de una barra del hierro (la armadura). Cuando usted aplica la corriente a la bobina del electroimán, la bobina crea un campo magnético en la armadura. En un generador, usted invierte el proceso. Usted mueve un imán más allá de la armadura para crear la corriente eléctrica en la bobina.

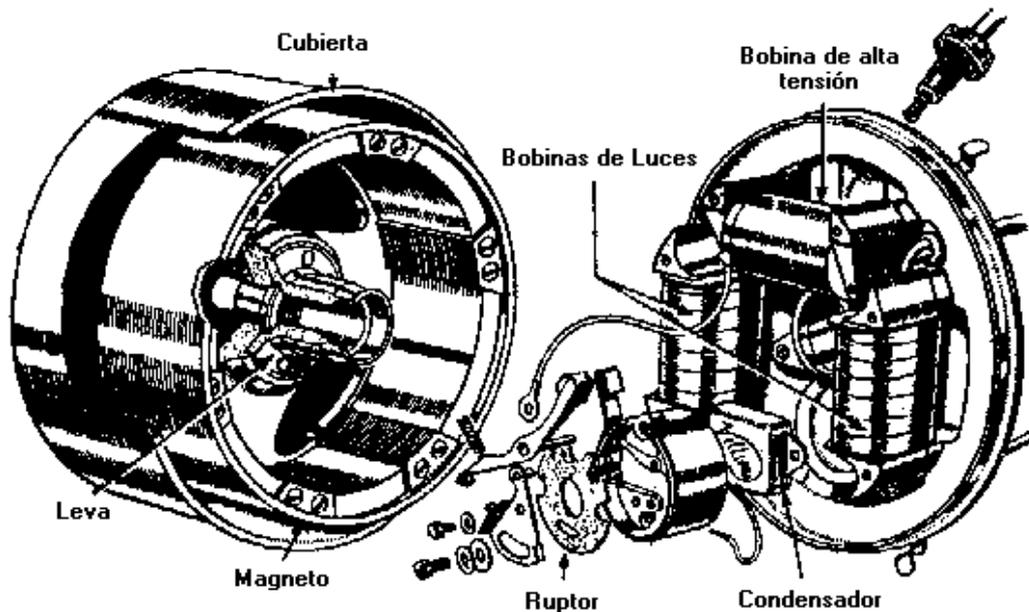
Aunque el funcionamiento de ambos sistemas es similar en sus principios básicos, la magneto es autosuficiente y requiere solo de las bujías y los cables conductores mientras que el sistema de batería y bobina requiere además otros componentes.

En la mayoría de los motores de motos se utiliza el sistema de encendido por magnetos, debido a que:

- Este sistema es autónomo, es decir no depende de ninguna fuente externa de energía, tal como el sistema eléctrico (batería, generador). Esta autonomía posibilita que aunque el sistema eléctrico de la moto sufra alguna avería en carrera, el motor funcione con normalidad pues los magnetos continúan proveyendo la energía necesaria para la ignición.
- Las magnetos generan una chispa más caliente a mayores velocidades del motor que la generada por el sistema de batería y bobina de los automóviles. La rueda en la que van acoplados los imanes que comúnmente se denomina magneto, también sirve como volante de inercia del motor.

En sus inicios los magnetos tenían una bobina para el sistema de iluminación (o de carga), y otra bobina de alta tensión que junto con el ruptor y el capacitor nos entregaban alta tensión a la bujía.

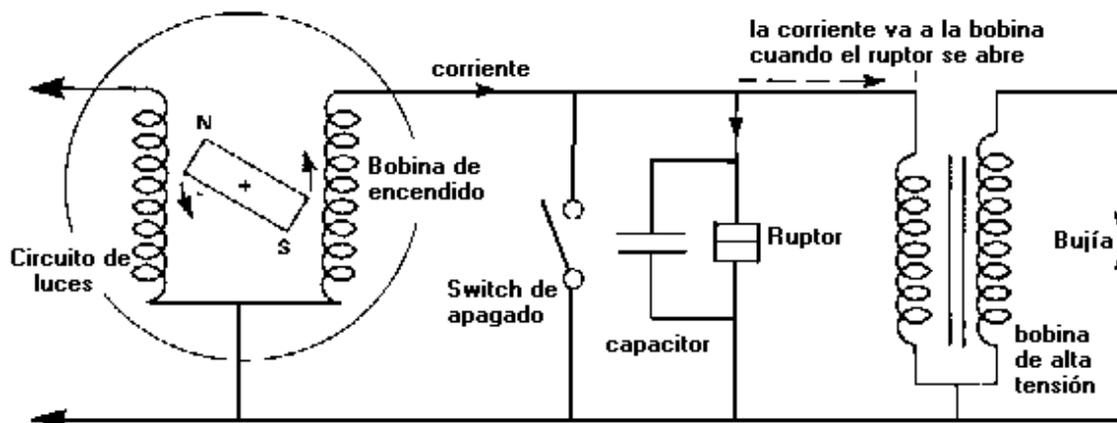
Gráfico 37 Magneto con bobina de alta tensión y dos bobinas de luces



FUENTE: Motorcycle electrical techbook, Tony Tranter, pag 5.7

Magnetos modernos utilizados en motocicletas tienen una bobina de encendido externa (de alta tensión), internamente el magneto tiene una bobina de luces o de carga, y una bobina de encendido interna que alimenta a la bobina de alta tensión. Y ya no existe el ruptor ni el condensador ya que esta ha sido reemplazado por el CDI (Capacitor discharge ignition).

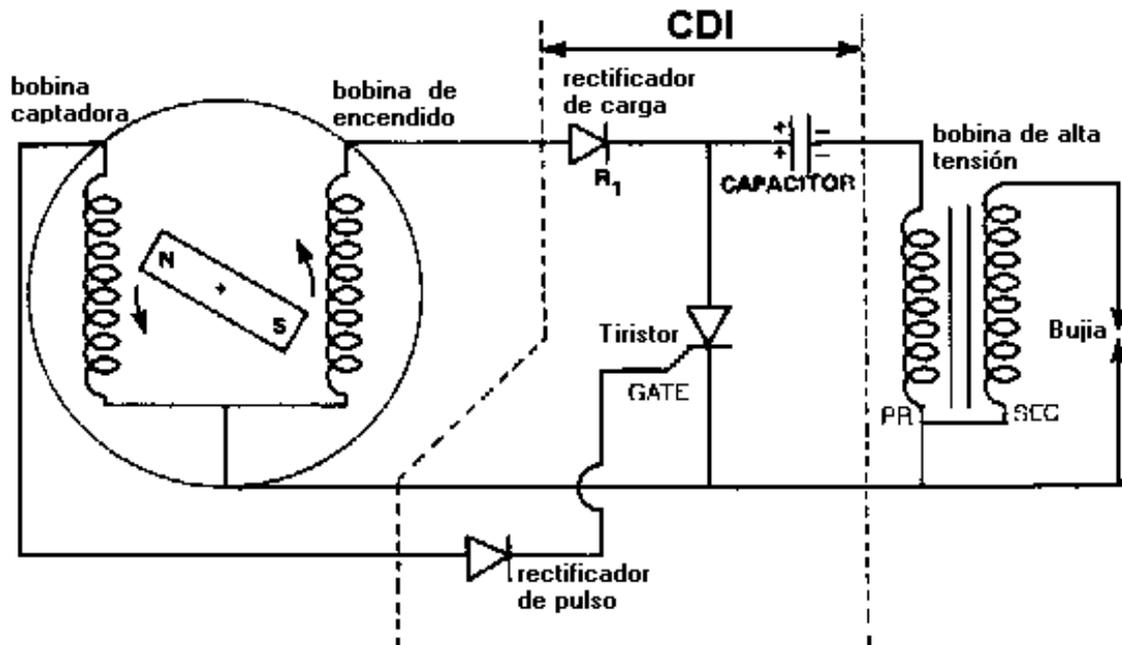
Gráfico 38 Circuito de encendido de corriente alterna de magneto



FUENTE: Motorcycle electrical techbook, Tony Tranter, pag 5.7

ENCENDIDO POR DESCARGA DE CAPACITOR (CDI)

Gráfico 39 Circuito simplificado de CDI con magneto



FUENTE: Motorcycle electrical techbook, Tony Tranter, pag 6.3

La corriente generada por la bobina de encendido dentro del magneto es rectificadora para cargar el capacitor el mismo que esta conectado al primario de la bobina de alta tensión. El pulso de la bobina captadora es rectificado antes de ingresar al gate del tiristor, el momento que llega el pulso se activa el tiristor y el capacitor se descarga en el primario de la bobina induciendo en el secundario alto voltaje que es utilizado para la combustión de la mezcla.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL MOTOR 2T FRENTE AL MOTOR 4T

VENTAJAS

Principalmente su sencillez de funcionamiento y piezas que se limitan a el cigüeñal, la biela y el pistón . No existen árbol de levas, correa o piñones de distribución, válvulas etc...

La ausencia de los orificios de las válvulas en la cabeza de la cámara de compresión permite a los diseñadores adoptar cualquier forma de cámara de acuerdo con la técnica más exigente, ya que el diseño sólo está condicionado por el orificio de la bujía. También, la propia culata queda simplificada al máximo al no tener que soportar elemento alguno de distribución.

INCONVENIENTES

Ocurre que en una fase de transformación se mezclan gases quemados y mezcla fresca, por lo que no toda la mezcla se quema para dar potencia porque una pequeña parte de la mezcla fresca sale al exterior con los gases quemados sin producir trabajo. Se puede afirmar que el motor de dos tiempos tiene un mayor consumo a plena carga, aunque en los motores más modernos se ha conseguido que su consumo específico a bajo régimen sea excelente, e incluso en algunos modelos, más económico que en motores iguales de cuatro tiempos.

Otro punto negativo es el enfriamiento o refrigeración, debido en parte al gran número de explosiones y al menor efecto refrigerante de la mezcla aire-gasolina-aceite

Otro inconveniente relacionado con el anterior es el excesivo desgaste de la bujía y la creación de carbonilla producida en su mayoría por el aceite de la mezcla (los aceites sintéticos tienen aditivos que reducen la formación de carbonilla).

El otro gran inconveniente es que a escasa apertura de la corredera del carburador, el barrido de gases se efectúa de manera incompleta por lo que durante la combustión se queda cantidad de gases quemados del ciclo anterior.

CAPITULO 2

EVALUACIÓN DEL MOTOR (PARÁMETROS INICIALES)

ENSAYO DE VARIACIÓN DE VELOCIDAD CON ACELERACIÓN CONSTANTE

Una característica del motor a gasolina es su funcionamiento dentro de un amplio rango de velocidades. A cualquier velocidad, el motor debe trabajar en forma estable, con todas las cargas (freno) que sean posibles, y de tal manera que su explotación sea lo más económica posible.

Durante su explosión, un motor funciona casi todo el tiempo con regímenes no estacionarios, que cambian constantemente, y además de la potencia que se emplea en vencer el rozamiento en su interior, en la transmisión; la resistencia al rodamiento, y la resistencia del aire, debe tener cierta reserva de potencia, a utilizarse cuando aparecen resistencias adicionales cuando por ejemplo el vehículo sube una cuesta, arranca, o se apresta a rebasar a otro.

Ciertos parámetros y características, definen la aptitud del motor para funcionar en diversas condiciones o regímenes, y permiten además comparar entre sí diferentes motores. Sin embargo los datos completos que caracterizan el desempeño del motor a régimen variable, implican ciertas dificultades en su obtención, razón por la cual dichas características se determinan durante las pruebas del motor, en un banco apropiado con régimen estable y bajo normas establecidas.

En general las pruebas de los motores de combustión son de 2 tipos:

1. Pruebas de velocidad variable (motores automotrices y marinos).
2. Pruebas de velocidad constante (motores para generadores, bombas, etc.).

Las pruebas de velocidad variable se dividen en:

- a) A plena carga (aceleración), entre cuyos objetivos se trata de determinar la potencia máxima ($P_{f \max}$) y el consumo específico de combustible (CEC) mínimo, a cada velocidad (N).
- b) Pruebas con cargas parciales (aceleración parcial) para determinar las variaciones del consumo específico de combustible.

Las pruebas de velocidad constante se realizan para determinar principalmente las variaciones del consumo específico de combustible (CEC).

Para efectuar una prueba a plena carga (potencia máxima) en un motor a gasolina, se acelera totalmente manteniendo la velocidad en el valor deseado por regulación del freno o carga externa ; se ajusta la chispa para asegurar máxima potencia a esa velocidad y luego establecido el equilibrio térmico se procede a tomar los datos respectivos. Se repite la prueba para cada valor de velocidad deseado, graficando luego los resultados.

En las curvas mostradas son de interés las siguientes observaciones:

- A la potencia al freno máxima le corresponde una velocidad superior a la del torque al freno máximo, de la máxima eficiencia y del CEC mínimo.
- En un intervalo considerable, el CEC y la eficiencia térmica varían poco, característica que es conveniente; pero a altas velocidades el consumo mencionado aumenta rápidamente. Por tanto, la potencia necesaria para impulsar el vehículo a altas velocidades aumenta rápidamente, aproximadamente con el cubo de la velocidad y baja el rendimiento del motor.
- Para cada motor existe una velocidad de rotación cuyo valor depende de las características constructivas, en correspondencia, la masa del fluido activo que entra en cada uno de los cilindros es la máxima posible para cada ciclo .

EQUIPO UTILIZADO

BANCO DE PRUEBAS: TE15 – PLINT

MOTOR: **Yamaha 125cc 2T**

Diámetro = 56 mm.

Carrera = 50 mm

Relación de compresión = 6.1:1

Velocidad máxima = 7000 RPM

Potencia = 8KW a 6500rpm.

Cilindros = 1

DINAMOMETRO ELÉCTRICO: Brazo de Palanca: 265mm

Corriente máxima 15 A

PROCEDIMIENTO

- Una vez establecido el motor y el banco de pruebas a utilizarse, verifique la preparación global de todo el conjunto.
- Revise todos los instrumentos de medición, anote los posibles errores de enceramiento, y de ser posible corrijalos.
- Proceda a “calentar” el motor hasta que alcance su temperatura normal de funcionamiento.
- Acelere el motor hasta el valor preestablecido para su práctica. Y mediante el freno, ubique la velocidad inicial de prueba.
- Previa a una estabilidad del régimen de operación respectivo proceda a registrar todos los datos que exija la práctica. Anote cualquier observación durante cada una de las pruebas.
- Cambie la velocidad al siguiente valor requerido y repita el procedimiento anterior.
- Durante las pruebas tenga especial cuidado en no llegar a valores límites de velocidad, ni excesivos de temperatura.

TABULACIÓN DE DATOS

Tabla 2 Condiciones de la prueba e información complementaria

Motor	Yamaha 125 2T	Rc	6.1:1	Bpalanca	265 mm
N° cil	1	densidad	760Kg/m ³	T amb	21.5 °C
D	56 mm	Qneto	44 MJ/kg	P amb	547 mmhg
S	50 mm	Vol prueba	25 cc	R transm	3.8947 (4ta)
VH	125 cc	aceleración	100 %		

FUENTE: Laboratorio de motores ESPE- Matriz y Motor Yamaha 125 cc 2T

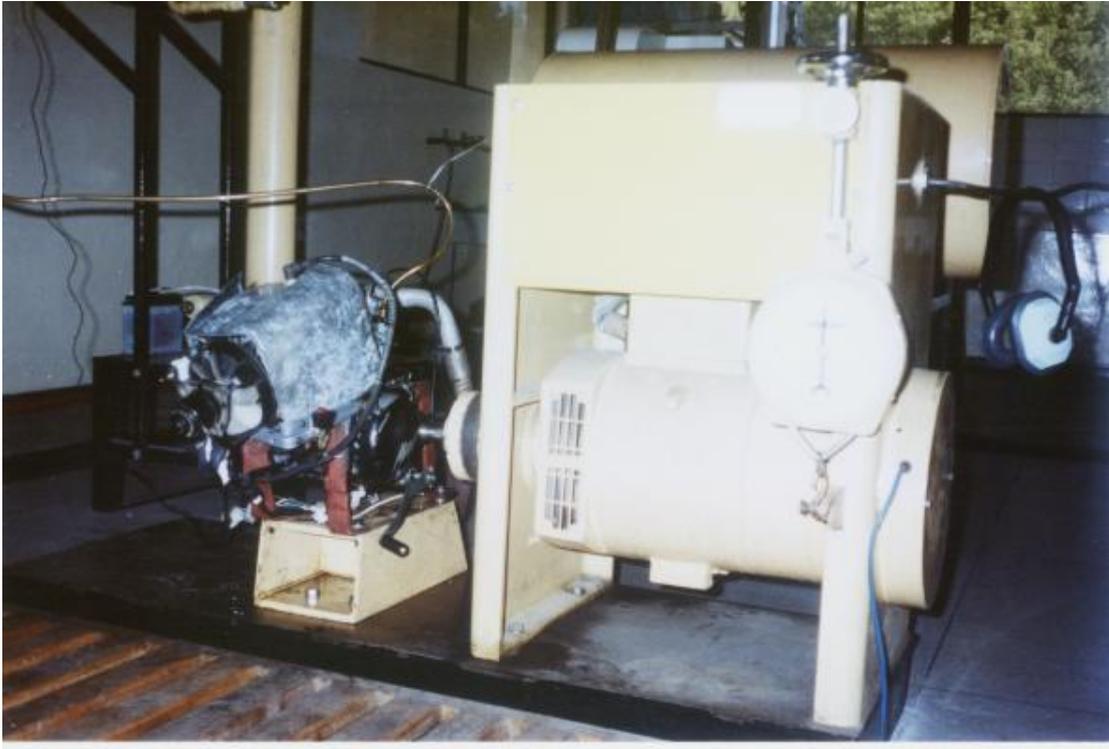
Tabla 3 Datos obtenidos en el banco de pruebas

TEST	N salida	REVS	t	N mot	F	Te	observaciones
#	Rpm		seg	Rpm	N	°C	
1	834.431	929	66.8	3249.86	38	430	S/N
2	937.255	956	61.2	3650.33	40	430	S/N
3	1032.042	977	56.8	4019.49	42	460	S/N
4	1132.035	1066	56.5	4408.94	43	505	S/N
5	1269.903	1090	51.5	4945.89	48	520	S/N
6	1352.727	868	38.5	5268.47	49	550	S/N
7	1453.521	860	35.5	5661.03	43.5	540	S/N
8	1553.933	922	35.6	6052.10	46	560	S/N
9	1648.632	904	32.9	6420.93	44.5	570	S/N
10	1729.870	888	30.8	6737.33	32	570	S/N

FUENTE: Banco de Pruebas TE15-Plint ,Laboratorio de motores ESPE- Matriz

MOTOR YAMAHA 125CC EN EL BANCO DE PRUEBAS

Gráfico 40 Motor Acoplado en el banco de pruebas



FUENTE: Motor Yamaha 125 cc 2T, Foto: Investigador Felipe Fiallo

Gráfico 41 Vista Lateral del motor Acoplado en el banco de pruebas



FUENTE: Motor Yamaha 125 cc 2T, Foto: Investigador Felipe Fiallo

CÁLCULO DE PARÁMETROS DEL MOTOR

TORQUE

Indica la fuerza torsional que es capaz de proporcionar un motor desde su eje principal, en este caso en particular la fuerza ha sido medida a la salida de la caja de cambios debido a la disposición del motor.

$$Tq = F * Bp \quad \text{[KJ]}$$

Donde:

Tq = torque

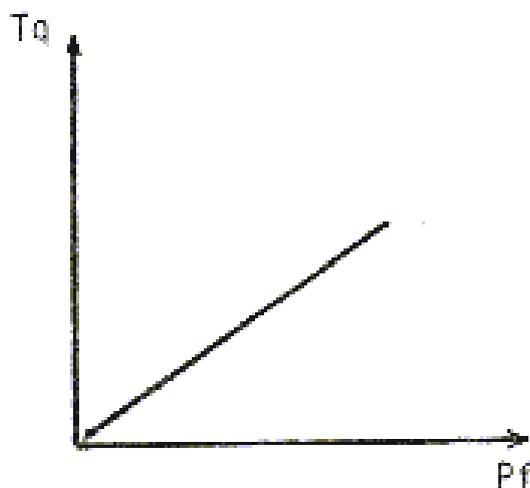
F= fuerza

Bp = Brazo de palanca del dinamómetro.

El torque es uno de los parámetros más importantes, para la selección de un motor.

Es importante, conocer los diferentes comportamientos que presenta el torque, con otros parámetros del desempeño de un motor, algunas de ellas se presentan en el gráfico 42.

Gráfico 42 Torque VS potencia al freno.



FUENTE: Guías de Laboratorio de motores, Ing. Alberto Naranjo

POTENCIA AL FRENO

Es la potencia que se obtiene en el eje del motor (en el caso de nuestro motor en el eje de salida de la caja de cambios), también es denominada potencia en la flecha. Indica la capacidad de cumplir con una determinada cantidad de trabajo producido en la unidad de tiempo.

$$Pf = Tq * W \left[\frac{Kw}{60} \right]$$
$$= Tq * \left(\frac{\pi N}{60} \right)$$

Donde:

Pf = potencia al freno

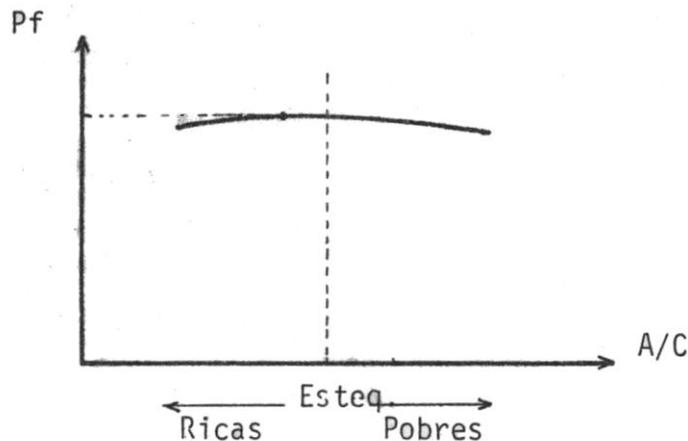
Tq = torque

W= velocidad angular

N= rpm del motor

Puesto que en la práctica, se requiere mezclas ligeramente ricas, esto es que la relación aire - combustible sea menor que la estequiométrica, para una combustión más eficiente (completa), se encontrará que el máximo valor de potencia se desarrollará para este tipo de mezclas, como muestra el gráfico 43.

Gráfico 43 Potencia al freno VS Relación A/C



FUENTE: Guías de Laboratorio de motores, Ing. Alberto Naranjo

Cuando se acelera al motor, la mariposa del carburador, se abre, dejando mayor cantidad de mezcla, y aumentando por tanto el valor de potencia obtenida.

PRESIÓN MEDIA EFECTIVA AL FRENO

Es la presión teórica constante que imaginariamente se ejerce durante cada carrera de potencia del motor para producir una potencia igual a la del freno.

$$PMEF = \frac{P_f}{V_D} \quad [KPa]$$

Donde:

$$V_D = \frac{VH}{\frac{N}{60} * K_2} \quad [m^3/s]$$

K2 = 1 si el motor es de 2 tiempos

K2 = 2 si el motor es de 4 tiempos

Mientras más grande sea la presión media efectiva, más grande será el trabajo por cm³ desplazado del motor.

La presión media efectiva, constituye un factor que debe ser tomado muy en cuenta en la selección de motores. Así por ejemplo si se dispone de 2 motores que proporcionen igual trabajo, el motor de PME más alta será de menor tamaño, y tendrá por tanto mayor rendimiento mecánico.

CONSUMO MÁSIICO DE COMBUSTIBLE

Este parámetro, determinado experimentalmente indica la “rapidez de consumo” de un motor.

$$m_c = \frac{V_p}{t} * \delta_c \text{ Kg / s}$$

donde:

V_p = volumen de prueba

δ_c = densidad del combustible

t = tiempo

A medida que aumenta la velocidad de rotación del motor, la cantidad de ciclos o carreras de admisión de carga fresca en la unidad de tiempo es mayor, aumentando por tanto el consumo de combustible; sin embargo cuando se eleva demasiado la velocidad, el tiempo para la admisión disminuye demasiado y disminuye la cantidad de mezcla fresca que ingresa al cilindro. Esto se muestra en el gráfico 44.

Gráfico 44 Consumo másico de combustible



FUENTE: Guías de Laboratorio de motores, Ing. Alberto Naranjo

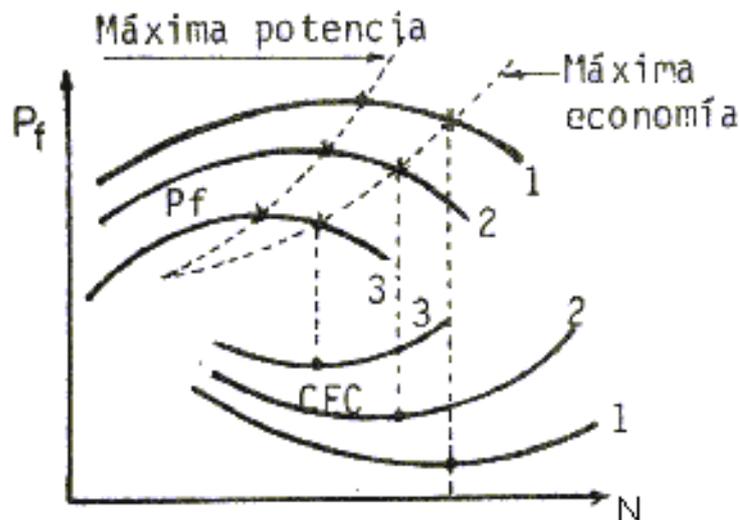
CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE

Es un parámetro comparativo que muestra con cuanta eficiencia convierte un motor el combustible en trabajo.

$$CEC = \frac{m_c}{P_f} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Kw.h}} \right]$$

El CEC es uno de los parámetros más importantes en el estudio de un motor, nos indicará, lo económico que es el motor bajo carga. Realmente nos interesaría determinar el punto en el que se tuviese máxima potencia con mínimo consumo específico de combustible, pero esto no ocurre en la realidad por lo que se puede sacrificar el factor económico para obtener mayor potencia, o viceversa, lo cual se puede observar en el gráfico 45.

Gráfico 45 Relación entre potencia al freno y consumo específico

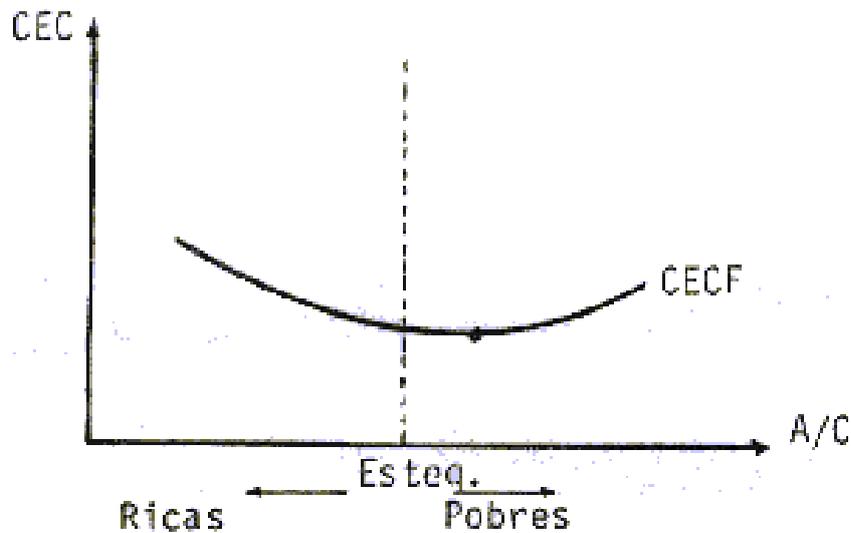


FUENTE: Guías de Laboratorio de motores, Ing. Alberto Naranjo

El gráfico 45 muestra que el CEC disminuye con N , lo cual se debe a que el aumento de la potencia con la velocidad es mayor que el del consumo de combustible, para luego nuevamente aumentar, ya que el aumento anterior, es menor que del consumo.

Por otro lado, el mínimo CEC se obtendrá como es lógico para mezclas pobres, pero si se empobrece demasiado la mezcla, se afectará significativamente a parámetros importantes como la potencia y la PMEF y la operación del motor se vuelve inestable.

Gráfico 46 Relación entre el consumo específico y la relación A/C



FUENTE: Guías de Laboratorio de motores, Ing. Alberto Naranjo

EFICIENCIA TÉRMICA

En termodinámica se define el rendimiento térmico para un ciclo con objeto de mostrar el rendimiento de la conversión de calor en trabajo.

De igual manera, la eficiencia térmica de un motor indica, el grado de aprovechamiento del poder calorífico del combustible, al desarrollar una unidad de potencia.

$$n_t = \frac{Pf}{\dot{m}_c Q_{NETO}} = \frac{1}{CECF \cdot Q_{NETO}}$$

Donde:

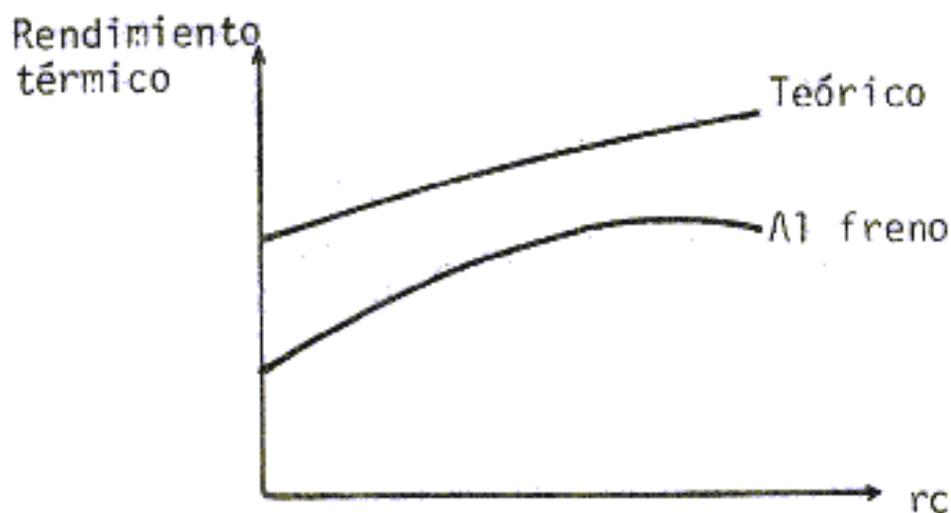
Qneto = poder calorífico del combustible.

La ecuación muestra que el rendimiento térmico calculado para el motor de combustión dependerá de los valores que se le asignen al calor de combustión.

El poder calórico inferior a volumen constante representa la cantidad máxima de calor, que puede transferirse en un calorímetro bajo condiciones estándar y es el valor que debería usarse en el cálculo del rendimiento.

En el gráfico 47 se muestra la variación del rendimiento térmico para diferentes relaciones de compresión.

Gráfico 47 Rendimiento térmico en función de la relación de compresión



FUENTE: Guías de Laboratorio de motores, Ing. Alberto Naranjo

Puesto que el rendimiento térmico depende de la mayor o menor eficiencia de la combustión, que nos indica el aprovechamiento del poder calórico del combustible una mezcla ligeramente pobre (exceso de aire) asegurarán las condiciones de mayor rendimiento térmico.

Tabla 4 Resultados obtenidos del motor STD

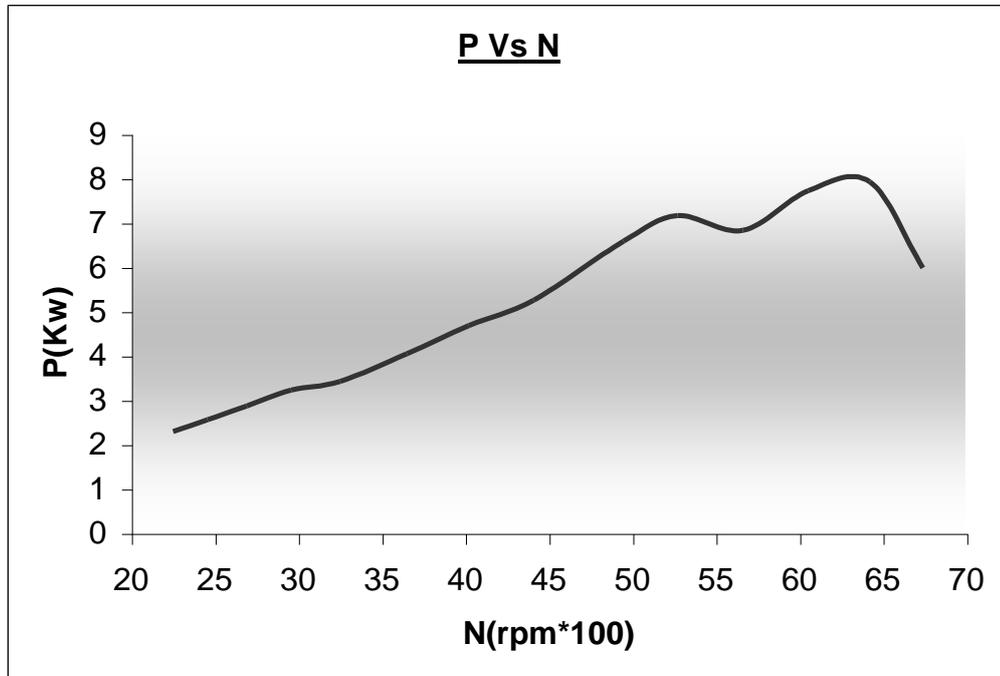
TEST	MOTOR				COMBUSTIBLE		EFICIENCIA	
	Nmot	Tq	Pf	PMEF	Mc	CEC	Nt	Vd
	rpm	Nm	Kw	Kpa	Kg/h	Kg/Kwh	%	M ³ /h
1	3249.86	10.07	3.43	2001.00	1.0240	0.2988	0.367	6.166
2	3650.33	10.6	4.05	2106.32	1.1176	0.2758	0.398	6.925
3	4019.49	11.13	4.68	2211.63	1.2042	0.2570	0.427	7.626
4	4408.94	11.395	5.26	2264.29	1.2106	0.2301	0.477	8.365
5	4945.89	12.72	6.59	2527.58	1.3282	0.2016	0.544	9.383
6	5268.47	12.985	7.16	2580.24	1.7766	0.2480	0.442	9.995
7	5661.03	11.5275	6.83	2290.62	1.9268	0.2819	0.389	10.740
8	6052.10	12.19	7.73	2422.26	1.9213	0.2487	0.441	11.482
9	6420.93	11.7925	7.93	2343.28	2.0790	0.2622	0.418	12.182
10	6737.33	8.48	5.98	1685.05	2.2208	0.3712	0.296	12.782

FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR YAMAHA 125

POTENCIA

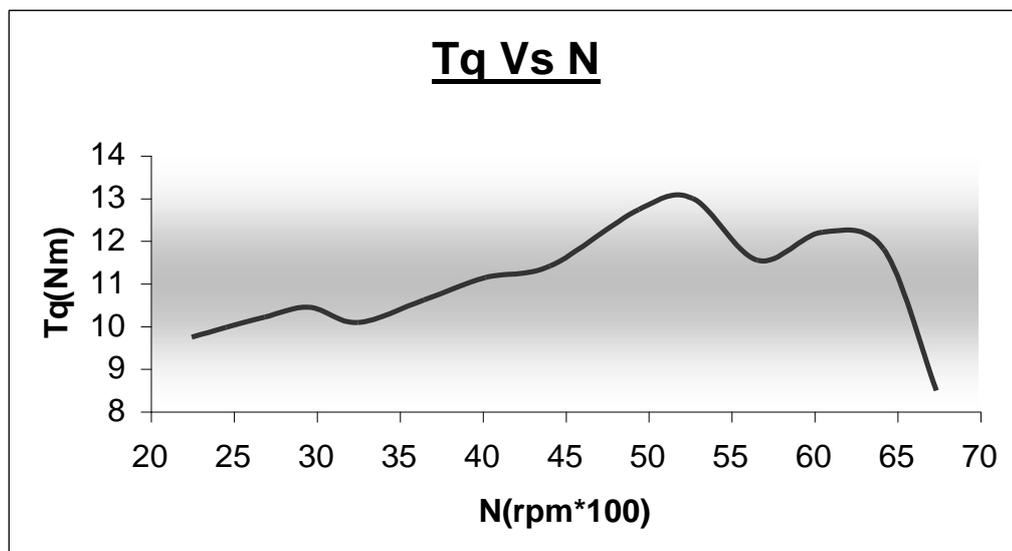
Gráfico 48 Curva de Potencia en función de RPM.



FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

TORQUE

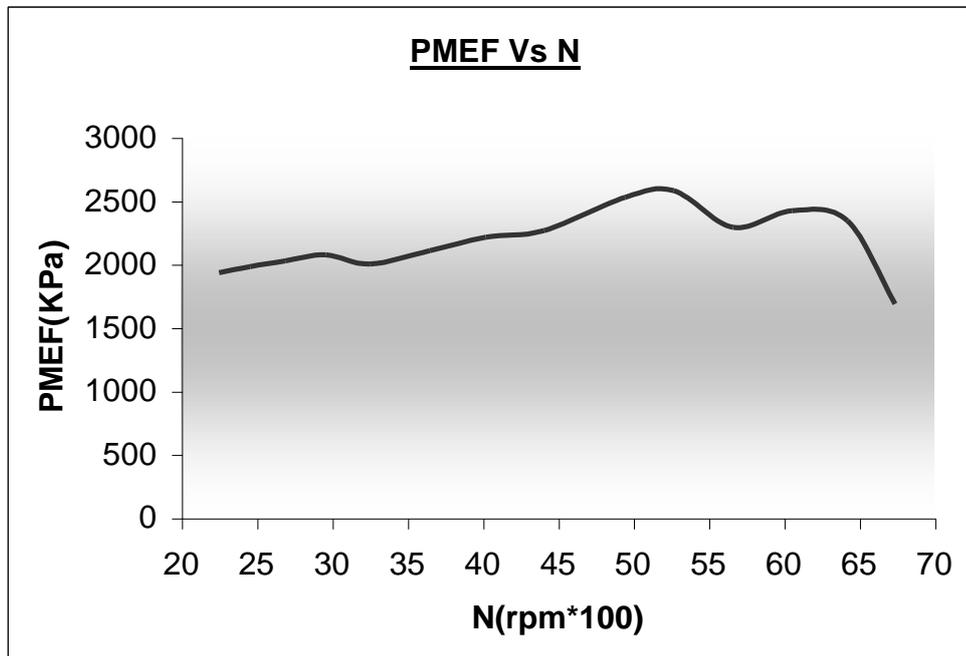
Gráfico 49 Curva de Torque en función de RPM.



FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

PRESIÓN MEDIA EFECTIVA AL FRENO

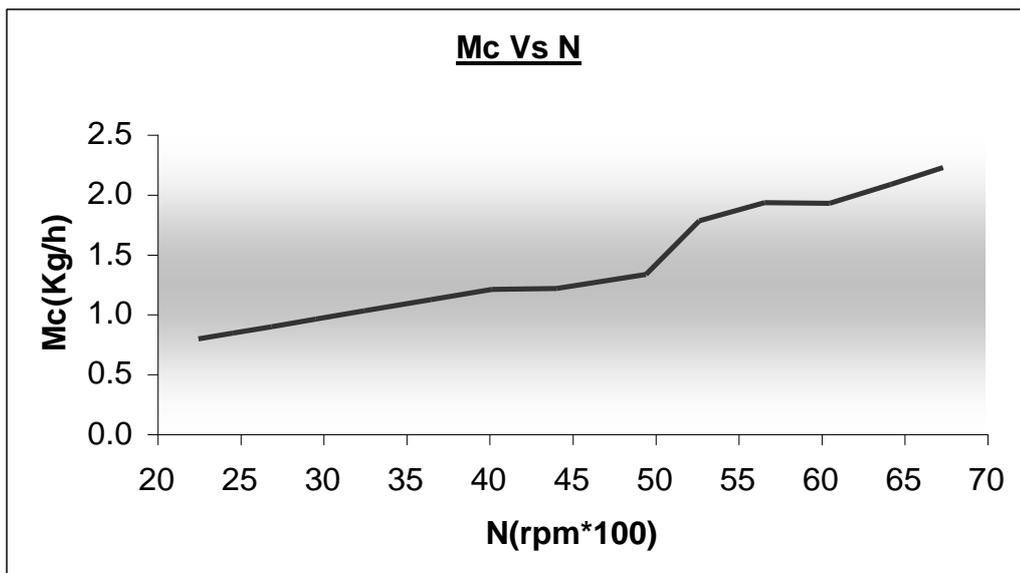
Gráfico 50 Curva de PMEF en función de RPM



FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

CONSUMO MÁSIKO DE COMBUSTIBLE

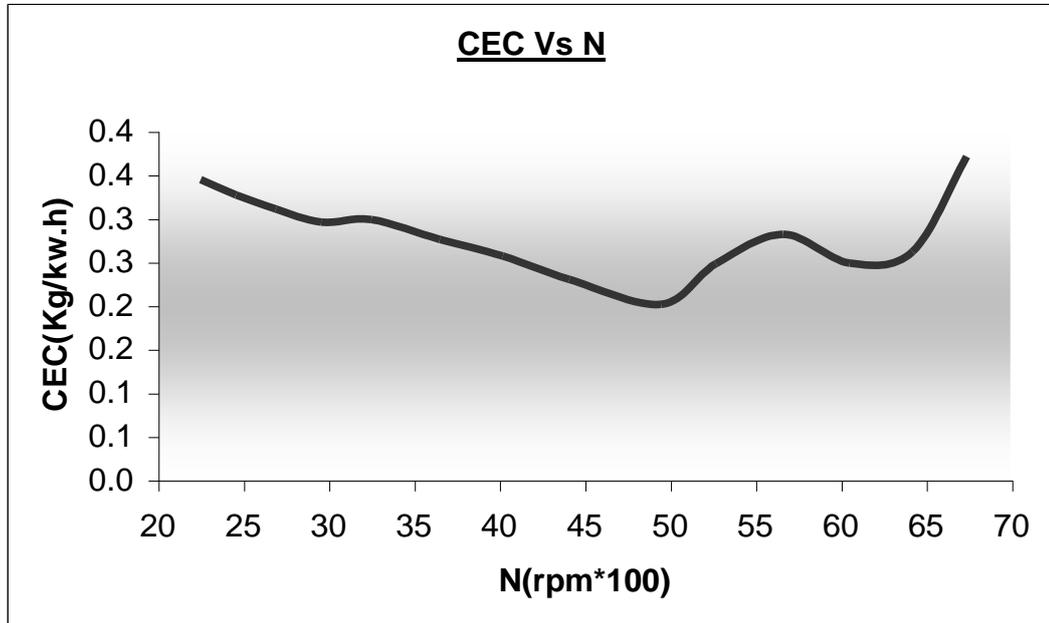
Gráfico 51 Curva de Consumo másico en función de RPM



FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

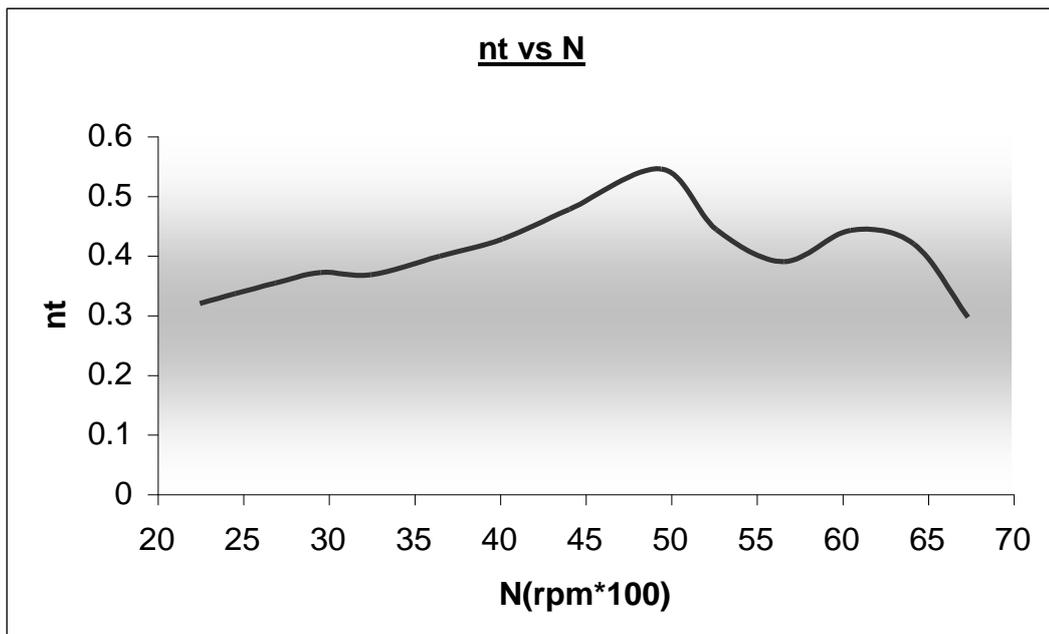
Gráfico 52 Curva de CEC en función de RPM



FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

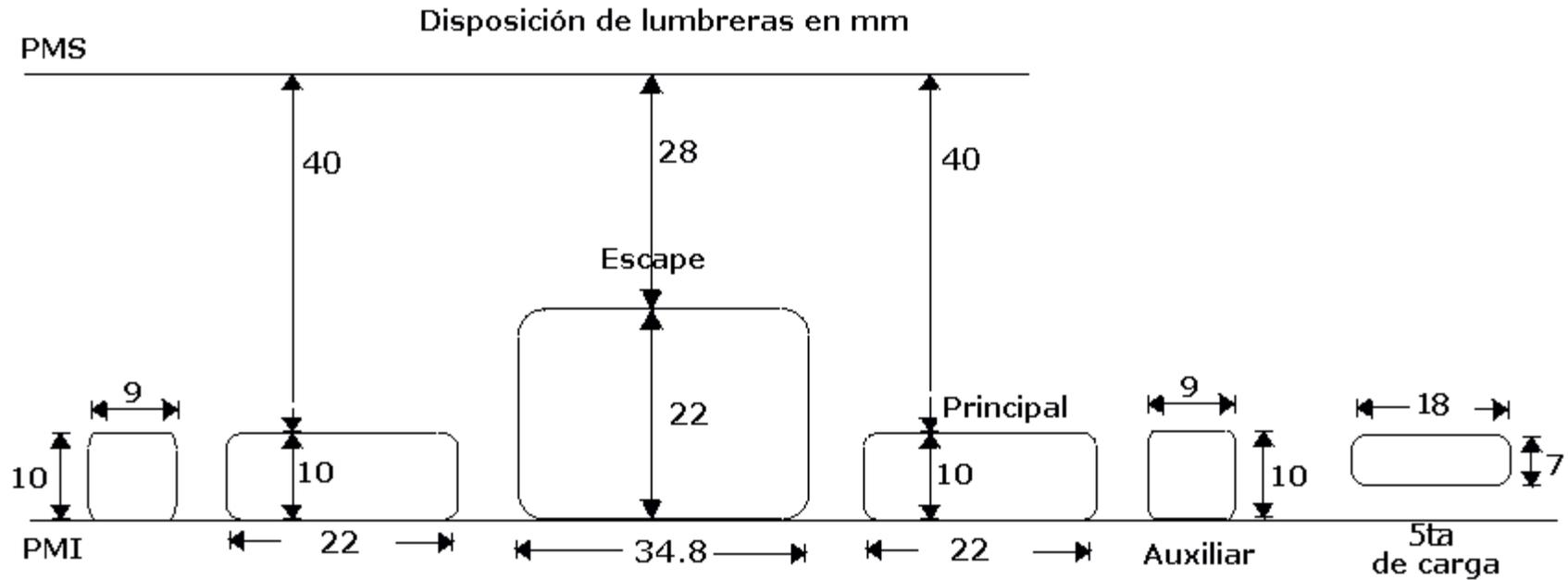
RENDIMIENTO TÉRMICO

Gráfico 53 Curva de Rendimiento en función de RPM



FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

Gráfico 54 Disposición de lumbreras de escape y carga del motor STD



FUENTE: Motor Yamaha 125 2T, Investigador Felipe Fiallo

La lumbrera de escape se abre 28mm DPMS, el escape dura 180°, Las lumbreras de carga se abren 40 mm DPMS, la carga dura 126°, La lumbrera de admisión se abre 154° APMS, tenemos una lumbrera de escape y cinco lumbreras de carga , 2 principales, 2 auxiliares y una quinta lumbrera de carga.

TIEMPO-SUPERFICIE¹² DE LAS LUMBRERAS(STD)

LUMBRERA DE ESCAPE

Tabla 5 Lumbreira de escape

N Rpm	T-S s.mm²	T-S esp (s.mm²/cc)10⁻³
1500	10.03	81.54
2050	7.34	59.66
2600	5.79	47.04
3150	4.78	38.83
3700	4.07	33.06
4250	3.54	28.78
4800	3.13	25.48
5350	2.81	22.86
5900	2.55	20.73
6450	2.33	18.96
7000	2.15	17.47

FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

LUMBRERAS DE CARGA

(PRINCIPALES +AUXILIARES +QUINTA)

Tabla 6 Lumbrieras Principales de carga

N Rpm	T-S s.mm²	T-S esp (s.mm²/cc)10⁻³
1500	3.65	29.67
2050	2.67	21.71
2600	2.11	17.12
3150	1.74	14.13
3700	1.48	12.03
4250	1.29	10.47
4800	1.14	9.27
5350	1.02	8.32
5900	0.93	7.54
6450	0.85	6.90
7000	0.78	6.36

FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

¹² Tiempo superficie: ver capitulo 3 , pag 69

Tabla 7 Lumbreras Auxiliares

N Rpm	T-S s.mm²	T-S esp (s.mm²/cc)10⁻³
1500	1.64	13.35
2050	1.20	9.77
2600	0.95	7.70
3150	0.78	6.36
3700	0.67	5.41
4250	0.58	4.71
4800	0.51	4.17
5350	0.46	3.74
5900	0.42	3.39
6450	0.38	3.11
7000	0.35	2.86

FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

Tabla 8 Séptima Lumbreira ¹³ o Quinta Lumbreira de Carga

N Rpm	T-S s.mm²	T-S esp (s.mm²/cc)10⁻³
1500	1.05	8.50
2050	0.76	6.22
2600	0.60	4.90
3150	0.50	4.05
3700	0.42	3.44
4250	0.37	3.00
4800	0.33	2.66
5350	0.29	2.38
5900	0.27	2.16
6450	0.24	1.98
7000	0.22	1.82

FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

¹³ En los motores de 2T modernos existe, un lumbreira de escape, una de Admisión al cárter, y cuatro lumbreras laterales de carga, llegando a un número de seis lumbreras, ésta séptima lumbreira suele ser una prolongación de la lumbreira de Admisión al cárter que llega hasta la altura de las lumbreras de carga, suele estar dirigida hacia la parte alta del cilindro para generar turbulencia extra,

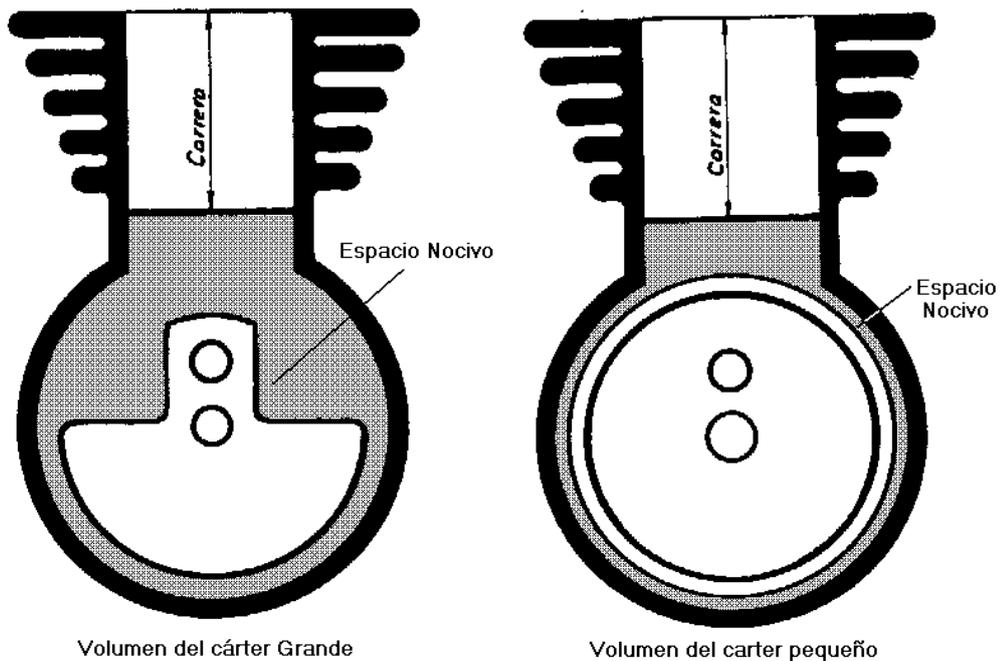
Tabla 9 Total de las lumbreras de carga

N Rpm	T-S s.mm²	T-S esp (s.mm²/cc)10⁻³
1500	6.34	51.52
2050	4.63	37.7
2600	3.66	29.72
3150	3.02	24.54
3700	2.57	20.88
4250	2.24	18.18
4800	1.98	16.09
5350	1.77	14.39
5900	1.62	13.17
6450	1.47	11.95
7000	1.35	10.97

FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

VOLUMEN DEL CÁRTER

Gráfico 55 Espacio nocivo del cárter de un motor de dos tiempos



FUENTE: El motor de dos tiempos, Ceac , pag30

En los motores de dos tiempos el cárter tiende a ser lo más pequeño posible para reducir el espacio nocivo y que exista una buena precompresión de los gases frescos.

Para calcular el volumen del cárter es necesario calcular los volúmenes que ocupan la biela, los contrapesos del cigüeñal, rodamientos, para restarlos al espacio existente en el cárter cuando se encuentra vacío.

En el volumen del cárter vacío tendremos que sumar: el espacio del cárter (el mismo que se puede medir y calcular ya que es circular), el volumen de la cavidad inferior del pistón, y el volumen que ocupan los conductos de carga. Para la mayoría de elementos se ha medido el volumen por el procedimiento de diferencia de volúmenes en un líquido.

Cárter vacío

Volumen inferior del pistón: 81cm^3

Volumen de la cámara circular del cárter = 353.3 cm^3

Volumen de los conductos de carga = 138 cm^3

Volumen del cárter vacío¹⁴ = $81 + 353.3 + 138 = 572.3\text{ cm}^3$

Elementos que están dentro del cárter

Pesas = 339.61 cm^3

Bulón cigüeñal = 14.37 cm^3

Biela (incluido cojinetes) = 25.16 cm^3

Espacio Nocivo = 193.17 cm^3

Relación de compresión del cárter = $(123 + 193.17) / 193.17 = 1.63$

¹⁴ El Cárter vacío se refiere al volumen comprendido dentro del cárter propiamente dicho sin considerar el volumen que ocupan los elementos móviles como son:

CAPITULO 3

MODIFICACIONES Y MEJORAS

En este capítulo, nos vamos a centrar en mejorar las prestaciones del motor, para obtener un mayor rendimiento con respecto a su funcionamiento de origen.

Estas mejoras, serán tanto a nivel del ciclo, como a nivel mecánico.

Existen dos maneras de mejorar el rendimiento de un motor de dos tiempos:

1º- Efectuar cambios y modificaciones en la distribución para conseguir mas potencia o velocidad, actuando sobre las lumbreras del cilindro o sobre las válvulas, agrandándolas o haciendo que se abran o cierren en un ciclo diferente.

Gráfico 56 Distribución de lumbreras



FUENTE: El motor de dos tiempos, Ceac , pag26

2º- Efectuar cambios o modificaciones en las piezas, normalmente aligerándolas, para conseguir un menor peso total del motor, con lo cual sin aumentar la potencia del motor modificando la distribución, conseguiremos una mayor aceleración y potencia del mismo, ya que la potencia depende en parte del peso a mover.

Grafico 57 Modificaciones en las piezas



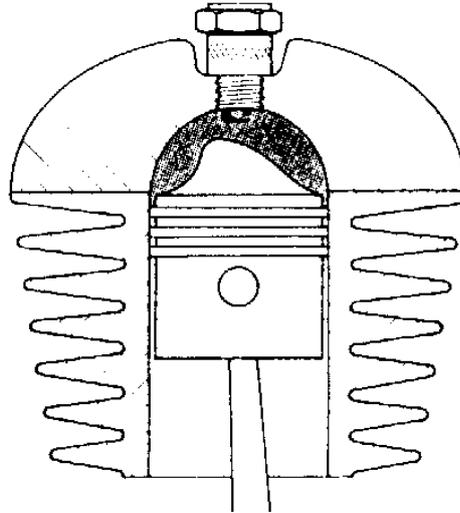
FUENTE: www.galeon.com/motormecánica/page30.html

Esta es quizás una de las partes realmente importantes en la preparación de un motor y de la cual el preparador aficionado no le da la importancia que realmente tiene, se mostrará la forma de efectuar este aligeramiento para evitar debilitar en exceso las piezas y asegurarnos una buena fiabilidad.

Uno de los mayores problemas es la dispersión del calor en el interior del cilindro y que los motores de 2T tienen problemas añadidos porque tienen zonas más calientes que otras debido a que como vimos anteriormente la mezcla fresca circula por su interior enfriando esas zonas, además se le añade el problema de que el cilindro tiene agujeros en su interior (Lumbreras) que con la temperatura elevada puede sufrir distorsiones. Para evitar esto, se dota al cilindro de unas aletas de refrigeración para que el aire fluya por ellas para enfriar el cilindro (estas aletas deben de estar limpias, para favorecer la acción del aire)

Para velocidades altas del motor, dispersan mejor el calor las aletas muy delgadas y muy próximas unas de otras y a velocidades bajas (graf 58) mejor aletas gruesas y más distanciadas. Los cilindros refrigerados por agua refrigeran mucho mejor y hay que prestar atención al sistema de bombeo para que el agua circule y se enfríe en el radiador.

Gráfico 58 aletas de refrigeración largas y distanciadas



FUENTE: El motor de dos tiempos, Ceac , pag21

El problema que produce el calor en los metales es que los dilata, y unos se dilatan más que otros dependiendo de su composición. La dilatación produce un alargamiento y un ensanchamiento “(Los motores de dos tiempos normalmente funcionan a 200° centígrados de temperatura. Esta temperatura no es estándar pero si bastante orientativa)”¹⁵

TIPOS DE CAMISAS SEGÚN EL ROCE DE MATERIALES

Los cilindros, como pudimos ver: estaban rodeados de un material que favorece el enfriamiento, este material normalmente es aluminio, por su ligereza y por su facilidad de enfriamiento.

La construcción puede ser de dos o tres tipos :

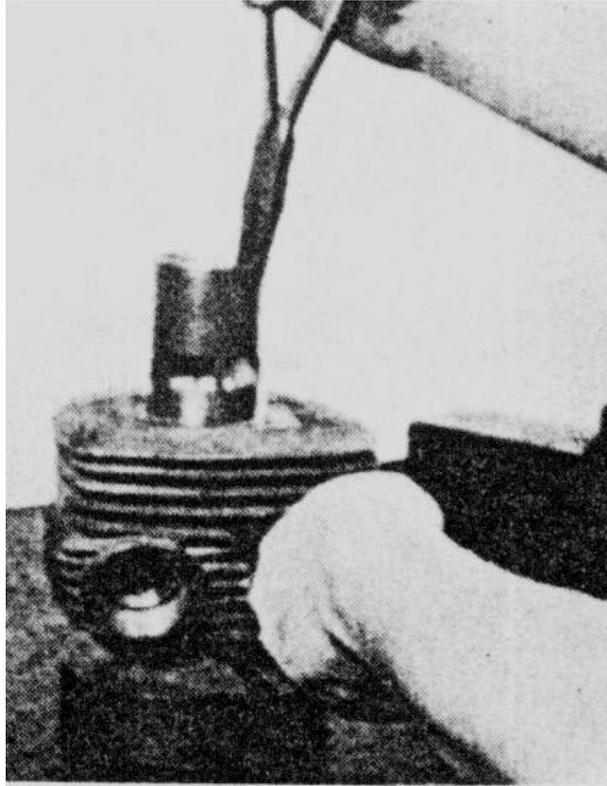
CAMISA DE HIERRO FUNDIDO Y CUERPO DE ALUMINIO

Se construyen las dos piezas por separado , se preparan y se coloca la camisa en el interior del cuerpo; para ello se coloca el **cuerpo**¹⁶ en un baño de aceite superior a 200° aproximadamente. Para que se dilate el mismo y la incrustación de la camisa que esta fría sea mas sencilla aunque a veces será necesario el uso de una prensa.

¹⁵ Fuente: www.galeon.com/motormecánica/page6.html

¹⁶ El Cuerpo es el elemento que rodea a la camisa y es el que posee los conductos y lleva las aletas, se lo suele llamar bloque en motores pluricilíndricos.

Gráfico 59 Camisa de hierro fundido y Cuerpo de aluminio



Fuente: motor de dos tiempos CEAC pag 68

CILINDRO DE ALUMINIO CROMADO

Actualmente es el mas utilizado se realiza el cuerpo y la camisa en una pieza única fundida y se le aplica por medio de un baño electrolítico , un baño o capa de cromado duro llamado así para distinguirlo del típico cromado decorativo que es brillante este baño es como mínimo de 1 décima de espesor. Estos cilindros no son fáciles de rectificar, ya que habría que darles un nuevo baño electrolítico y eso a lo mejor no nos es rentable.

El motivo por el cual se da el baño de cromo es porque dos materiales iguales no pueden rozarse ya que por afinidad atómica a altas temperaturas tienden a "engancharse" llegando casi a una fundición . por lo tanto, nunca se debe deslizar un pistón de aluminio sobre una camisa de aluminio, al igual que en un cilindro cromado no deben usarse segmentos (rines) cromados y en una camisa de hierro fundido tampoco segmentos de hierro fundido. aquí es

donde entra a formar parte la dureza de los distintos materiales, si tienes cilindro cromado y segmentos de hierro fundido, el cilindro de cromo es mas duro que los segmentos, por lo tanto, se gastaran los segmentos mucho mas rápido y habrá que cambiarlos mas a menudo pero el cilindro dura mas, por el contrario si la camisa es de hierro fundido y los segmentos cromados, los segmentos estarían nuevos y el cilindro se gastaría antes y habría que rectificarlo, por eso los cilindros cromados duran, si se cuidan, mas que los cilindros convencionales. aunque los convencionales tienen otras ventajas como son el rectificado y en la mayoría de los casos, el poder desarmarse, detalle este último a tener en cuenta a la hora de poder modificar o incluso poder construir una camisa con una distribución diferente.

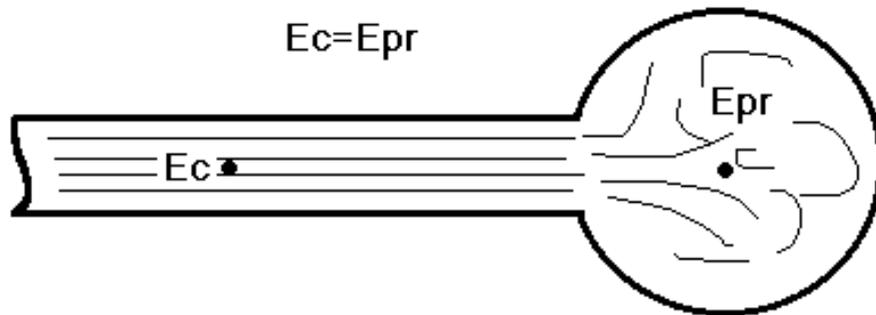
MEJORAS DEL FLUJO DE GASES

La entrada y salida de gases del motor es el factor más importante que afecta a sus resultados; entran en juego varias propiedades de los gases. En primer lugar los gases tienen varios niveles de energía, como la energía cinética, también tiene la energía de presión, y la energía térmica, que es función de su temperatura y su calor específico. "Mientras no se añada o se le quite energía al gas, su energía total será la misma".¹⁷

Por ejemplo (graf 60) si el gas se traslada por un tubo, tendrá energía cinética. Si llega a una cámara, a un cárter por ejemplo, y se queda quieto, se reduce su energía cinética a cero, pero el total general tiene que seguir siendo constante, porque no se ha quitado nada de energía al gas. El resultado es que alguna de las otras energías tendrá que subir; la consecuencia habitual de hacer que el gas entre rápidamente en una cámara es que su presión sube.

¹⁷ Principio de la conservación de la energía. Física vectorial 3 Vallejo Zambrano

Gráfico 60 Principio de conservación de la energía



FUENTE : Física vectorial 3 Vallejo Zambrano

Dado que la presión, el volumen y la densidad se pueden hacer variar de forma tan sencilla, lo único que permanece constante es la masa del gas, de tal forma que es corriente referirse al flujo de masas.

Las expansiones rápidas originan ondas de presión violentas que se mueven por los gases, y dichas ondas se pueden aprovechar de alguna manera. Cuando una onda de presión se encuentra con una pared se refleja inmediatamente en ella, y vuelve hacia atrás con su presión inicial. Pero cuando la misma onda llega al extremo de un tubo abierto, pierde presión de forma repentina y se refleja una onda de baja presión hacia el interior del tubo. Igualmente, una onda de baja presión se refleja en el extremo de un tubo abierto, y vuelve a entrar en el tubo en forma de onda de alta presión.

Las ondas se generan por la apertura o cierre repentino de las lumbreras, cuando la falda del pistón pasa por delante muy deprisa. Esos movimientos son tan repentinos que las ondas de presión pueden ser muy fuertes, pero otra consecuencia es que no toda la superficie de la lumbrera queda abierta para el flujo de gases.

La lumbrera se abre del todo solo por un instante, al pasar el cigüeñal por el punto muerto, y el pistón se queda quieto un instante y empieza su camino de vuelta, cerrando progresivamente la lumbrera.

Cuanto mas despacio suceda esto, más gases podrán atravesar una lumbrera determinada, pero si aumentamos la velocidad de giro, reducimos el tiempo disponible para que pasen los gases por la lumbrera. De manera que la superficie efectiva de la lumbrera, por lo que se refiere a los gases, depende tanto del tiempo que permanece abierta como de su tamaño, y como el tamaño cambia constantemente, el cálculo es algo complicado, pero se lo puede determinar mediante la hoja electrónica de Excel adjunta(dos tiempos.xls) “El concepto se llama Tiempo-Superficie, y lo único que quiere decir es que 1mm² de lumbrera abierta 2 segundos deja pasar tantos gases como 2mm² de lumbrera abiertos 1 segundo o 10mm² abiertos 0,2 segundos.”¹⁸

Donde:

$$T - S = \frac{K * W * H}{N}$$

T-S = Tiempo superficie

T-S_{espec} = T-S específico

K = Constante proporcional al tiempo de apertura de la lumbrera (RPM *s)

$$T - S_{espec} = \frac{T - S}{Vh}$$

W = Ancho(mm) **H** = Altura(mm)

N = Velocidad del motor **Vh** = cilindrada

Tabla 10 K en función del tiempo de apertura de lumbrera

Tiem.apertura	130°	140°	150°	160°	170°	180°	190°	200°	210°
K	14.35	15.40	16.45	17.5	18.65	19.65	20.70	21.75	22.8

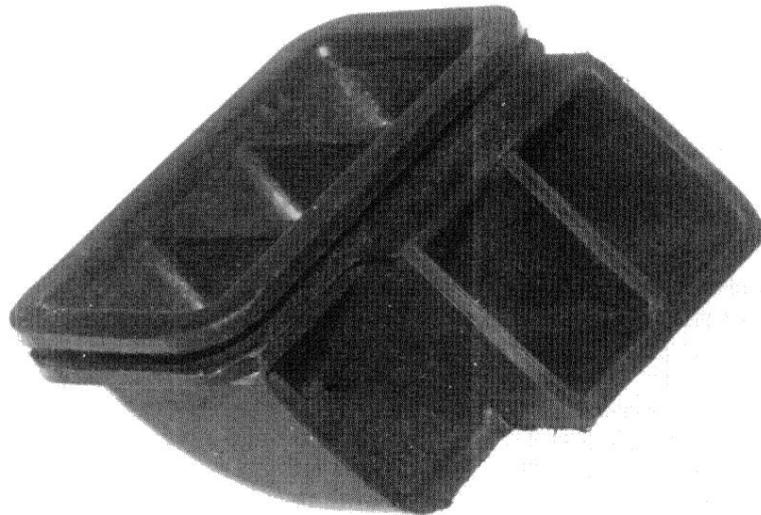
Fuente: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag179

Como cualquier motor de serie posee elementos que reciben en primera instancia el flujo de gases, en los motores de dos tiempos empezamos por un silenciador de admisión, la caja del filtro, el filtro de aire, la entrada al carburador, y luego al carburador hasta llegar a la válvula de láminas, que va a entregar el flujo al motor propiamente dicho.

¹⁸ Puesta a punto de motores de dos tiempos , John Robinson , pag 42

El silenciador de admisión es un elemento que reduce el ruido que se produce al abrir gases producido por las ondas de presión de la lumbrera de admisión, eliminar el silenciador servirá con frecuencia para subir un poco la potencia máxima, con caída a ambos lados de la misma; al volverlo a poner dispondremos de más banda de potencia con una caída de la potencia máxima.

Gráfico 61 Silenciador de admisión típico



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 43

Al acelerar, el silenciador disminuye el nivel total de ruidos en 1 o 2 decibeles.

La caja del filtro en motores potentes puede ser una restricción aunque tiene ventajas ya que sirve de “tanque de compensación”¹⁹, y suele dar un aumento significativo de potencia a medio régimen, aunque quite un poco de la potencia máxima.

El filtro de aire pocas veces crea restricciones en el flujo y es vital para los motores que están expuestos al polvo o la suciedad, se suele recomendar colocar filtros de alto flujo en cada carburador para eliminar las restricciones que estos pudieran generar.

¹⁹ Este tanque de compensación hace que las ondas de presión producidas por la lumbrera de admisión en el instante de abrirse reboten en la pared del tanque produciendo una succión de la mezcla hacia el cárter.

No cabe duda que el tamaño y forma del conducto de entrada al carburador tiene efectos significativos sobre la producción de potencia y sobre los movimientos de la nube de mezcla. Cuanto más regular sea el paso, mejor se transmitirá la energía de las ondas; los escalones y cambios de sección disiparán la energía de las ondas.

Tocando levemente el tema del carburador el mismo que será explicado detalladamente en el apartado carburadores de este capítulo, la tendencia generalizada es utilizarlos del calibre mayor que se pueda poner en el motor, como aproximación muy general, corresponden 1,2 mm de calibre a cada CV que produzca el cilindro, pero siempre existirán excepciones.

Pero también tiene sus ventajas utilizar el calibre menor que se pueda; repartirá mejor la potencia, y será más fácil de reglar ya que el aire lo atraviesa a mayor velocidad, y hay menos posibilidad de que la mezcla se empobrezca repentinamente.

DETERMINACIÓN DE TAMAÑO DE LA VÁLVULA DE LÁMINAS

CAJA O VÁLVULA DE LAMINAS

En la válvula de láminas se distinguen dos partes: la caja de laminas y las laminas.

La caja de láminas es como su nombre indica, una caja que va alojada entre el carburador y el cárter o cilindro según el tipo de motor(graf 62). Está provista de unos orificios los cuales permiten el paso de la mezcla del carburador al motor.

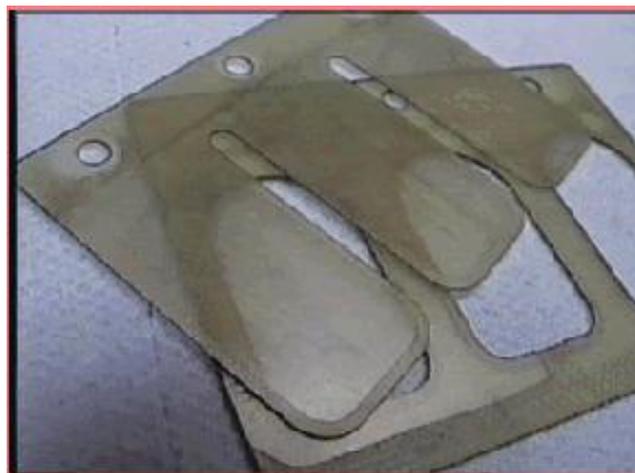
Gráfico 62 Válvula de láminas



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page27.html

Estos orificios están recubiertos por unas láminas (graf 63) que se cierran y abren permitiendo el paso de la mezcla. Estas láminas pueden ser de acero inoxidable (actualmente en desuso) o de materiales sintéticos (plásticos) anticorrosivos a la exposición de la gasolina. Actualmente en motores de altas prestaciones se generaliza el uso de láminas de fibra de Carbono

Gráfico 63 Láminas

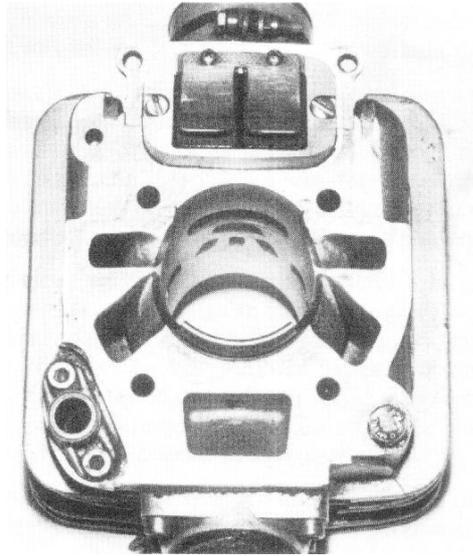


Fuente: www.galeon.com/motormecanica/page27.html

Existen diferentes variaciones sobre el control de admisión por válvula de láminas:

Caso 1: Una lumbrera abierta y cerrada por el pistón, con un conducto aparte que conecta directamente con el cárter, y que se controla con una válvula de láminas. Incluso cuando el pistón haya cerrado la lumbrera principal, los gases pueden seguir fluyendo si la diferencia de presiones lo permite.

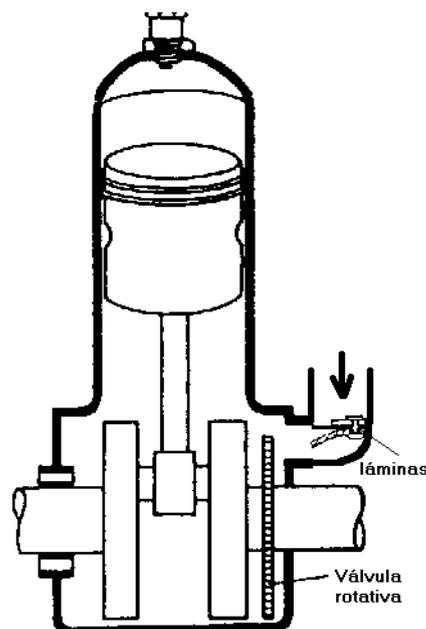
Gráfico 64 Control de admisión por válvula de láminas: Caso 1



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John robinson, pag 48

Caso 2: Admisión por válvula de disco controlada por válvula de láminas, permite que la lumbrera se abra de forma adelantada, o se cierre de forma atrasada según lo pida el motor.

Gráfico 65 Control de admisión por válvula de láminas: Caso 2

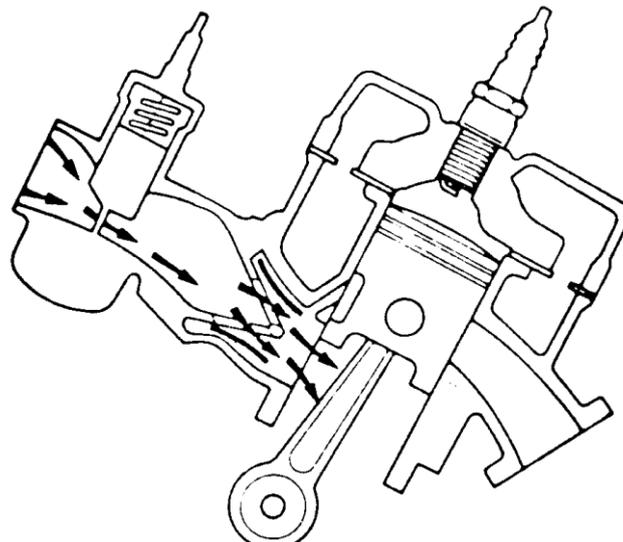


FUENTE: motor de dos tiempos , Ceac ,pag 34

Caso 3: Admisión por el pistón, válvula de láminas que controla toda la superficie de admisión (Motor Yamaha 125, graf 66). La colocación de las lumbreras pretende un buen par motor a regímenes bajos, buena flexibilidad, etc. Las válvulas de láminas pueden fomentar mucho esas características. Por ejemplo: la moto de trial de 325cc de Suzuki, sin válvula de láminas, daría su par máximo a unas 5000 rpm, pero con unas válvulas de láminas adecuadas, darían el mismo par máximo a unas 2000 rpm.

Cuando Yamaha desarrollo sus motores de 125cc, descubrieron que podían utilizar la válvula de láminas para aumentar la potencia a ambos lados de la escala de revoluciones. Con las válvulas de láminas, podían abrir la admisión a 140° antes del PMS, en lugar de los 88 grados antes del PMS del motor con admisión controlada únicamente con el pistón. Esto aumentaba la potencia en la banda de 8000 a 10000 rpm, y la potencia máxima aumentaba en un 15%. A regímenes medio a penas se registraban cambios, y por debajo de las 5000 rpm también se apreciaban aumentos de potencia.

Gráfico 66 Control de admisión por válvula de láminas: Caso 3



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 53

“Los ingenieros de Yamaha optimizaron las dimensiones del bloque de láminas y eligieron las mejores flexibilidades y ángulos de levantamiento de las mismas, llegaron al universalmente utilizado bloque en V, con pétalos rectangulares, y

descubrieron que el área de la válvula de láminas, debía ser del orden del 80-90% del área de paso del carburador. “²⁰

Caso 4: Admisión controlada únicamente por la válvula de láminas, en los motores de alta velocidad llevó a una mayor duración de la admisión, hasta que la lumbrera llegó a estar los 360° del ciclo motor abierta, y la válvula se abre y se cierra según los impulsos de presión del cárter.

TIEMPO-SUPERFICIE DE LA ADMISIÓN

En los casos 1 y 4 este parámetro está dado por el pistón, y para que el motor se adapte a un flujo de gases superior o a una velocidad de giro mayor, se puede aumentar la duración de la apertura de la lumbrera quitando parte de la falda del pistón, para que la lumbrera se abra antes y se cierre más tarde. Se puede aumentar el tiempo del sistema del motor Yamaha 125 hasta que en la práctica coincida con el caso 4, abriendo lumbreras en la falda del pistón.

El tiempo-superficie de la admisión controlada por válvula de láminas resulta prácticamente inmejorable la misma está abierta el mayor tiempo que le es posible gracias a la presión en el cárter. Lo único que podríamos mejorar es la superficie mediante el agrandado de las ventanas del pistón.

MEJORA DE LA CAJA DE LÁMINAS

Para que nuestro motor funcione correctamente, tanto la caja de láminas como las láminas deben de estar en resonancia con el resto de los componentes del motor.

La reducción en la sección en la caja de láminas provoca un aumento de velocidad en la mezcla (por tanto aumenta la energía cinética) que va a

²⁰ Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 49

provocar una mejor apertura y cierre de las láminas. Esto a su vez producirá un mejor flujo a través de la caja de laminas.

Hemos de recordar que las láminas son una obstrucción al flujo, un obstáculo a vencer, y como tal, necesitamos que la mezcla aire-gasolina tenga una alta energía cinética que produzca grandes fuerzas capaces de vencer las fuerzas que oponen las láminas.

Existen motores que originalmente montan unas cajas de láminas enormes, otros muy pequeñas. Cuando el fabricante utiliza originalmente cajas de láminas muy pequeñas es normalmente porque están calculadas pensando en el carburador original. Cuando el motor se prepara y se hace necesario utilizar un carburador mayor, la caja de láminas queda excesivamente pequeña.

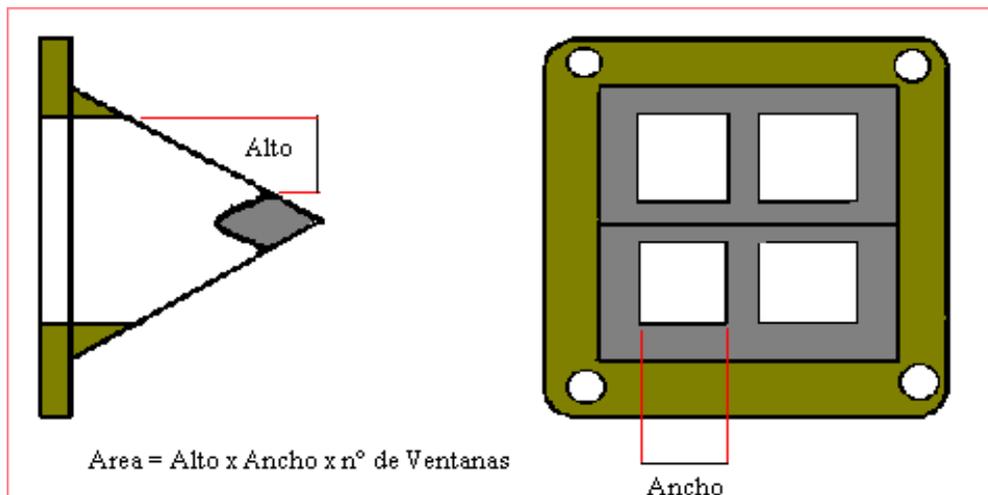
También se da el caso de que originalmente la caja de láminas sea demasiado grande. Esto suele ocurrir en motores de poca cilindra debido a que el fabricante por ahorrar costes utiliza la misma caja de láminas que en los modelos inmediatamente superiores.

Por eso, debemos de conocer el área de una caja de láminas para saber si debemos de agrandarla o reducirla.

Calcular el área de una caja de láminas, es muy sencillo siguiendo los siguientes pasos:

- Desmontaremos las láminas y los topes
- Con un pie de rey o bien una regla mediremos los conductos de la siguiente forma(graf 67):

Gráfico 67 Medición de los conductos de la válvula



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page46.html

CÁLCULO DE EL ÁREA DE LA CAJA DE LAMINAS STD

Datos:

$D_{\text{Carb}} = 23.6 \text{ mm}$

Alto = 8.775 mm

Ancho = 14.925 mm

Área VL = $8.775 \times 14.925 \times 4$

Área VL = 523.86 mm^2

$A_{\text{Carb}} = 437.43 \text{ mm}^2$

Area VL óptima = 437.43×0.85

Area VL óptima = 371.81 mm^2

Una vez calculado el área de la caja de láminas, pueden ocurrir los siguientes casos:

- Que el área calculada sea correcta con respecto al flujo deseado.
- Que el área calculada sea inferior con respecto al flujo deseado.
- Que el área calculada sea superior con respecto al flujo deseado

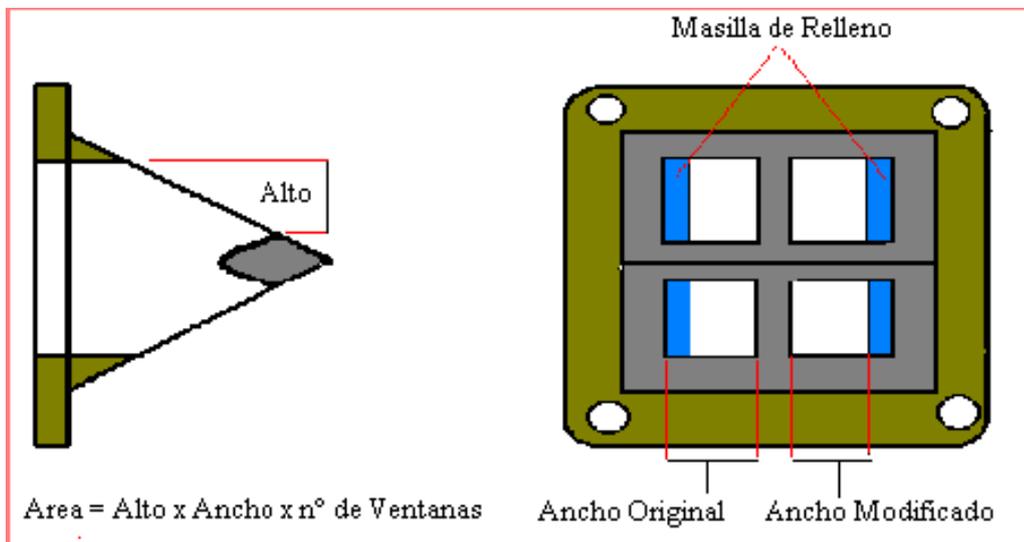
En el primer caso, lógicamente no habrá que modificar la caja de láminas.

En el segundo caso, es decir que el área sea inferior, será necesario agrandar la caja de láminas. Generalmente la operación mas común es eliminar o rebajar los diferentes tabiques existentes.

Esto provocará una pérdida de duración de las láminas al eliminar su base de apoyo, pero es la mejor solución y sabiendo el problema añadido, sólo es cuestión de revisar periódicamente el estado de las mismas.

En el tercer caso, es decir que el área sea superior (como en el caso de nuestro motor) será necesario reducir el área de la caja de láminas, (graf 68) rellenando o taponando los conductos. (tomando en cuenta q hay que calcular el diámetro del difusor para luego modificar la válvula de láminas) Para ello utilizaremos una resina especial que sea capaz de soportar temperaturas de 75° C grados como mínimo

Gráfico 68 Reducción del área de la caja de láminas



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page47.html

MEJORA DE LAS LÁMINAS

Modificando las dimensiones y materiales de las láminas vamos a poder variar las características de entrega de potencia del motor de forma sencilla y económica. Una lámina, cuanto mas rígida es, dispondrá de una mayor frecuencia natural y viceversa.

” La frecuencia natural de una lámina es la frecuencia a la que puede vibrar por si sola si no se aplican fuerzas exteriores. Si se coge con una mano una lamina por uno de sus extremos y con la otra mano se la dobla y se la suelta de

repente, se podrá ver como la lámina vibra hasta pararse, la frecuencia con que vibra en ese caso es la frecuencia natural de la lamina.

Esto no significa que la lámina no pueda vibrar a mas frecuencia, de hecho lo hará si aplicamos una fuerza sobre la lámina de frecuencia mayor a la natural. Yamaha en sus experimentos descubrió que una lámina de baja frecuencia natural (muy poco rígida)_aumentaba la potencia a altas rpm y disminuía la potencia a bajas rpm.” ²¹

Con láminas de alta frecuencia natural (muy rígidas) ocurría lo contrario. La teoría dice que si la lámina es menos rígida, abrirá y cerrara con mayor facilidad, por lo que supondrá un obstáculo menor al flujo al entrar fácilmente en resonancia con el motor.

Al mismo tiempo esta lámina a pocas rpm tardara mucho en cerrarse debido a la poca rigidez, y provocara retornos de mezcla hacia fuera del cárter empeorando la potencia. Utilizando láminas de alta frecuencia natural (muy rígidas) obtendremos una mejora a bajas rpm debido a la gran rapidez en el cierre de la caja de láminas, sin embargo a altas rpm el flujo será peor y perderemos potencia.

Yamaha también llego a la conclusión de que la mejor opción para escoger láminas, es de que esta tenga una frecuencia que fuese alrededor de un 80% de la frecuencia del motor en su máxima potencia.

Una lámina es mas rígida (mayor frecuencia natural) si es:

- 1.Mas corta.
- 2.Mas gruesa.
- 3.Mas ancha.

Por lo tanto en motores altamente revolucionados utilizaremos laminas largas, estrechas y finas.

²¹ www.galeon.com/motormecanica/page48.html

Yamaha usaba por motivos de duración láminas con una frecuencia natural de 0.8 veces la “frecuencia natural del motor(RPM dividido por 60)” ²²

En cuanto usaban láminas de menor frecuencia natural, aunque daban mas potencia máxima, se rompían pronto.

Hoy en día se utilizan láminas de fibra de carbono de hasta 0.5 veces la frecuencia natural del motor, es decir, láminas muy poco rígidas que producen aumentos de potencia considerables con una vida prácticamente ilimitada.

PULIDO DE LAS LUMBRERAS

Cuando queremos adelantar o retrasar la entrada y salida de gases, es decir variar la distribución de un motor, se puede, como una opción, agrandar las lumbreras del cilindro, tanto la de admisión como la del escape. Las lumbreras de carga, son los conductos que comunican el cárter con el cilindro y cuya función es efectuar el barrido de gases, normalmente casi nunca se agrandan, y sólo se cambia el ángulo para que el barrido sea mas o menos rápido y directo .

Gráfico 69 Modificación del ángulo de las lumbreras de carga

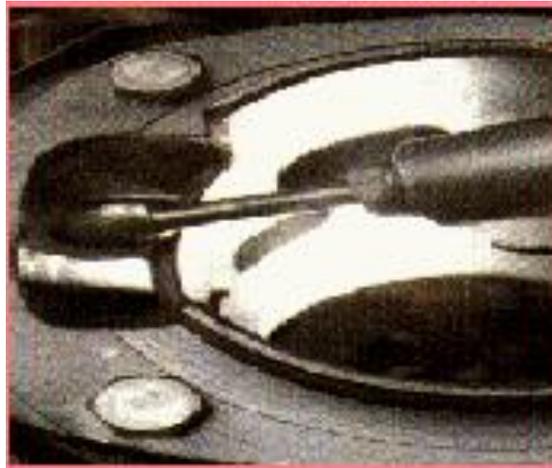


FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page8.html

²² la frecuencia natural del motor es el régimen de giro expresado en Hertz.

En el gráfico 70 se puede ver la operación del enfrentamiento entre los conductos de comunicación de las lumbreras de carga y el cárter, así como el afilado del tabique central.

Gráfico 70 Afilado del tabique central

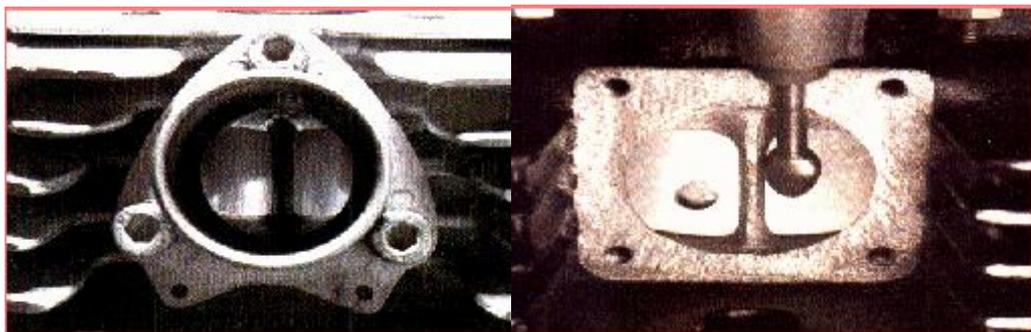


FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page8.html

Normalmente los cilindros suelen ser de dos piezas, la camisa por donde roza el pistón y el bloque que es la parte exterior que recubre al cilindro que suele ser de aluminio y que puede llevar aletas.

El pulido consiste en quitar todas las impurezas o rugosidades que quedan en la fundición del bloque del cilindro para evitar que se acumule la carbonilla y favorecer el fluido de gases. Hay preparadores que no aconsejan pulir las lumbreras de carga, porque esas rugosidades crean unas turbulencias que favorecen el barrido.

Gráfico 71 Contorneado del conducto(izq) y afilado del tabique(der)



fuentes: www.galeon.com/motormecanica/page8.html

En el gráfico 71, se puede apreciar como se contorneo todo el conducto y al igual que en las lumbreras de carga, se afila el tabique central en caso de que exista para evitar interferencias de los gases y de la mezcla.

Una de las cualidades del cilindro con camisa de fundición, es la posibilidad de poder desarmarla para efectuar las operaciones de preparación, la construcción de una nueva si ya esta al límite de rectificadas o la construcción con otra distribución.(graf 72)

La idea general que se tiene es que agrandando los agujeros, se consigue mayor potencia y rendimiento del motor, esta teoría es en parte cierta, pero algunas veces perjudica y empeora el funcionamiento del motor. Hay que tener muy claro los conceptos del funcionamiento del motor, y saber que rendimiento queremos del motor y así poder determinar su tamaño o posición.

En el gráfico 72 podemos observar dos camisas del mismo motor, la camisa de la izquierda, es la camisa original y la de la derecha una camisa hecha y modificada para obtener un mejor rendimiento del motor. Puede observarse que lo que se quería conseguir era un buen barrido y atrapado de los gases y por eso se optó por hacer unas lumbreras mas pequeños para que la presión y velocidad de la mezcla fuese superior y efectuase un mejor barrido y adelantar el cierre para cortar el barrido y poder mantener mas cantidad de gases.

Se puede observar la altura o disposición en el cilindro distinta ya que están ligeramente mas altos con respecto al P.M.I ,es decir, se mantiene la apertura pero se acorta o adelanta el cierre. (Recordar que la apertura de la lumbrera de escape como de las lumbreras de carga, se realiza cuando el pistón esta descendiendo).

Gráfico 72 Camisa fabricada con otra distribución



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page10.html

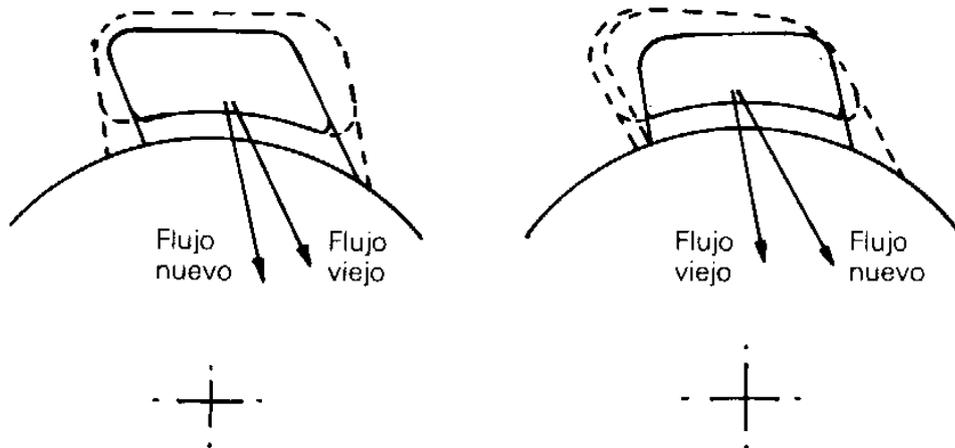
MEJORA DE LAS LUMBRERAS DE CARGA

Desde el cárter los gases son impulsados al cilindro, donde lo primero que tienen que hacer es desalojar por el escape los gases viejos; pero no deben mezclarse con los gases ya quemados, ni perderse por el escape.

Cuando los motores precisan buena potencia a regímenes bajos, las lumbreras de carga suelen estar dirigidas hacia la pared trasera del cilindro (graf 73), y hacia arriba. Pero para conseguir potencia a altas velocidades, las cosas tienen que suceder de forma mas violenta; hay menos tiempo para perder gases frescos y dentro de una banda de potencias estrecha, lo que se pierde se suele poder recuperar con un escape en resonancia.

Las ventanas de las lumbreras tienen un ángulo tal (graf 74) que envían los gases frescos sobre la cabeza del pistón y hacia el centro del cilindro.

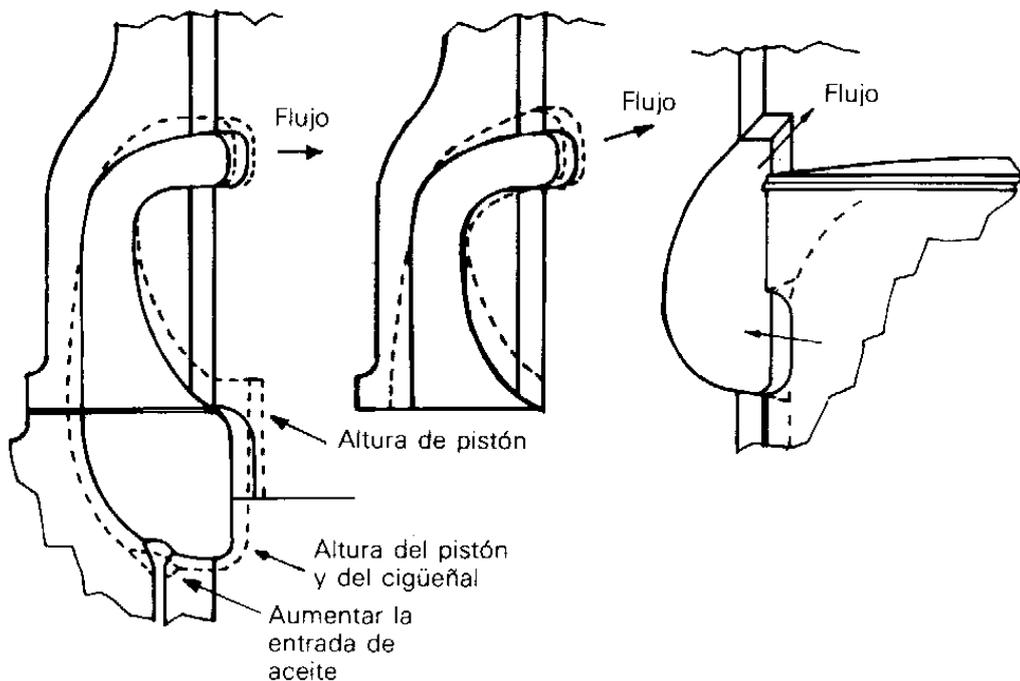
Gráfico 73 Modificación de las lumbreras de carga



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 69

Cuando se dirigen los gases sobre la cabeza del pistón, y hacia el centro del cilindro se obtendrá un mejor rendimiento a regímenes altos. Cuando el flujo de gases se dirige hacia la parte superior del cilindro, o hacia su pared trasera, se obtendrán mejores rendimientos a regímenes bajos.

Gráfico 74 Modificación de las lumbreras de carga



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 69

Izquierda. Agrandado de lumbrera con boca mas alta y ancha dirigiendo el flujo sobre la cabeza del pistón. Centro. Modificación para dirigir el flujo hacia arriba. Derecha. Proporciones de la séptima lumbrera que dirige los gases muy arriba.

En general se deben organizar las lumbreras de carga de tal manera que se complementen unas a otras, y que se ajusten al reglaje de las lumbreras de escape. Dado que la cota de apertura de la lumbrera de carga determina su cota de cierre, esto también determina la inducción del cárter y el reglaje de la admisión.

Teniendo en cuenta que a regímenes mayores hay menos tiempo disponible para la carga y barrido de gases, se puede elegir entre:

1. Velocidad de flujo elevada

- Compresión elevada en el cárter
- Ventanas pequeñas en las lumbreras
- Reglaje retrasado(Precompresión larga).

2. Velocidad de flujo (más) baja

- Reglaje adelantado; ventanas mayores
- La orientación de las lumbreras se convierte en un factor crítico.

Las características que producen potencia punta, con banda de potencias estrecha, son:

- Apertura repentina de las lumbreras
- Todas las lumbreras se abren a la vez
- El chorro principal se dirige sobre la cabeza del pistón
- Velocidad elevada de los gases.

Las características que producen una banda de potencia mas ancha, con potencia punta menor, son:

- Apertura progresiva de las lumbreras
- Apertura escalonada de las lumbreras
- Los chorros de gases se dirigen hacia atrás y hacia arriba.

Aunque el factor principal para la mejora de las lumbreras de carga es el direccionamiento de las mismas, hay que considerar el tiempo superficie. El valor del mismo en el “régimen punta” ²³ (6400rpm) en el motor STD fue de $11,95 \cdot 10^{-3} \text{ s-mm}^2/\text{cc}$, vamos a tratar de mantener el mismo valor a 7500 rpm, para luego trabajar con el direccionamiento de las lumbreras.

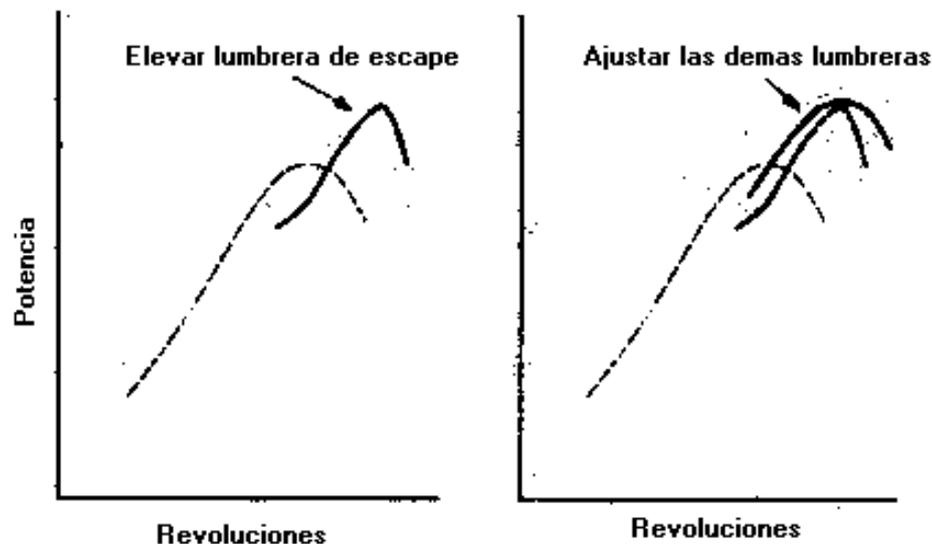
MEJORA DE LUMBRERA DE ESCAPE

La lumbrera de escape es un factor determinante para la potencia del motor (graf 75). Si se aumenta o reduce el tiempo superficie de escape, el efecto sobre el motor será importante y beneficioso siempre y cuando no existan restricciones en el resto del motor.

Para la modificación hay que considerar que no tiene sentido abrir la lumbrera de escape mientras los gases tengan todavía una presión suficiente para realizar un trabajo útil sobre el pistón.

El adelanto al escape dependerá muy de cerca del régimen del motor, por lo tanto a mayores revoluciones , hará falta un mayor avance.

Gráfico 75 Efecto de elevar el borde de la lumbrera de escape



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 81
Por si solo (izq), en conjunto con otras modificaciones(der)

²³ Regimen de giro en el que se produce la potencia máxima

Cuando se abre la lumbrera, se origina una onda repentina de presión en la lumbrera de escape y en el colector de escape. Esta onda contiene una energía que resultará útil para barrer los gases del cilindro. La forma del borde superior de la ventana afectará la producción de impulso: Una lumbrera que se abra de forma gradual producirá un impulso mas débil, repartido en un tiempo mas largo. Un borde superior recto y horizontal producirá la onda más fuerte posible, y cuanto antes se produzca, mayor será la fuerza de la misma.

El caudal de salida del cilindro por la lumbrera de escape, depende de la diferencia de presiones, por lo que si puede existir una región de bajas presiones en el entorno de la lumbrera, producida por la salida de la onda de presión, el flujo de gases podría mejorar considerablemente.

En este periodo, el gas está saliendo del cilindro bajo su propia presión; todavía no se han abierto las lumbreras de carga.

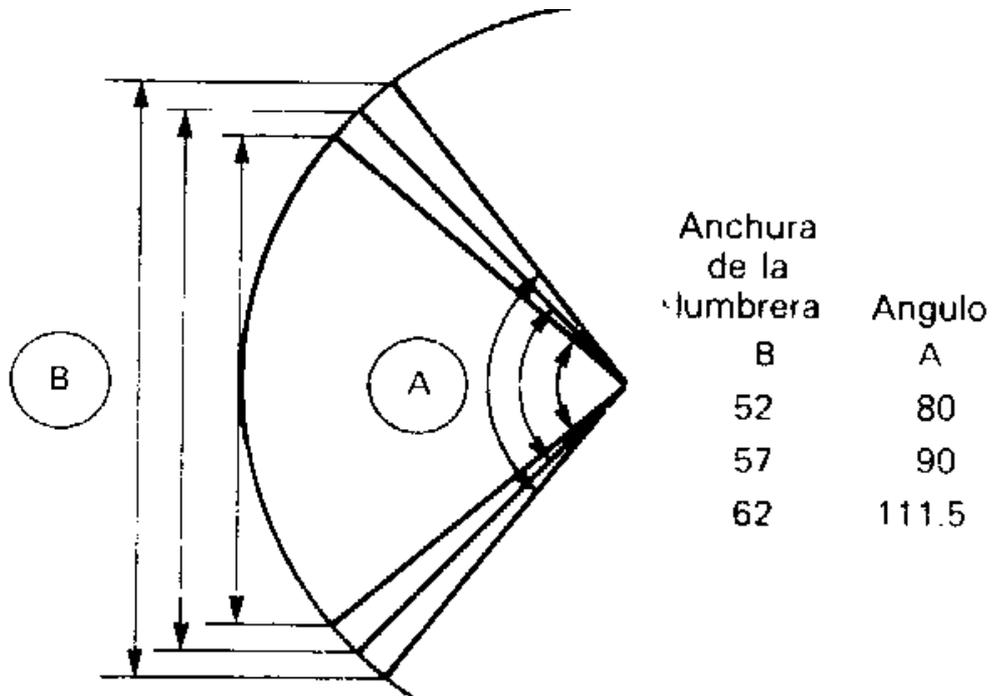
En este periodo de precompresión, la presión del cilindro se debe reducir hasta ser inferior a la del cárter, y a regímenes altos hay poco tiempo para hacer esto. La anchura de la lumbrera se convierte en un factor importante para acelerar la precompresión (Gráfico 76). Aunque posee la desventaja de que a mayor anchura de la lumbrera se da un mayor desgaste de los segmentos.

“El limite práctico permitido en motores de carreras para no producir daño excesivo en los segmentos está entre 70 y 80% del calibre del cilindro.”²⁴

Existe otra limitación que es la proximidad de las lumbreras de carga. Cuanto más cerca estén los bordes de las lumbreras, mas fácil es que se pierdan gases de carga por la lumbrera de escape, sobre todo a regímenes bajos.

²⁴ Puesto a Punto de motores de dos tiempos, John Robinson

Gráfico 76 Límite de anchura de lumbrera



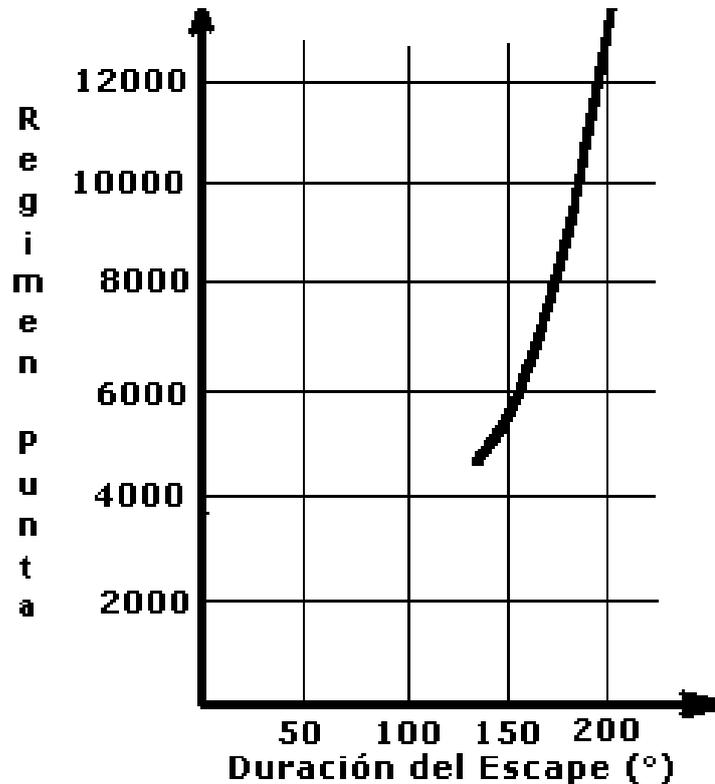
FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 78

El reglaje o duración del escape dependen en gran medida del régimen. Si tomamos una muestra de motores de dos tiempos y se traza una curva (graf 77) de duraciones del escape comparadas con los regímenes punta, obtendría una línea más o menos recta, que iría desde los 166° para 7000rpm y los 200° para 12000rpm.

El tiempo-superficie del escape es, probablemente el cálculo mas importante que se tendrá que realizar (mediante la hoja electrónica de Excel: dos tiempos.xls²⁵ se obtuvo un valor de $18.96 \cdot 10^{-3}$ s-mm²/cc a 6450rpm). Los tiempos superficies de las demás lumbreras se modifican por una serie de factores, como la dirección de flujo que entra por las lumbreras de carga, o la influencia de las válvulas de láminas sobre la admisión. Pero la cifra correspondiente al escape marca las características de todo el motor.

²⁵ Mediante esta base de datos se puede obtener el T-S insertando la altura y el ancho de la lumbrera.

Gráfico 77 Duración del escape en función de régimen punta



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 81

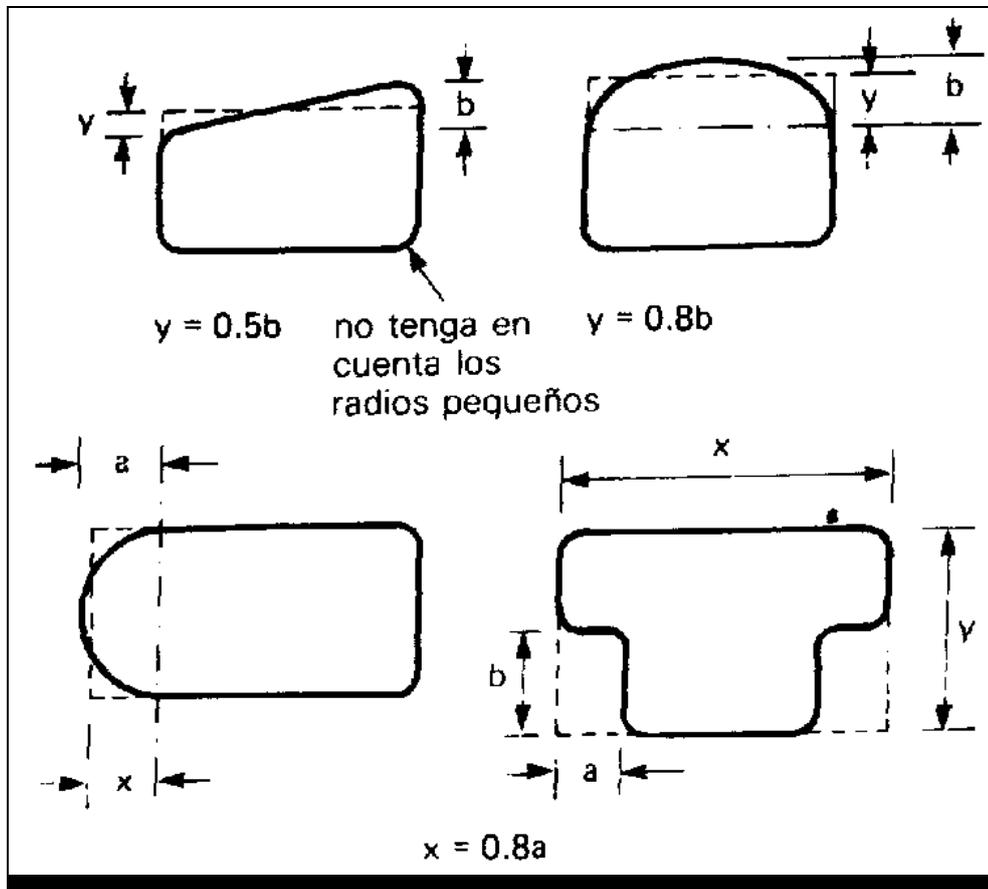
El cálculo del tiempo superficie se puede utilizar para comparar una velocidad de giro con otra, o para comparar un motor con otro.

Para el cálculo del T-S será necesario determinar el equivalente rectangular de las lumbreras que tienen formas diferentes mediante la tabla 11.

Según Hiroshi Naito ²⁶, de Yamaha, se procura dar una cifra de entre 14 y 15 $\cdot 10^{-3}$ s-mm²/cc a sus motos de GP. Esta información es corroborada por Kawasaki en la KX125B2, que daba una potencia de 28 CV a 10500 –10700 rpm; en esta banda de potencias, el tiempo superficie era de entre 14,7 y 15,5 $\cdot 10^{-3}$ s-mm²/cc .

²⁶ Hiroshi Naito, Ingeniero de desarrollo de Yamaha Racing el cual determina mediante sus estudios en motores de dos tiempos los valores de referencia para el tiempo-superficie del escape.

Tabla 11 Coeficientes para calcular el área rectangular de las lumbreras



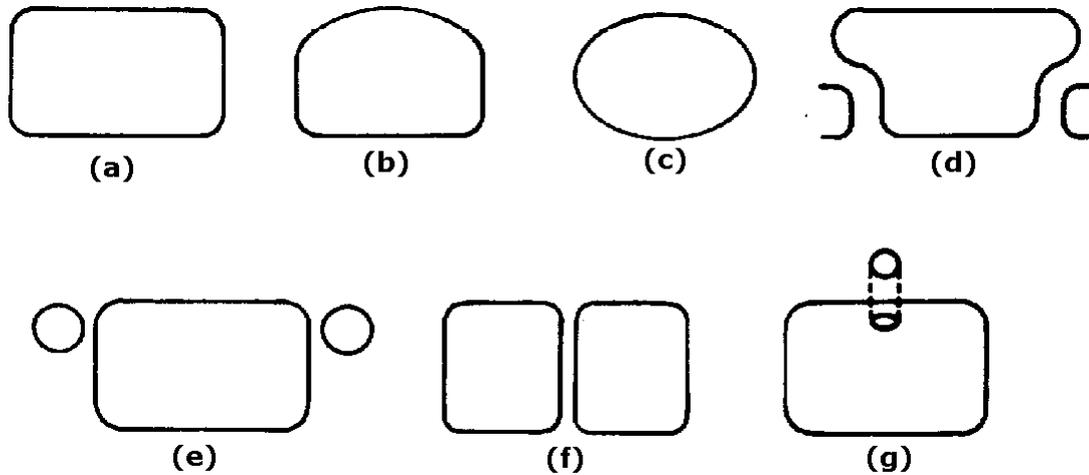
FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, John robinson, pag175

“Las proporciones relativas de los tiempos-superficies de admisión, carga y escape determinan las características de potencia del motor. Podríamos aspirar como objetivo razonable a unos valores de entre 17 a 21 para la admisión 16 a 18 para el escape y 11 a 12 para la carga.”²⁷

Al hacer las modificaciones en el conducto de escape hay que procurar que sea regular y libre de escalonamientos o cambios bruscos de sección si se quiere aprovechar las ondas de presión. En el gráfico 78 se pueden observar diferentes formas que se dan a las lumbreras de escape.

²⁷ Puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson, pag 82, 83.

Gráfico 78 Diferentes formas de las lumbreras de escape



FUENTE: Puesta a punto de motores de dos tiempos, Jonh Robinson, pag83

- Consigue la mayor superficie y rendimiento, pero es la mas dañina para los segmentos.
- Exige menos a los segmentos, puede repartir de mejor manera la potencia
- Consigue la mayor abertura de lumbrera con el mínimo desgaste de segmentos
- Cuando las lumbreras de carga impiden que se abra mas la lumbrera de escape, esta distribución acelera la pre-compresión.
- Se puede conseguir una pre-compresión más rápida perforando estos agujeros directamente hacia la lumbrera de escape.
- La lumbrera puenteada, brinda apoyo al segmento y permite mayor ancho de lumbrera
- El orificio sobre la lumbrera de escape, elimina algo de la presión en el cilindro, se utiliza para reducir la preparación del motor.

MEJORA DE LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN

La relación de compresión indica el orden o magnitud en que la mezcla aire-gasolina va a cambiar de volumen dentro del cilindro, al comprimirse. Cuando el motor esta girando a un numero determinado de rpm, cada vez que el pistón desciende desde el PMS hasta el PMI teóricamente entra en el cilindro, tanto volumen de mezcla como cilindrada tiene el motor.

Llegados a este punto, el pistón va a empezar a ascender desde el PMI hasta

el PMS, pero durante la ascensión , en los motores de dos tiempos , se encuentra con que la lumbrera de escape está abierta durante un tiempo, mientras el pistón no la cierra. Durante ese tiempo la mezcla va a escaparse sin quemar ni comprimir, por lo que no empezara la compresión de la mezcla hasta que la lumbrera de escape se cierre por completo.

Aumentando la relación de compresión se consigue un aumento de potencia pero hay que tener cuidado de no pasarse para que no se produzca la detonación; para ello es recomendable no pasar de una relación de compresión superior al 12:1 en motores pequeños.

Un motor mientras menos cilindrada tenga, mayor relación de compresión admite (tabla 12) . Esto es debido a que el efecto de detonación aparece con mas facilidad en los motores de mayor cilindrada . Hay unos valores universales a los que conviene llegar por ser los que máxima potencia van a proporcionar sin problemas.

Tabla 12 Relaciones de compresión admisibles

Vh	50cc	70cc	80cc	100cc	125cc	250cc
Rc	12:1	11.7:1	11.5:1	11.2:1	11:1	10:1

FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page11.html

Cuanta mas relación de compresión tenga un motor, la mezcla estará a mas presión cuando el pistón esta en el PMS y lanzará al pistón con mas fuerza y velocidad.

“Esta gran presión provocará un aumento muy rápido de la temperatura, y con ello las moléculas de la gasolina se agitaran rápidamente. Esta gran agitación producirá una rápida inflamación de la mezcla produciendo una combustión de gran calidad y de gran velocidad. “²⁸

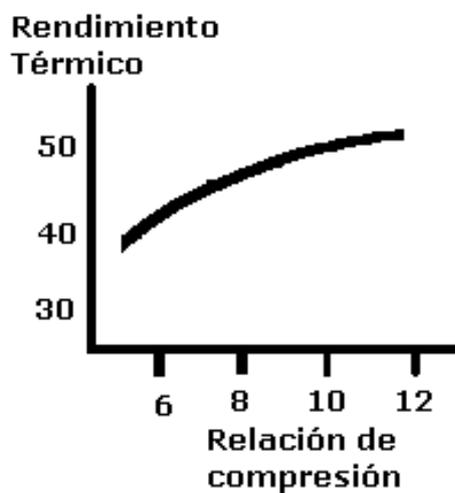
Este es básicamente el motivo por el que aumentando la relación de compresión vamos a obtener una potencia máxima superior (también

²⁸ www.galeon.com/motormecanica/page11.html

conseguiremos mayor potencia a cualquier régimen, no solo a máxima potencia).

En el gráfico 79 podemos observar como varía el rendimiento térmico en función de la relación de compresión. A medida que aumenta la relación de compresión se mejora en el rendimiento térmico, dentro de unos límites

Gráfico 79 Rendimiento en función de la relación de compresión



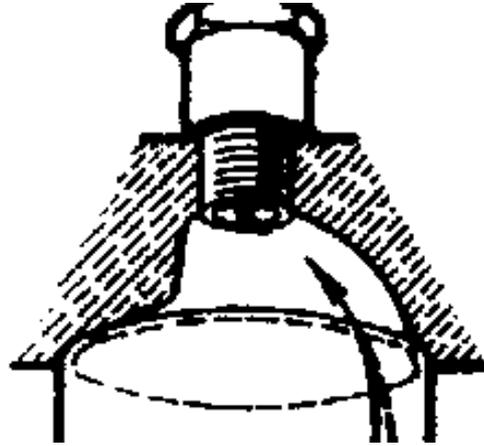
FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page11.html

Por eso al pasar por ejemplo desde una relación de compresión de 7:1 hasta 10:1, aumento de 3 puntos, se nota mucha mejora en la potencia ofrecida por el motor, pero sin embargo al pasar desde 10:1 hasta 13:1, aumento también de 3 puntos, no se nota tanta mejora.

Esta claro, que la forma de aumentar la relación de compresión es reduciendo el volumen de la cámara de la culata, para ello se utilizan dos métodos que son el rebajar la base de la culata con lo cual se reduce el volumen y el segundo método es rellenar la culata con el mismo material con el que está construido la culata, normalmente aluminio, y después darle la forma y el volumen deseado, este método es mucho mas complicado pero se puede dar a la bóveda de la culata la forma deseada para conseguir un barrido mas eficaz.

En el gráfico 80 se puede observar una culata con la bóveda desplazada o descentrada también llamadas de “alta turbulencia”

Gráfico 80 Cámara descentrada



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page13.html

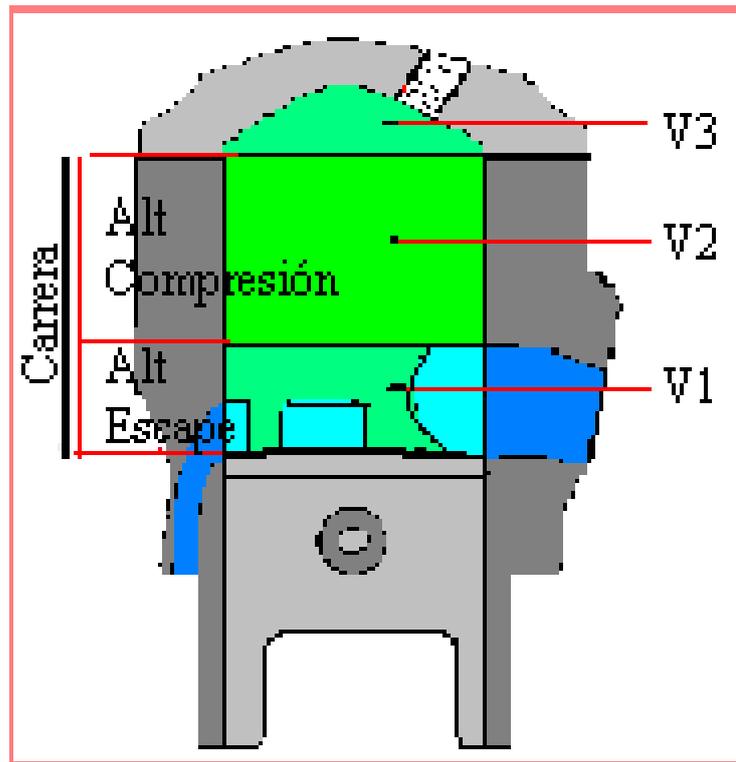
CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL CILINDRO CUANDO SE CIERRA EL ESCAPE

Teniendo en cuenta que hasta que la lumbrera de escape no esté cerrada por completo, no empezará la compresión real. El volumen de mezcla que habrá en el cilindro en el momento del cierre de la lumbrera de escape irá cada vez siendo menor debido al ascenso del pistón. Cuando el pistón se encuentre en el PMS, la mezcla habrá pasado a ocupar un volumen mínimo: el volumen de la cámara de combustión.

Medir la altura de compresión es fácil simplemente hace falta un pie de rey, medir la altura de la lumbrera de escape, desde la cabeza del pistón cuando está en el P.M.I hasta la parte superior que es cuando se cierra y restar esa medida a la carrera del motor.(graf 81)

Conociendo el diámetro del motor y la altura de compresión podemos calcular el volumen de compresión utilizando la fórmula que utilizamos para calcular la cilindrada con la modificación de que en vez de utilizar la carrera completa se utiliza la medida de la carrera desde que la lumbrera de escape está cerrada (28mm para el motor Yamaha 125).

Gráfico 81 Relación de compresión del motor 2T



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page13.html

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN STD

Datos:

Diámetro = 56mm Carrera = 50mm
 $V_3 = 13.5\text{cc}$ Cilindrada = 123cc
 Altura del escape = 22mm
 Altura de compresión = 28mm

Cálculos:

$$V_2 = \text{Cilindrada} * \frac{\text{alt.comp}}{\text{carrera}}$$

$$V_2 = 123 * \frac{28}{50}$$

$$V_2 = 68.88\text{cc}$$

$$Rc = \frac{V_2 + V_3}{V_3}$$

$$Rc = \frac{68.88 + 13.5}{13.5}$$

$$Rc = 6.1$$

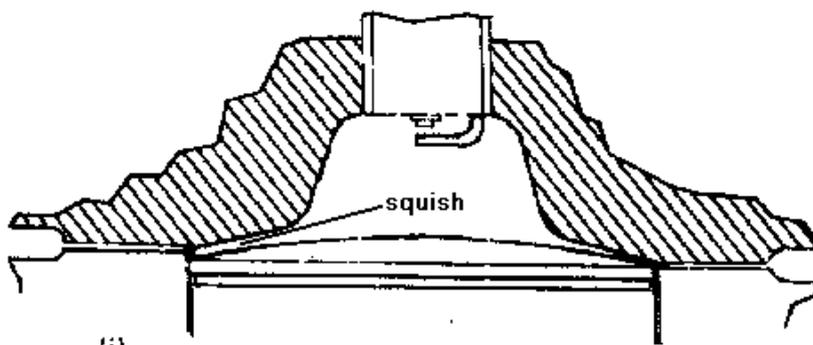
Cuando el motor gira a revoluciones elevadas, el pistón se está moviendo tan rápidamente que manda el combustible a tanta velocidad y el escape esta menos tiempo abierto, debido a esa velocidad, el volumen estático del cilindro tiende a ser menor que el atrapado realmente. Esto engaña la eficacia que mejora con las subida de las rpm. Así, bajo las condiciones del funcionamiento reales, nuestra verdadera relación de compresión mejora con el aumento de rpm.

Una cuestión muy a tener en cuenta a la hora de rebajar la culata, es la distancia que hay entre la cabeza del pistón y la pared de la culata antes de que comience la bóveda de la culata que se denomina squish para que la cabeza del pistón no tropiece creando un destrozo importante en el motor. Para evitar esto, debemos antes de rebajar la culata , efectuar la medida que tiene originalmente y su ángulo.

SEPARACIÓN Y ÁNGULO DE SALPICADURA (SQUISH)

La palabra squish, se está convirtiendo actualmente, en un término bastante usado aunque algunos no sepan exactamente cual es su importancia en los motores actuales, tanto de 2 como de 4 tiempos.

Gráfico 82 Separación y Angulo de salpicadura(squish)



FUENTE: puesta a punto de motores de dos tiempos, John Robinson,pag 114

El squish, se refiere a la distancia existente entre la bóveda del pistón y la banda o pista que existe antes de la cámara de compresión propiamente dicha (graf 82). Esa banda puede ser plana o tener un ángulo determinado y junto

con el pistón, hacen una función de empuje del aire atrapado hacia la cámara de compresión. Este empuje hacia la cámara de compresión, permite que el proceso de combustión sea más rápido, se obtiene presiones de combustión mas altas, es decir mas potencia.

Hay que saber que aunque el squish es beneficioso, no siempre es mejor, si hay un exagerado ángulo de squish, se causa exceso turbulencia que nos podría producir una detonación causando golpes bruscos en el motor o un agujeros en la cabeza del pistón.

La separación de la banda de salpicadura, es importantísima para la velocidad de los gases y es frecuente caer en el error de no mantener esa separación cuando rebajamos la culata para aumentar la relación de compresión.

DISEÑO DE LA CÁMARA DE EXPANSIÓN DE UN ESCAPE

El diseño de la cámara de expansión depende de parámetros del motor como son:

VELOCIDAD DE PRESIÓN DE ONDA

Uno de los principales parámetros íntimamente ligados con el diseño de la cámara de expansión de un escape, es la velocidad del gas, ya que el diseño de esta, dirige la velocidad de la presión del gas en los diferentes regímenes del motor, afectando al rendimiento del motor. Para ello usamos la siguiente formula

$$\partial_0 = \sqrt{\gamma RT_K}$$

Donde:

T_K = Temperatura del gas en grados Kelvin

R = 287 N.m /Kg.°K

γ = 1,4 Kg. m /N. s²

∂_0 = velocidad del gas en m/s

PRESIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE(BMEP)

Este valor es importante para el diseño de la cámara del escape y se calcula según la siguiente formula:

$$BMEP = \frac{6 * 10^5 * Pf}{Vbar * N}$$

Donde:

Pf = potencia en Kw

Vbar = Volumen de barrido del cilindro (cilindrada en c.c)

N = Revoluciones por minuto

BMEP= Presión en bares.

TEMPERATURA MEDIA DEL ESCAPE

Una vez calculada la presión se puede calcular la temperatura según la siguiente formula:

$$T_K = 534.67 * e^{0.0485 * BMEP}$$

Donde:

T_K = Temperatura del escape en grados Kelvin

BMEP = Presión en bares.

e = constante logarítmica

” Esta formula es un resultado empírico basado en lecturas sacadas de un banco de pruebas o freno dinamométrico.”²⁹

LONGITUD DEL TUBO DE ESCAPE

Cuando hablamos de la longitud del tubo de escape, nos referimos a la longitud del tubo de escape hasta el primer cono (cono de entrada) viene determinado por la siguiente formula:

²⁹ www.galeon.com/motormecanica/page60

$$L_t = \frac{1000 * \partial_0 * Dr_{esc}}{12 * N}$$

Donde:

LT = longitud del tubo en mm

∂_0 = es la velocidad de los gases en m/s

Dr_{esc} = duración del escape en grados.

DIÁMETRO DEL TUBO DE ESCAPE

El diámetro del tubo de escape esta relacionado con el área de la lumbrera de escape y se calcula con la siguiente formula:

$$Dt = \sqrt{\frac{4 * h * a}{\pi}}$$

Donde:

Dt = Diámetro del tubo en mm

a = Ancho de la lumbrera de escape del cilindro.

h = Alto de la lumbrera de escape del cilindro

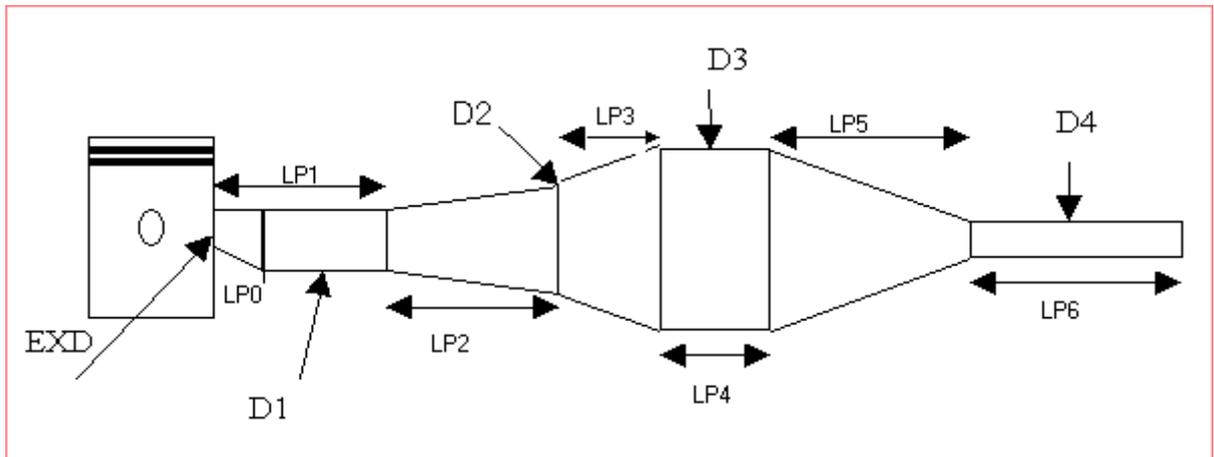
COEFICIENTES PARA EL CALCULO DE LA CÁMARA DE EXPANSIÓN:

$$K_0 = 1.0322 * e^{-0.0498 * BMEP}$$

$$K_1 = 1.9899 * e^{-0.0581 * BMEP}$$

CALCULO DE LA CÁMARA DE EXPANSIÓN DE UN ESCAPE

Gráfico 83 Dimensiones de la Cámara de expansión



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page13.html

La longitud del tubo LP1 incluye la distancia que hay en el escape desde la camisa hasta el borde del cilindro señalado como LP0

Las longitudes en (mm) en función de L_T son :

$$LP_1 = 0,10 L_T \quad LP_2 = 0,41 L_T \quad LP_3 = 0,14 L_T$$

$$LP_4 = 0,11 L_T \quad LP_5 = 0,24 L_T \quad LP_6 = LP_5$$

Los Diámetros en (mm) son:

$$D1 = K1.EXD$$

$$D2 = 2Lp_2 \text{ sen}15 + D1$$

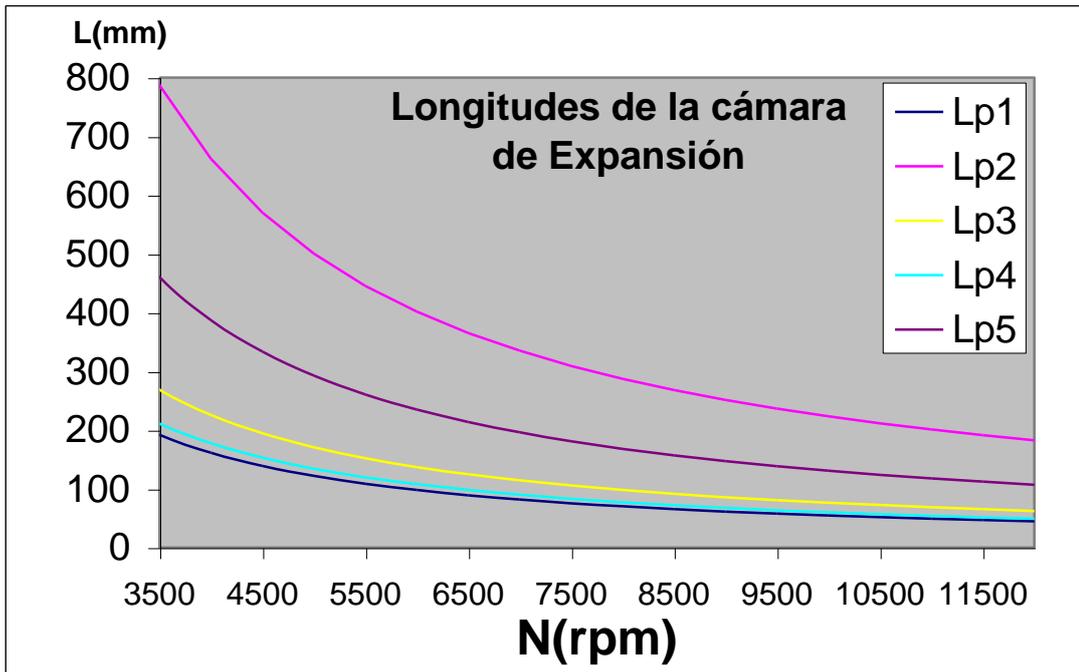
$$D4 = K0.EXD$$

$$D_3 = D_2 \left(\frac{Lp_2}{Lp_2 + Lp_3} \right)^{-1.33}$$

Todas las formulas para el diseño han sido introducidas en una base de datos de Microsoft Excel adjuntas a este documento para facilitar su análisis.

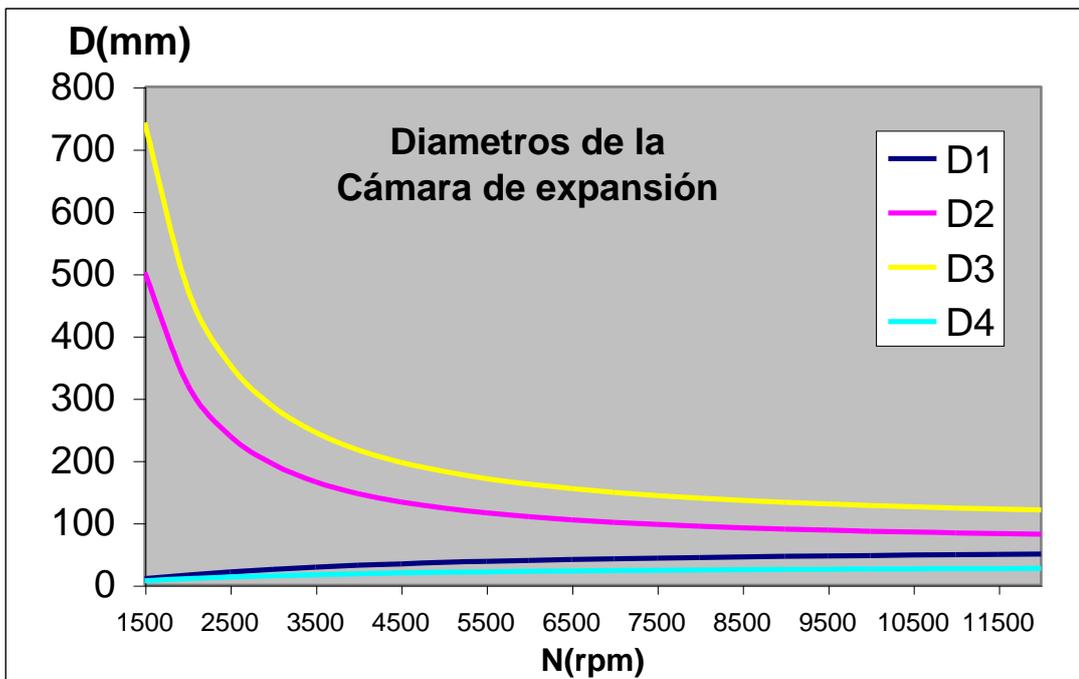
Aquí presentamos las curvas obtenidas en el programa que nos dan una idea clara de cómo influye el régimen escogido para el diseño, en las longitudes y diámetros de la cámara de expansión (graf 84 y 85).

Gráfico 84 Longitudes de la cámara para diferentes regímenes



FUENTE: Microsoft Excel datos del motor Yamaha 125

Gráfico 85 Diámetros de la cámara para diferentes regímenes.



FUENTE: Microsoft Excel datos del motor Yamaha 125

CARBURADOR

DIÁMETRO DEL DIFUSOR

El diámetro del difusor es muy importante para el funcionamiento del motor, a veces se cree que al aumentar el diámetro de difusor, el motor mejora su rendimiento porque aspira más aire y gasolina. El razonamiento es lógico pero no es del todo cierto, hay que tener en cuenta varios factores.

Principalmente hay que conocer que la fuerza útil del pistón a la que corresponde el máximo torque, se consigue cuando en el difusor hay una velocidad de flujo de al menos 90 m/s, o lo que es lo mismo, una velocidad de 324 Km/h que permite una vaporización y una combustión optima. Para obtener esta velocidad, el diámetro del difusor no debe ser excesivo porque :

1º la cantidad de flujo de aire que aspira el pistón cuando desciende tiene que ser el mismo que el que pasa por el difusor para conseguir una continuidad de flujo.

2º El caudal de llenado del cilindro y de llenado del difusor tienen que ser iguales.

El diámetro del difusor no va en función de la cilindrada, sino en función de la relación de caudales

El tamaño del carburador influye de manera importante en la potencia máxima, para esto hay que tener en cuenta dos factores:

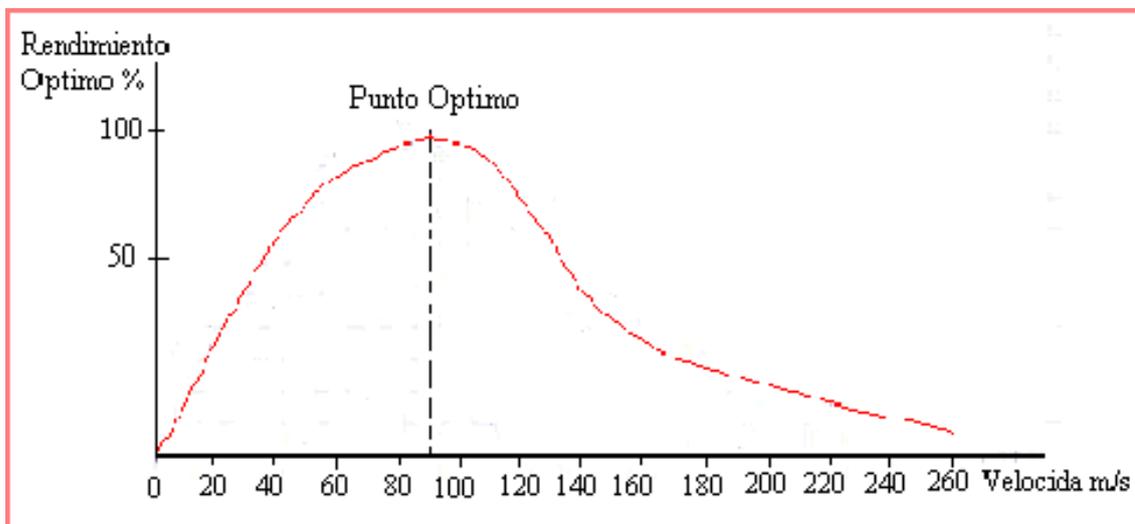
ATOMIZACIÓN DE LA GASOLINA

Cuanto mas rápido circule el aire por el carburador, mejor va a ser la atomización de la gasolina . En carburadores de poco diámetro la velocidad del aire será alta y por lo tanto mejor será la atomización de la gasolina en el aire.

RESISTENCIA AL PASO

Cuanto mas rápido circule el aire por el carburador, mayor va a ser el rozamiento del aire con las paredes. En carburadores de poco diámetro la velocidad del aire será alta y por lo tanto el aire va a tener grandes dificultades de circular.

Gráfico 86 Rendimiento del carburador en función de velocidad de gas



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page24.html

Como vemos aquí ocurren dos fenómenos que son opuestos. Podremos mejorar la atomización de la gasolina con un carburador muy pequeño, pero al mismo tiempo estaremos ofreciendo gran resistencia al paso. Hemos pues de llegar a un compromiso. Hace tiempo se hicieron estudios rigurosos sobre todo esto y se llegó a la conclusión de que para obtener el máximo rendimiento, el aire debe circular por el carburador a una velocidad media de 90 m/s. Existe una grafica que plasma la relación entre la velocidad del aire a través del carburador y la potencia máxima relativa que nos va a ofrecer el motor.

En el gráfico 86 se nota claramente que el punto de potencia máxima corresponde a los mencionados 90 m/s. Si utilizamos un carburador con diámetro mas grande tendremos el aire circulando a menor velocidad y la potencia máxima será menor, pero solo un poco. Imaginemos un motor de 125

cc, cuando circula el aire a 90 m/s a través de su carburador , el motor ofrece un rendimiento optimo de 34 cv.

Si el aire circulara a 70 m/s ,carburador de mayor diámetro, la potencia máxima que ofrecería seria de 30 cv aproximadamente.

Si utilizamos un diámetro mas pequeño de carburador, tendremos el aire circulando a mayor velocidad y la potencia máxima será menor, decreciendo de forma bastante brusca. En el ejemplo anterior si hiciéramos circular el aire a 140 m/s la potencia máxima que ofrecería pasaría a ser de unos escasos 17 cv.

Como vemos en el gráfico 86, tan malo es un carburador demasiado grande como uno demasiado pequeño, aunque siempre es mejor pasarse un poco de grande que de pequeño., aunque queda claro que siempre será mejor utilizar un carburador que haga circular el aire a exactamente 90 m/s.

CALCULO DEL TAMAÑO OPTIMO DE CARBURADOR

Ya sabemos que hemos de elegir un carburador que proporcione una velocidad del aire circulando a 90 m/s.

Mediante esta formula podemos determinar el diámetro del difusor óptimo para nuestro motor en mm.

$$D_{difusor} = Vh^{1/3.55} * \sqrt{\frac{4 * N * Vh}{94.25 * Vd}} * 1/2.65$$

Donde:

Vh = cilindrada en cm³

N = Velocidad del motor

Vd = velocidad de flujo en el difusor(**óptimo 90 m/s**)

Para evitar hacer cálculos se ha plasmado en la tabla 13 los valores mas corrientes de diámetro de carburador en función de la cilindrada y las r.p.m del motor, siempre para una velocidad de 90 m/s.

Se puede también revisar el archivo adjunto dos tiempos.xls para hacer modificaciones en los datos y obtener resultados mas exactos.

Una cosa muy importante que hay que recalcar, es que las r.p.m a las que gira el motor cuando hacemos el calculo, deben de ser las r.p.m a las que hemos optimizado anteriormente tanto el cilindro-pistón como el tubo de escape.

Tabla 13 Diámetro óptimo(mm) en función del régimen y la cilindrada

Cilindrada	70cc	80cc	100cc	125cc
N rpm				
8000	20.2	22.5	26.8	31.9
8500	20.9	23.2	27.6	32.9
9000	21.5	23.8	28.4	33.8
9500	22.1	24.5	29.2	34.8
10000	22.6	25.1	29.9	35.6
10500	23.2	25.8	30.7	36.5
11000	23.7	26.4	31.4	37.4
11500	24.3	27	32.1	38.2
12000	24.8	27.5	32.8	39.1
12500	25.3	28.1	33.5	39.9
13000	25.8	28.7	34.1	40.7
13500	26.3	29.2	34.8	41.4

FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page25.html

De nada sirve tener un cilindro-pistón y tubo de escape optimizados por ejemplo a 12000 rpm y luego tener el tamaño de carburador calculado para que este optimizado a 15000 rpm .

Hay que tener en cuenta, que si un motor alcanza un número determinado de revoluciones en vacío (sin carga), no quiere decir que ese sea el número de

revoluciones al que esta optimizado el motor, ya que la optimización se hace con el motor en marcha y con carga, por esto, como calculo sencillo debemos dividir el número de revoluciones del motor sin carga por 1,25.

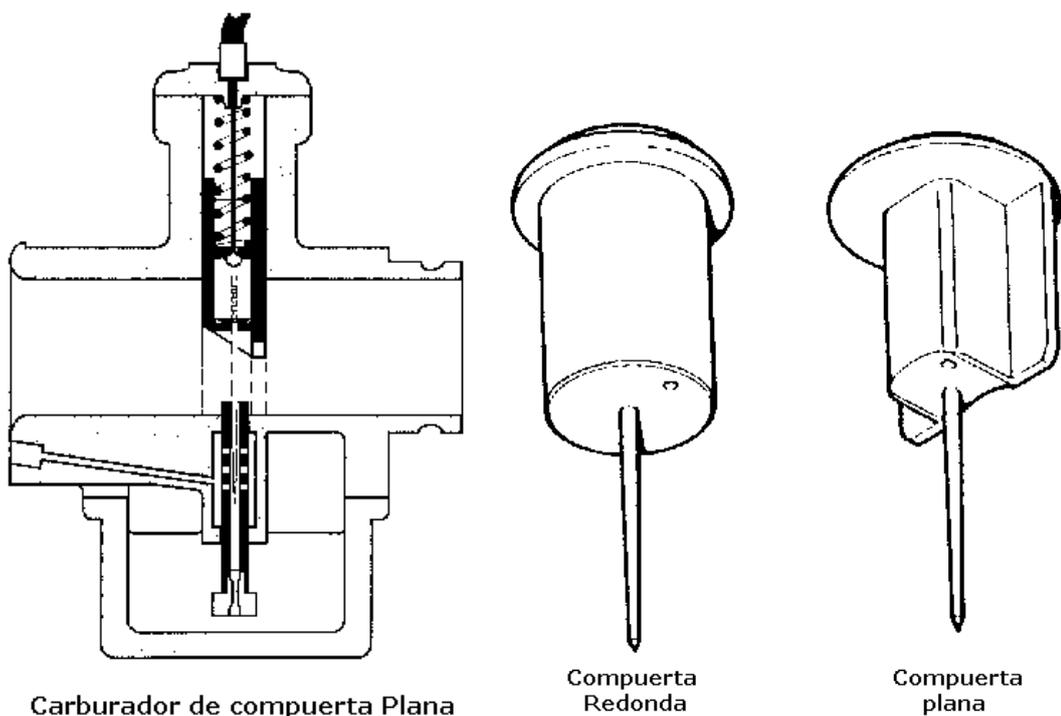
Es decir, si un motor esta optimizado a 12000 r.p.m, quiere decir que sin carga puede llegar a alcanzar unas 15000 r.p.m. Por el contrario, si en vacío(sin carga) gira a 12000 r.p.m quiere decir que el motor esta optimizado a unas 9600 r.p.m.

TIPOS DE CARBURADOR

En el mercado podemos encontrar carburadores básicamente de dos tipos: los de compuerta plana y los de compuerta redonda. Estos últimos son los mas comunes y baratos.

Los de compuerta plana no tiene protuberancias internas, por lo que el flujo es mejor que en los de compuerta redonda (aproximadamente un 8% mejor).(graf 87) Esto no significa que los de compuerta redonda sean malos, simplemente tendremos que aumentar el diámetro en un 3,9% para obtener el mismo flujo que tendría un carburador de compuerta plana.

Gráfico 87 Tipos de carburador



FUENTE: Motorcycle Fuel Systems techbook, John Robinson, pag 4.10

Veamos un ejemplo: Si haciendo el calculo obtuviésemos un diámetro adecuado de 24 mm deberíamos utilizar o bien un carburador de compuerta plana de 24 mm o bien uno de compuerta redonda de 25 mm. Ambos tendrían en la practica el mismo flujo. Teniendo en cuenta que los carburadores de compuerta plana suelen costar el doble aproximadamente que los de compuerta redonda.

La formula para calcular el diámetro del carburador, al igual que la tabla detallada de la pagina anterior, nos dan el diámetro para un carburador de compuerta plana, por lo que habría que aplicarle el aumento del 3,9 %. Mediante la hoja electrónica de Excel se obtuvo un diámetro de difusor de 30.53 mm para las 7500 rpm a las que se propone optimizar el motor. Para un carburador de compuerta redonda este diámetro sería de 31.7 mm.

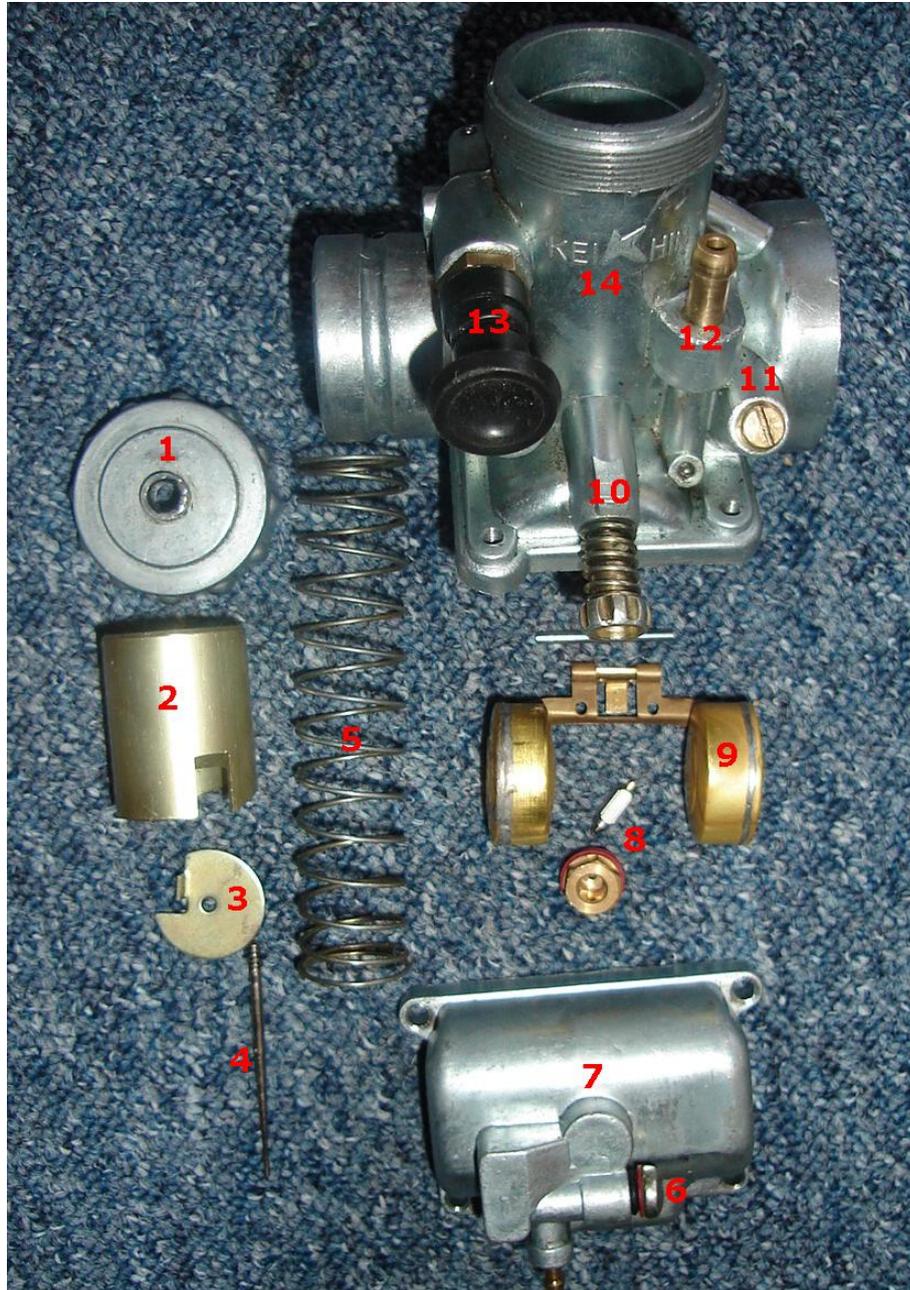
MODIFICACIÓN DEL CARBURADOR

Primero vamos a mostrar un carburador desarmado para que podamos ver de que piezas está compuesto y así poder entender mejor su funcionamiento para poder aplicar las mejoras para obtener un mayor rendimiento del motor modificando este elemento o simplemente para que su funcionamiento sea correcto.

Una vez mencionados los componentes, vamos detallar cuales son las posibles modificaciones y mantenimiento de los mas importantes

En el gráfico 88 podemos ver un carburador keihin, utilizado en el motor Yamaha 125, formado por las siguientes partes:

Gráfico 88 Carburador keihin, Yamaha125



FUENTE: Carburador Yamaha 125 STD

- | | | | |
|----|-------------------------|-----|-------------------------------|
| 1. | Tapa del carburador. | 8. | Aguja del flotador y asiento. |
| 2. | Corredera o campana | 9. | Flotador |
| 3. | Seguro de la aguja | 10. | Tornillo de la corredera. |
| 4. | Aguja | 11. | Tornillo de reglaje de aire. |
| 5. | Muelle de la corredera. | 12. | Entrada de combustible. |
| 6. | Tornillo de la cuba. | 13. | Choque. |
| 7. | Tapa de la cuba. | 14. | Cuerpo del carburador |

LA CORREDERA O CAMPANA

La función principal de la campana es producir la mezcla aire - gasolina, ya que permite el paso del aire del exterior y lo mezcla con la gasolina que sale por el surtidor por la acción del aspirado que efectúa el cilindro

Gráfico 89 Rebajado de la corredera.



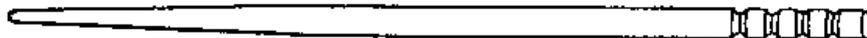
FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page40.html

Cuando queremos que pase mas cantidad de aire, empobrecer la mezcla, se puede rebajar la campana según se muestra en el gráfico 89. Esta operación se debe de hacer en la cara de la campana que mira hacia el filtro del aire.

LA AGUJA

Su función es permitir que a través de la válvula porta-pulverizador, pase mas o menos cantidad de gasolina y con eso conseguimos tener una mezcla con mas cantidad de gasolina (mezcla rica) o menos cantidad de gasolina (mezcla pobre).

Gráfico 90 Aguja



FUENTE: Fuel Systems Techbook, John Robinson, pag 4-7

Normalmente las agujas tienen una forma cónica y una longitud determinada, en el mercado suele haber varios tipos para un mismo carburador, más o menos cónicas, pudiendo colocar la más adecuada según nuestras necesidades.

Las agujas suelen tener unas muescas, normalmente 3, donde se aloja una grapa, según posicionemos la grapa en la ranura la aguja quedará más o menos baja, taponando más o menos la salida del porta-pulverizador.

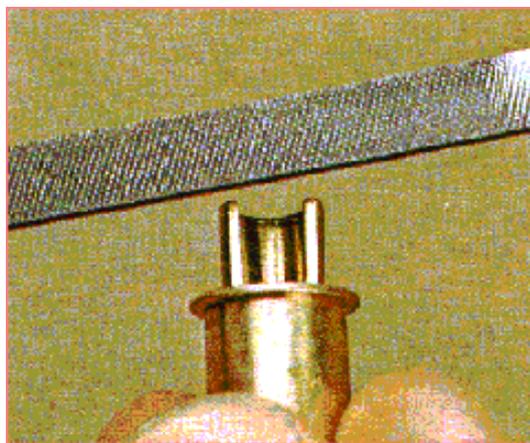
Si colocamos la grapa en la ranura superior, la aguja queda más larga taponando más la salida del porta-pulverizador haciendo una mezcla más pobre. Si por el contrario colocamos la grapa de la aguja en la posición más inferior la aguja taponará menos la salida del porta-pulverizador y permitirá que pase más cantidad de gasolina provocando una mezcla más rica.

Es recomendable, que cuando se carbura un motor, se coloque la aguja en su posición intermedia, así nos permite enriquecer o empobrecer la mezcla, y en algunos casos lo suficiente, sin necesidad de tener que sustituir los surtidores principales.

PORTA-PULVERIZADOR

Es el encargado de hacer que pase la gasolina del surtidor principal y se mezcle con el aire que procede del paso por la apertura de la campana. Podemos también modificar esta pieza para conseguir que aumente la cantidad de gasolina que procede de la cuba. Hay que tener especial cuidado al hacer esta modificación, ya que la mezcla no se vaporiza bien.

Gráfico 91 Limado del porta-pulverizador



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page40.html

Gráfico 92 Porta pulverizadores



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page40.html

Izquierda. Porta pulverizador modificado, **Derecha.** Portapulverizador Std

Esta modificación se puede hacer de dos maneras: rebajando el semi-círculo a 180° con una lima, según se aprecia en el gráfico 91. También se puede rebajar en la altura hasta la mitad como máximo, según se aprecia en el gráfico 92.

En ambos casos, se obtiene el mismo efecto, y se debe de optar por aplicar uno de los dos, ya que como dijimos anteriormente, al hacer esta modificación la mezcla no vaporiza bien y si aplicamos las dos (rebajar la altura y el ángulo), la mezcla será excesivamente rica y la pulverización será mala, pudiendo tener problemas en la explosión, quedando gases sin quemar.

Esta operación debe de hacerse rebajando poco a poco y comprobando la carburación y para corregir ligeramente los problemas de pulverización , se debe de combinar con el rebajado de la campana.

EL FILTRO DE AIRE

El filtro del aire es también un elemento importante que interviene en la carburación, ya que impide que pasen impurezas del aire, arenillas y polvo, que al pasar al cilindro con el roce del pistón, actuarían como si se tratar de un esmeril rayando el camisa del cilindro, con la consiguiente acortamiento de la vida del motor causado por pérdida de compresión y la necesidad del

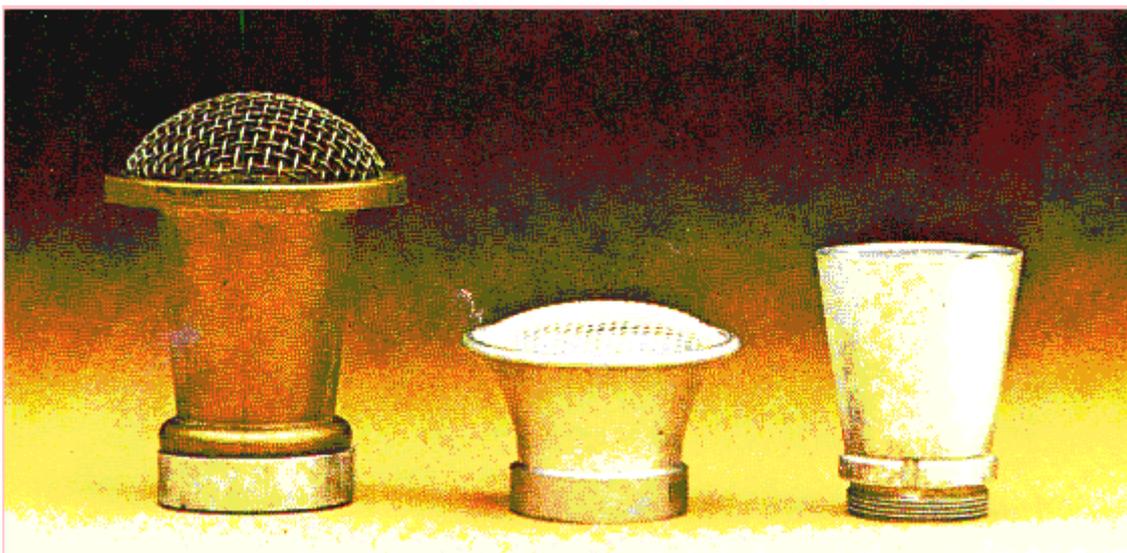
rectificado de la camisa si es posible, o la sustitución del pistón o el cilindro. Por esto, es importante mantener en perfecto estado de conservación el filtro del aire, haciendo revisiones periódicas para mantenerlo perfectamente limpio.

También influye en el flujo del aire, permitiendo que pase mas o menos cantidad de aire, dependiendo de su diseño

En el gráfico 93 se puede apreciar tres tipos de filtros directos, llamados filtros "Trompeta" por su forma similar a las salidas de esos instrumentos musicales. Los hay mas cortos, mas anchos, mas largos, sin filtro, con filtro etc. Según su forma, se consigue que el aire circule con mas velocidad, con mas flujo etc. Cuando se coloca un filtro de este tipo, la entrada de aire en el carburador es mayor, se produce una mezcla muy pobre, por lo que hay que aumentar el surtidor principal entre 5 y 10 puntos como mínimo, según el tipo de filtro, para conseguir una carburación equilibrada.

También reciben el nombre de filtros de potencia, porque al aumentar la cantidad de aire y tener que aumentar el paso de gasolina, en el cilindro , se produce un aumento de la mezcla a comprimir en el mismo volumen, aumentando por tanto, la compresión y como consecuencia la potencia.

Gráfico 93 Filtros de potencia.



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page42.html

EL FLOTADOR

La función del flotador, es mantener un nivel adecuado de combustible en la cuba, para que cuando se abre la campana a tope y de repente, el combustible que pasa de la cuba por el porta-pulverizador sea la cantidad adecuada para crear la mezcla adecuada. Si el nivel de combustible es bajo, el motor no tendrá una respuesta inmediata e irá a saltos, ya que no tendrá gasolina suficiente. Si el nivel es muy alto, puede provocar el desbordamiento del carburador, con la posibilidad de producirse un incendio .

Gráfico 94 Regulación del flotador



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page43.html

La regulación de la altura del flotador se realiza con un calibre o pie de rey midiendo como refleja el gráfico 94, la altura debe darla el fabricante, en caso de no poder conseguirla, se optará por ponerlo lo mas horizontal posible con el cuerpo del carburador, hay que poner los dos flotadores a la misma altura (graf 95).

Gráfico 95 Nivelación de flotador



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page43.html

La regulación se hace abriendo o cerrando la platina que acciona a la aguja del carburador, con un alicates, según el gráfico 96.

Gráfico 96 Regulación de la altura de cerrado



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page43.html

AGUJA DEL FLOTADOR

Gráfico 97 Aguja del flotador



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page43.html

La aguja del flotador es la encargada de cerrar el orificio de entrada del combustible procedente del depósito, cuando el flotador llega a su altura determinada.

Para que la aguja cierre ese orificio, la parte que está en contacto con el agujero es de forma cónica y de goma, debemos de examinar que dicha goma se encuentre en perfecto estado para que obture el orificio cuando el flotador llega a su altura, sino, la gasolina seguirá entrando llenando la cuba en exceso y desbordando el carburador. (graf 97)

TOMA DE CARBURADOR

Gráfico 98 Pulido de la toma del carburador



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page43.html

La toma del carburador es el tubo que une el carburador con el cilindro o carter, según el caso. Al igual que en las lumbreras del cilindro, para mejorar el rendimiento se puede proceder a pulir la superficie de asperezas, e incluso si el espesor de la pared lo permite, proceder a agrandar el diámetro para obtener un mayor llenado. Esta operación de agrandado, se puede hacer también en el carburador, así podremos convertir un carburador de por ejemplo 19 a un 19,5 o un 20 e incluso llegar a un 21.

LUBRICACIÓN

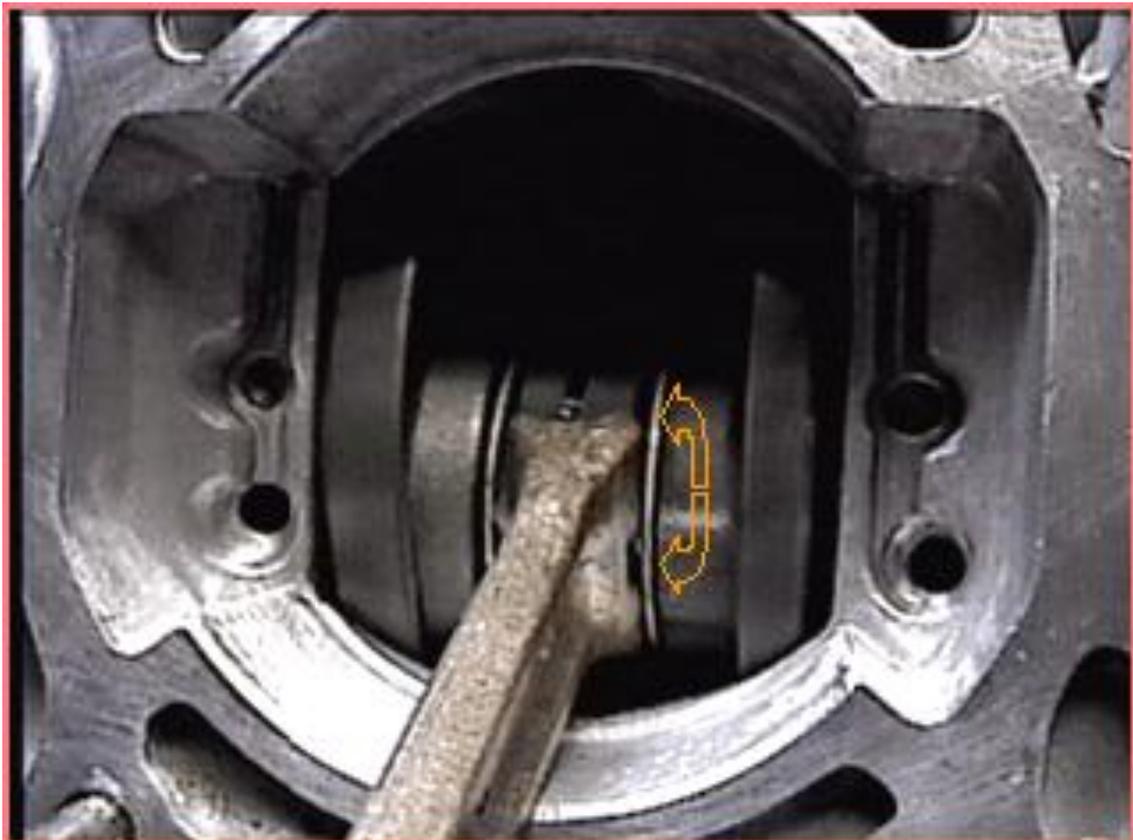
MEJORAS DE LUBRICACIÓN EN LOS COJINETES

Ya hemos mencionado con anterioridad, la importancia que tienen el engrase o lubricación de las piezas preparadas, ya que al modificarlas, el motor alcanzará mas revoluciones y el rozamiento de las piezas, será mayor, produciendo un mayor desgaste y calentamiento, llegando al gripaje o agarrotamiento de esas piezas. La lubricación evita que esto ocurra.

Es importante, favorecer en todo lo posible esa lubricación al igual que montar los rodamientos y jaulas de agujas adecuadas a esos giros nuevos de motor, en este caso, debemos sobrepasar el número de revoluciones que soporta el rodamiento con respecto al giro del motor, para evitar que esos rodamientos trabajen al límite. Es decir, si nuestro motor va a girar a 10.000 r.p.m, sería conveniente el instalar unos rodamientos que soporten 12.000 r.p.m . Aproximadamente un 20% mayor al giro del motor.

Una de las piezas que debemos preparar es el cárter, agrandando los agujeros de engrase de los rodamientos del cigüeñal y crear unos reservorios para que el aceite de la mezcla quede depositado en ese alojamiento y los rodamientos dispongan siempre del engrase que necesitan.

Gráfico 99 Mejoras de engrase en cojinetes y biela



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page34.html

En el gráfico 99 podemos apreciar la modificación del engrase del cárter. Este motor disponía de un solo agujero de engrase, en vez de agrandarlo, se

decidió hacer un agujero mas, ya que el aumento de revoluciones en este motor era importante y quizás el aumento del diámetro del agujero fuera insuficiente.

Como se puede apreciar, se ha avellanado la cabeza del agujero y se ha construido un surco o canal que comunica los dos agujeros y se amplia hasta la pared del cárter, eso es el reservorio, ahí es donde el aceite queda depositado esperando su circulación hacia el rodamiento.

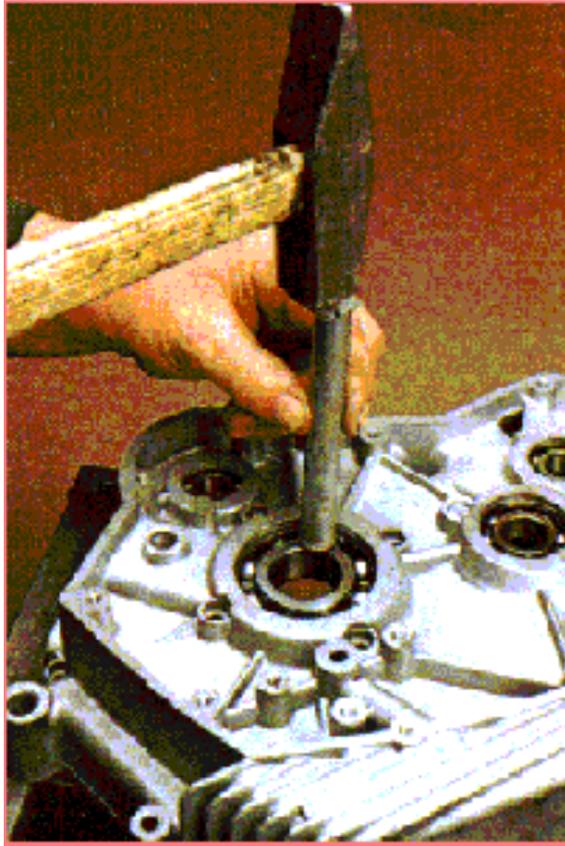
Si al motor no se le aumenta en exceso el número de revoluciones, es suficiente con agrandar el agujero que trae de fabrica, para eso, con el rodamiento sacado, miraremos si el agujero es cónico, es decir con mayor diámetro en uno de sus extremos, en ese caso, mediremos el diámetro menor y pasaremos una broca de una medida superior a ese agujero. En la parte superior se procederá a hacer la misma operación que en la figura, es decir, avellanado del agujero y construcción del canal del reservorio (la profundidad del canal del reservorio tiene una ligera inclinación hacia los agujeros de engrase, es decir mayor profundidad en los agujeros y mas suave en su parte final)

También se puede observar en la cabeza de biela, el rebaje hecho para el engrase de el cojinete de agujas que está hecho en cruz. Si se observan las arandelas de separación, se apreciará un rebaje bien visible que coincide con el cuerpo de la biela y otro que coincide paralelo al engrase propio de la biela. (marcado con las flechas)

Uno de los puntos fundamentales a modificar en un motor, aparte de la lubricación, es el tema de rodamientos y cojinetes de agujas, que aparte de tener que contar con esa lubricación extra, deben de ser de las características adecuadas al nuevo giro del motor.

En el gráfico 100 se ve como se extrae un rodamiento del cárter para sustituirlo por otro nuevo. Una vez colocado el cárter sobre una superficie completamente plana, se golpea firmemente pero con cuidado con un botador como se aprecia en la imagen.

Gráfico 100 Extracción de rodamiento del cárter



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page35.html

Para la inserción existen tres metodos:

1.- Colocar en frío en una prensa.

2.- Colocar en frío golpeándolo con cuidado (se debe prestar atención a que no se incline en el alojamiento y debemos golpearlo con el rodamiento viejo que es del mismo tamaño y se ajustarán perfectamente en el casquillo interior y exterior para no deformar el rodamiento.

3.- Colocar con calor. Esta opción se hace con un simple soldador de fontanero, dando calor con muchísimo cuidado al cárter para que no se deforme, una vez dilatado ligeramente el alojamiento del rodamiento, este entrará sólo. (esta operación no se debe hacer si en el cárter hay retenes instalados ya que podrían deformarse y causar fugas).

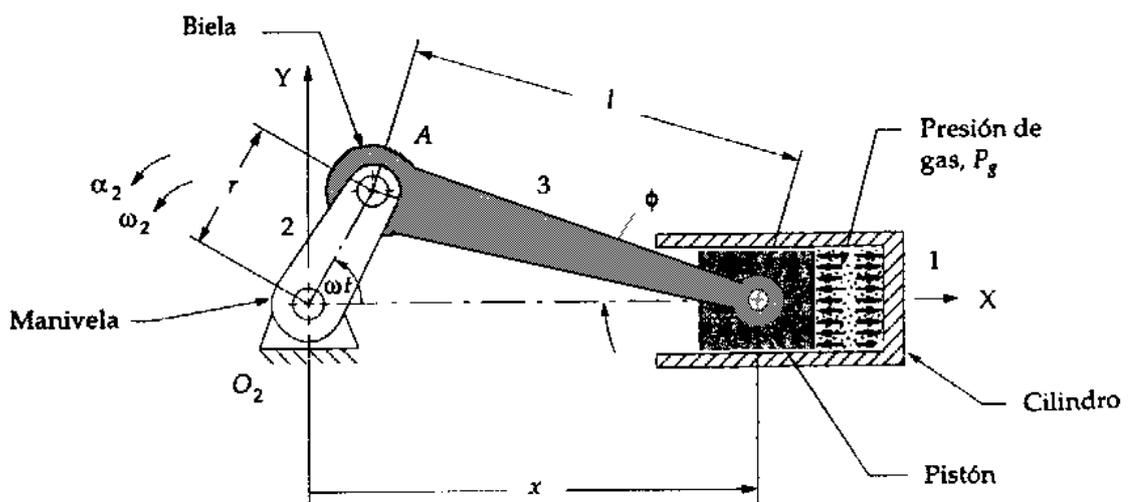
CINEMÁTICA Y DINÁMICA DEL MECANISMO DE MANIVELA-CORREDERA

En este análisis vamos a utilizar ecuaciones vectoriales para la determinación exacta de posiciones, velocidades, aceleraciones y fuerzas del mecanismo manivela-corredera del motor Yamaha 125, ayudándonos de la hoja electrónica de Excel “dos tiempos. xls”.

Nótese en el gráfico 101 que el movimiento de la corredera ha sido alineado con el eje X, para facilitar el cálculo de los parámetros del mismo.

La geometría simple de esta particular inversión del mecanismo permite un planteamiento directo al análisis exacto de la ecuación de la posición de la corredera, y derivando con respecto al tiempo obtenemos las ecuaciones de velocidad y aceleración que se muestran a continuación:

Gráfico 101 Configuración del eslabonamiento

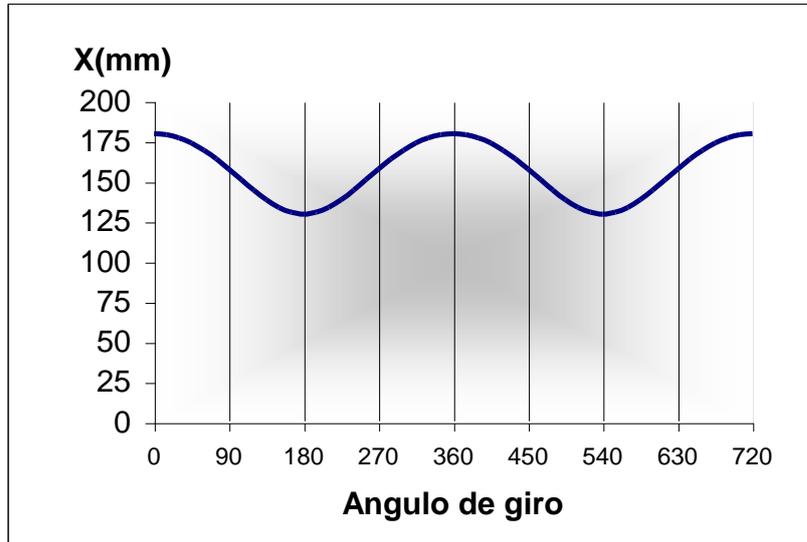


FUENTE: Norton, Robert L. , Diseño de maquinaria, Mcgraw Hill, cap 14.

POSICIÓN DEL PISTÓN CON RESPECTO AL EJE DE GIRO DE LA MANIVELA :

$$X \cong l - \frac{r^2}{4l} + r \left(\cos\theta + \frac{r}{4l} \cos 2\theta \right)$$

Gráfico 102 Recorrido del pistón

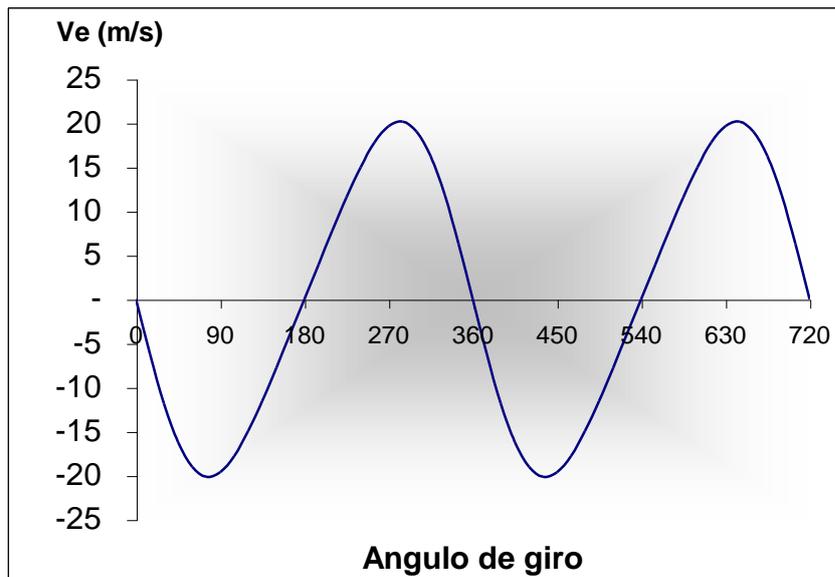


FUENTE: Microsoft Excel, datos del motor Yamaha 125

VELOCIDAD DEL PISTÓN:

$$V_e \cong -rw \left(\sin\theta + \frac{r}{2l} \sin 2\theta \right)$$

Gráfico 103 Velocidad del pistón

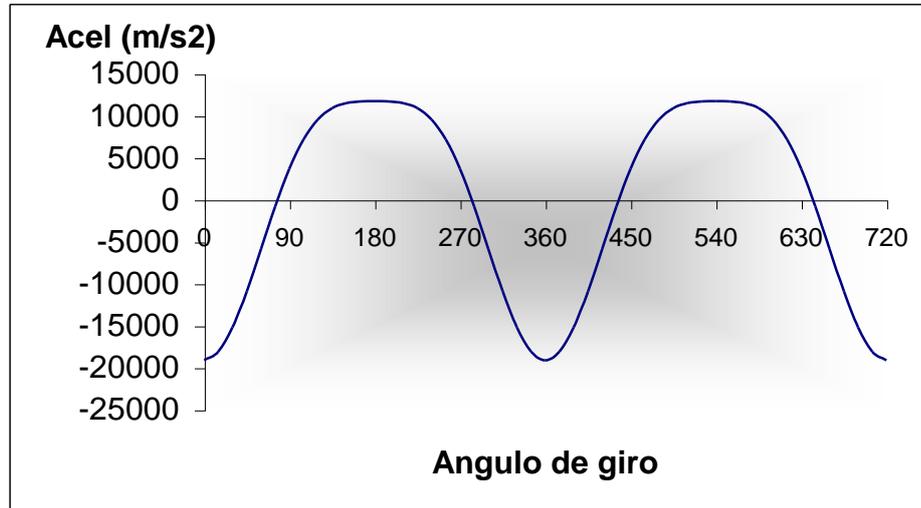


FUENTE: Microsoft Excel, datos del motor Yamaha 125

ACELERACIÓN DEL PISTÓN

$$A_p \cong -rw^2 \left(\cos\theta + \frac{r}{l} \cos 2\theta \right)$$

Gráfico 104 Aceleración del pistón



FUENTE: Microsoft Excel, datos del motor Yamaha 125

A continuación vamos a analizar el comportamiento dinámico del motor de un cilindro con base en un modelo cinemático aproximado. Ya que tenemos varias fuentes de acción dinámica con que trabajar, se utilizará el método de superposición para analizarlas por separado y luego combinar sus efectos. Primero consideraremos las fuerzas y torques que se deben a la presencia de fuerzas de expansión de los gases en el cilindro, que impulsan al motor luego se analizarán las fuerzas y torques de inercia que resultan del movimiento a alta velocidad de los elementos. “La fuerza total y el estado de torque de la máquina en cualquier instante será la suma de esos componentes.”³⁰

FUERZA Y TORQUE DEBIDO A LA EXPANSIÓN DEL GAS

La fuerza de gas se debe a la presión que ejercen los gases de combustión sobre la cabeza del pistón. Para calcular las fuerzas del motor Yamaha 125 se ha generado una curva de presión de gas aproximada del ciclo de dos tiempos

³⁰ Norton, Robert L., Diseño de maquinaria, McGraw hill , Cap 14

analizado(graf 105), ya que la curva de gas real nos ha sido imposible medir debido a las especificaciones del banco de pruebas.

$$\vec{F}_g = -P_g A_p \vec{i}$$

Donde:

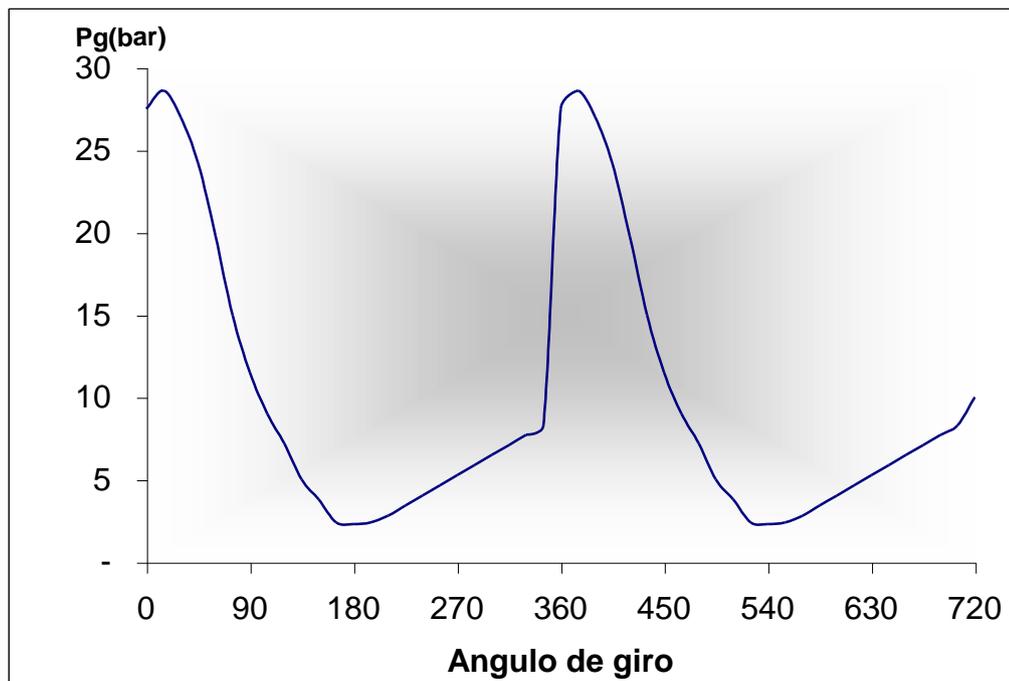
Fg = Fuerza de gas

Pg= Presión de gas

Ap= Área de la cabeza del pistón

El signo negativo se debe al sistema de referencia utilizado para el análisis del motor.

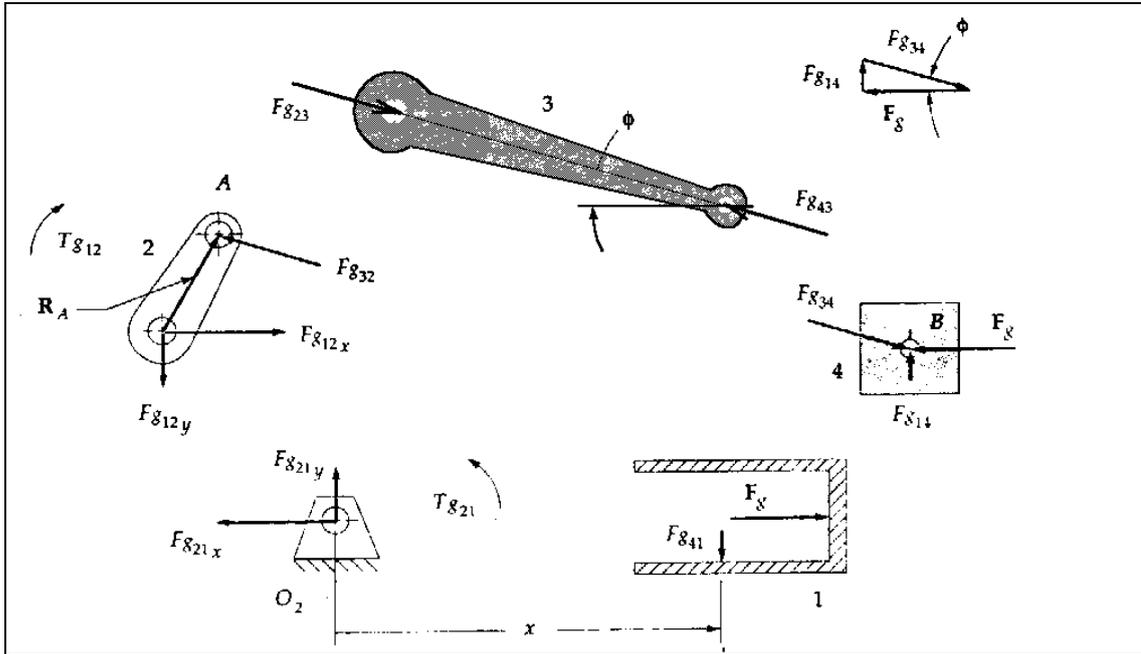
Gráfico 105 Curva de presión de gas Aproximada



FUENTE: Microsoft Excel, Dinámica del motor.xls

El torque de gas se debe a la acción de fuerza de gas según un brazo de momento relacionado con el centro O_2 de la manivela. Este brazo de momento varia desde 0 hasta un máximo a medida que gira la manivela. La fuerza de gas distribuida sobre la superficie de cabeza del pistón, se ha reducido a una fuerza concentrada que actúa a través del centro de masa del eslabón 4(pistón) en los diagramas de cuerpo libre de el gráfico 106.

Gráfico 106 Diagramas de cuerpo libre del eslabonamiento



FUENTE: Norton, Robert L., Diseño de maquinaria, Mcgraw Hill

El sistema de fuerzas concurrentes en el punto B se resuelve en el diagrama vectorial que indica que:

$$\vec{F}_{g14} = F_g \tan \phi \cdot \vec{j}$$

$$\vec{F}_{g34} = F_g \cdot \vec{i} - F_g \tan \phi \cdot \vec{j}$$

De los diagramas de cuerpo libre de la figura 3.52, deducimos que:

$$\vec{F}_{g41} = -\vec{F}_{g14}$$

$$\vec{F}_{g43} = -\vec{F}_{g34}$$

$$\vec{F}_{g23} = -\vec{F}_{g43}$$

$$\vec{F}_{g32} = -\vec{F}_{g23}$$

Por lo tanto:

$$\vec{F}_{g32} = -\vec{F}_{g34} = -F_g \cdot \vec{i} + F_g \tan \phi \cdot \vec{j}$$

El torque impulsor T_{g21} en el eslabón 2 debido a la fuerza de gas, puede ser evaluado a partir del producto cruz del vector posición al punto A y la fuerza en dicho punto A:

$$\vec{T}_{g21} = \vec{R}_A \otimes \vec{F}_{g32}$$

También podemos expresar el torque en términos de las fuerzas F_{g14} o F_{g41} que actúa siempre en una dirección perpendicular al movimiento de la corredera y la distancia x , que es su brazo de momento instantáneo con respecto a O_2 :

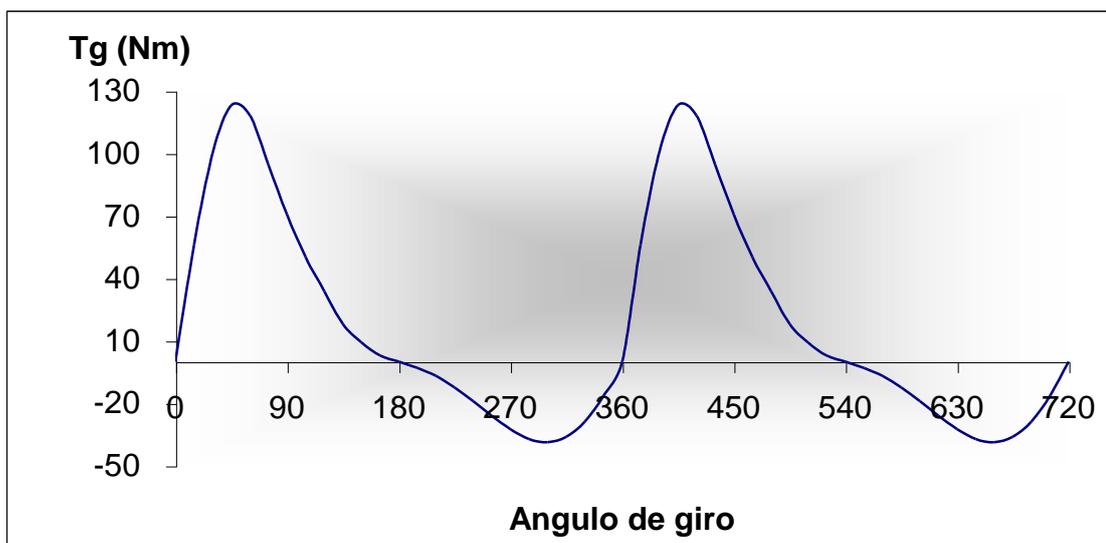
$$\vec{T}_{g21} = (\vec{F}_{g14} \otimes \vec{x})\vec{k}$$

Reemplazando las ecuaciones anteriormente deducidas para F_{g14} y para x logramos una ecuación en función de los dos ángulos del mecanismo la cual no es muy práctica, por esto mediante el teorema del binomio logramos una ecuación aproximada en función del ángulo de giro de la manivela:

$$T_g = F_g \cdot r \text{Sen}\theta \left(1 + \frac{r}{l} \cos\theta \right)$$

A continuación en el gráfico 107 mostramos la curva de torque de gas a 7500 rpm para el motor Yamaha 125cc generada en Excel.

Gráfico 107 Torque de gas



FUENTE: Norton, Robert L., Diseño de maquinaria, Mcgraw Hill, cap 14

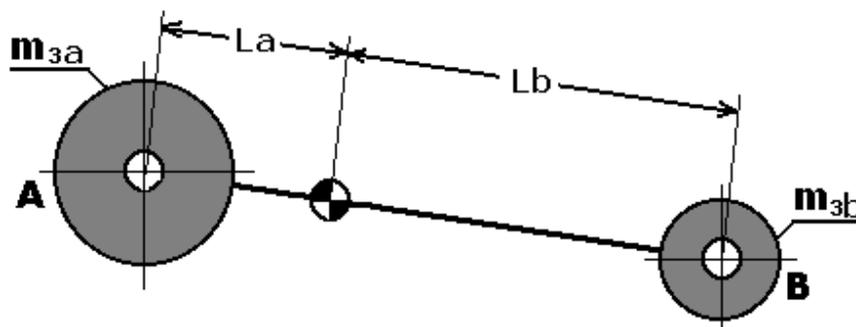
MASAS EQUIVALENTES

Para efectuar un análisis de fuerzas dinámicas completo de cualquier mecanismo, necesitamos conocer las propiedades geométricas (masa, centro de gravedad, momento de inercia) de los eslabones en movimiento.

“En el caso del mecanismo de manivela corredera la manivela está en rotación pura, y el pistón en traslación pura, la biela está en movimiento complejo. Para hacer un análisis dinámico exacto tenemos que determinar la aceleración lineal del CG (centro de gravedad) para todas las posiciones.”³¹

Para la biela vamos a utilizar un modelo aproximado el mismo que consiste en dos masas puntuales a cada extremo de la biela unidas por una barra rígida ideal que no tiene peso.

Gráfico 108 Modelo Aproximado de biela



FUENTE: Norton, Robert L. , Diseño de maquinaria, Mcgraw Hill

Para localizar el centro de gravedad equilibramos la biela sobre un punto de apoyo y medimos la distancia del punto de apoyo al centro de la cabeza de biela para determinar la longitud L_a , luego la restamos de la longitud de la biela para obtener L_b .

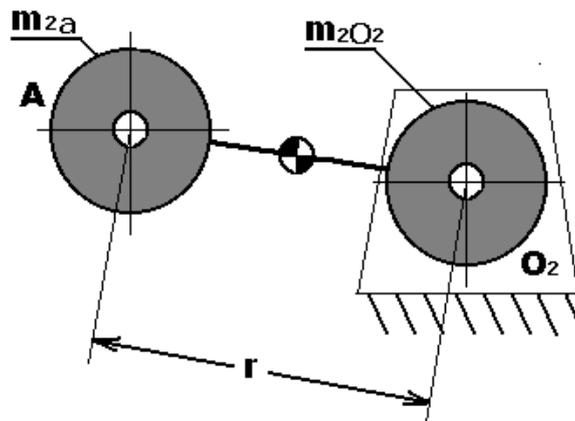
Con la masa de la biela y estas longitudes podemos determinar las masas puntuales en los extremos de la biela.

³¹ Norton, Robert L., Diseño de Maquinaria, McGraw Hill, Cap 14.

$$m_{3a} = m_3 \frac{lb}{la + lb} \qquad m_{3b} = m_3 \frac{la}{la + lb}$$

Podemos crear un modelo similar de masas concentradas de la manivela. Convendría hacer el modelo como una masa concentrada en A en una barra sin masa pivotada en O₂.

Gráfico 109 Modelo Aproximado de la manivela



FUENTE: Norton, Robert L. , Diseño de maquinaria, Mcgraw Hill

La masa concentrada m_{2a} puede ser colocada en el punto A para representar la manivela desequilibrada. La segunda masa concentrada, en el pivote fijo O₂ no es necesaria para ningún cálculo, ya que este punto es estacionario.

Estas simplificaciones llevan al modelo de parámetros agrupados del eslabonamiento de manivela-corredera mostrado en el gráfico 110.

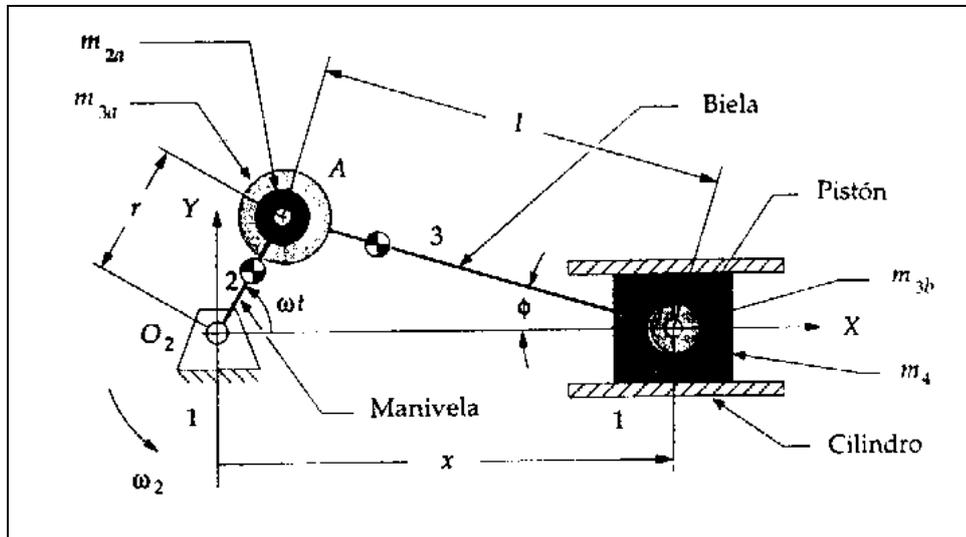
“El muñón de la manivela, punto A, tiene dos masas concentradas en él, la masa equivalente de la manivela m_{2a} y la porción de la biela m_{3a} . La suma es m_A . En el pasador del pistón, punto B, hay también dos masas concentradas, la masa del pistón m_4 y la porción restante de la biela m_{3b} . La suma es m_B . este modelo tiene masas que están en rotación pura (m_A) o en traslación pura (m_B), de modo que es muy fácil analizarlo dinámicamente.”³²

³² Norton, Robert L., Diseño de maquinaria, McGraw Hill, Cap 14

$$m_A = m_{2a} + m_{3a}$$

$$m_B = m_{3b} + m_4$$

Gráfico 110 Modelo Dinámico



FUENTE: Norton, Robert L., Diseño de maquinaria, McGraw Hill, Cap 14

FUERZAS DE INERCIA

La fuerza de inercia total F_i es igual a la suma de la fuerza centrífuga (de inercia) en el punto A y la fuerza de inercia en el punto B:

$$\vec{F}_i = -m_A \vec{a}_A - m_B \vec{a}_B$$

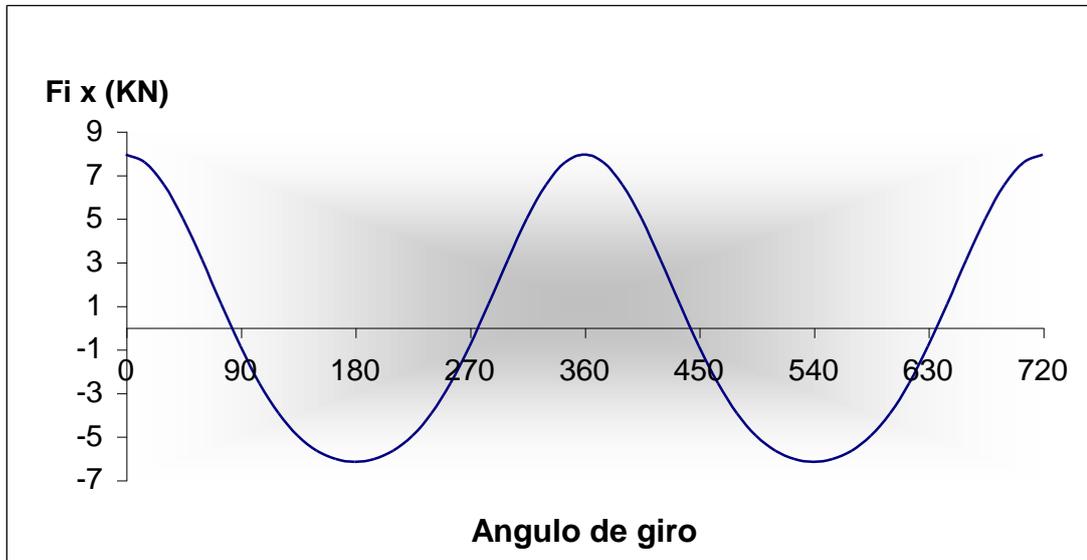
Separamos las componentes en X :fig3.57 , Y: fig 3.58

$$F_{i_x} = -m_A (-rw^2 \cos \alpha) - m_B \left[-rw^2 \left(\cos \alpha + \frac{r}{l} \cos 2\alpha \right) \right]$$

$$F_{i_y} = -m_A (-rw^2 \sin \alpha)$$

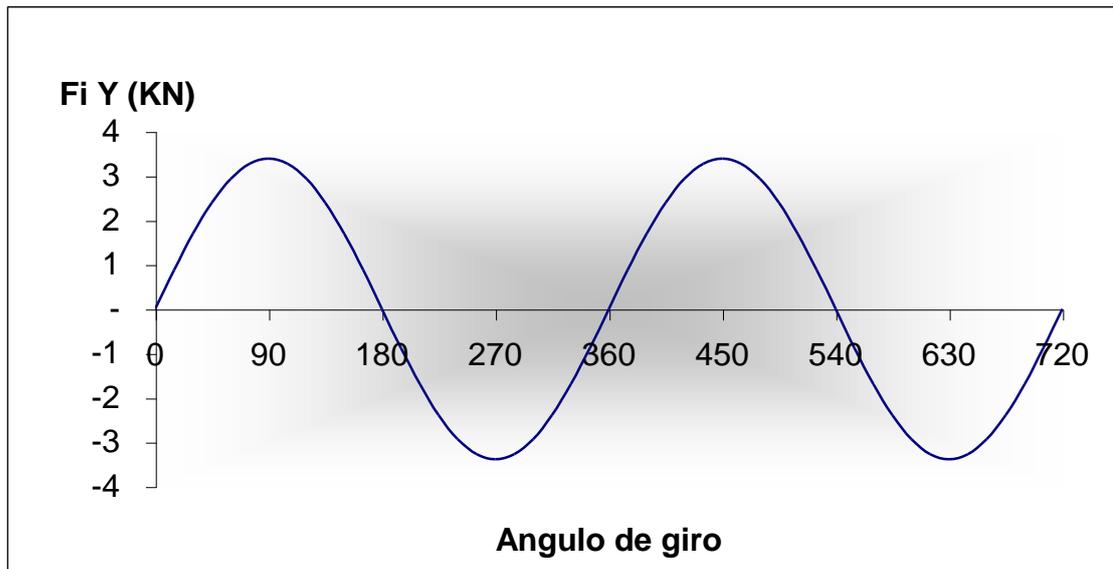
Aquí mostramos las curvas de fuerzas de inercia obtenidas por la hoja electrónica "dos tiempos. xls" para el motor Yamaha 125cc a 7500 rpm.

Gráfico 111 Fuerzas de Inercia en el eje X



FUENTE: Microsoft Excel , Motor dos tiempos .xls.

Gráfico 112 Fuerzas de Inercia en el eje Y



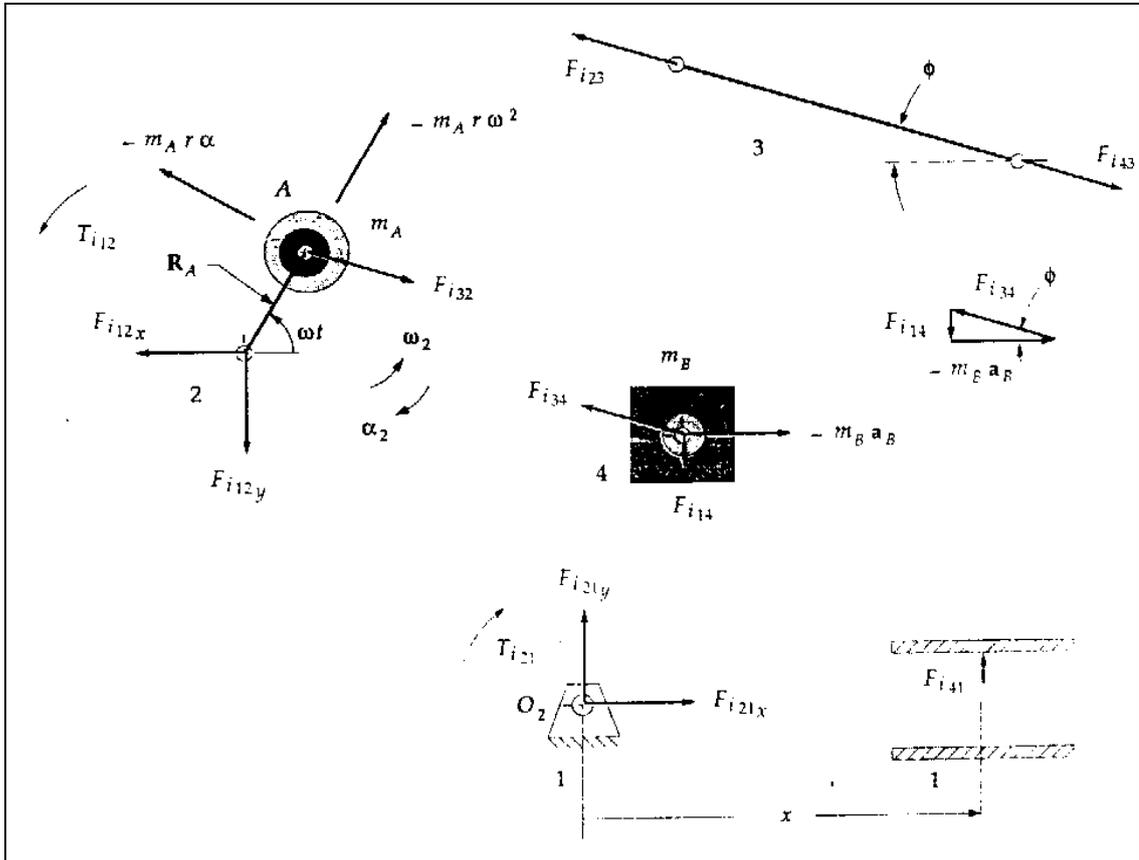
FUENTE: Microsoft Excel , Motor dos tiempos .xls

TORQUES DE INERCIA

El torque de inercia es el resultado de la acción de las fuerzas de inercia a un cierto brazo de momento. La fuerza de inercia en el punto A tiene 2 componentes radial y tangencial. (graf 113) La componente radial no tiene brazo de momento. La componente tangencial tiene como brazo el radio r de la

manivela. Si la velocidad angular de la manivela es constante, la masa en A no contribuirá al torque de inercia. La fuerza de inercia en B tiene brazo de momento, excepto cuando el pistón se encuentra en el PMS o en el PMI.

Gráfico 113 Diagramas de cuerpo Libre



FUENTE: Norton, Robert L. , Diseño de maquinaria, Mcgraw Hill, Cap 14

“Al igual que el torque de gas, podemos expresar el torque de inercia en términos de las fuerzas F_{i14} o F_{i41} , las cuales actúan siempre perpendiculares al movimiento de la corredera, y la distancia x que es su brazo de momento instantáneo en O_2 :”³³

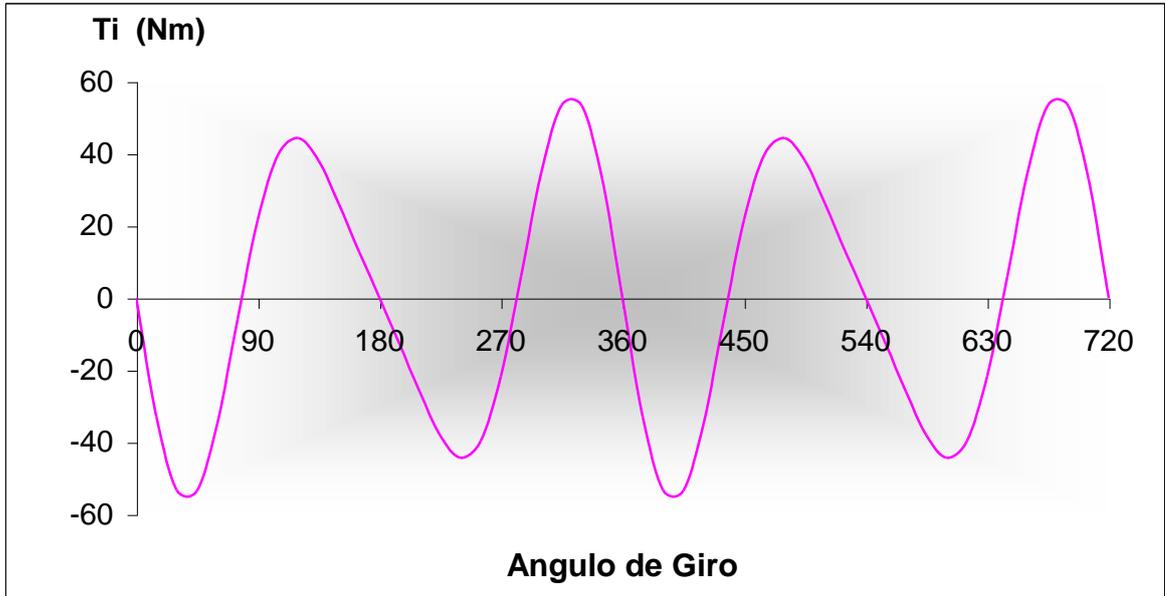
$$\vec{T}_{i21} = -(F_{i14} \otimes x) \vec{k}$$

Desarrollando la ecuación de manera parecida a la ecuación de torque de gas obtenemos una ecuación aproximada para calcular el torque de inercia:

³³ Norton, Robert L. , Diseño de maquinaria, Mcgraw Hill, Cap 14

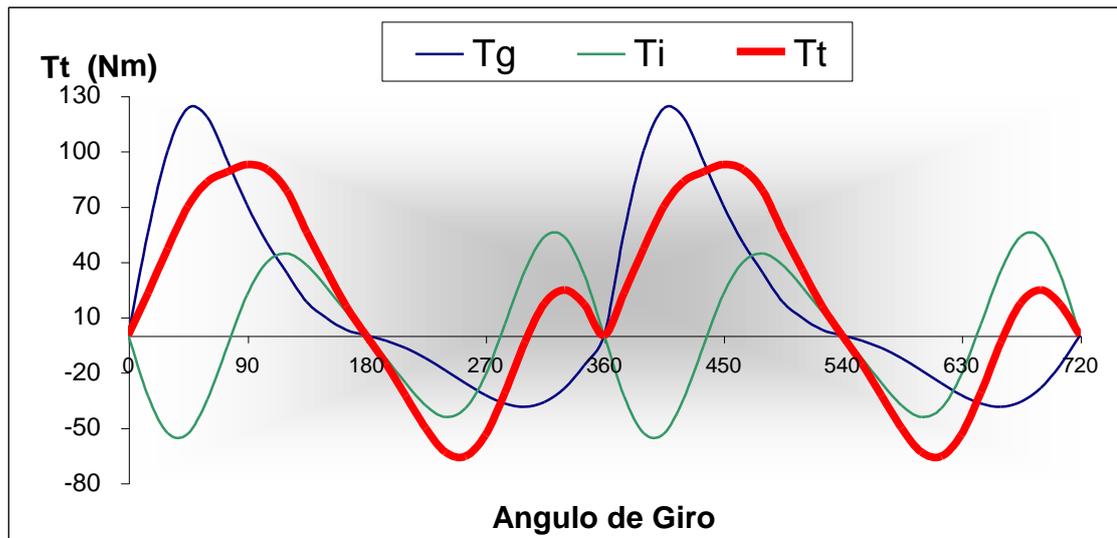
$$\bar{T}_i \cong m_B r^2 \omega^2 \left(\frac{r}{2l} \text{Sen}\alpha - \text{Sen}2\alpha - \frac{3r}{2l} \text{sen}3\alpha \right) \bar{k}$$

Gráfico 114 Torque de inercia



FUENTE: Microsoft Excel, dos tiempos.xls

Gráfico 115 Torque Total del motor (Tg+Ti)



FUENTE: Microsoft Excel, Dos tiempos.xls

TORQUE TOTAL DEL MOTOR.

El momento rotatorio total del motor es la suma del torque de gas y del torque de inercia. En el gráfico 115 podemos observar las curvas de torque de gas y de inercia sobrepuestas para formar el torque total.

$$T_{Total} = Tg + Ti$$

ALIGERADO DEL CIGÜEÑAL

Una de las intervenciones mas comunes , es el aligeramiento de los volantes del cigüeñal, con eso conseguimos que el motor alcance las revoluciones con mayor rapidez, ya que la fuerza centrífuga a vencer es menor. Pero la reducción de esta pieza es realmente complicado, ya que al reducir los volantes del cigüeñal, se aumenta el volumen del Espacio Nocivo, perjudicando al funcionamiento del motor, por eso, hay que reducir en igual medida ese espacio nocivo.

Gráfico 116 Cigüeñales de dos tiempos



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page28.html

Existen dos métodos para reducir ese espacio nocivo:

- Disminuir el espacio modificando el cárter.
- Disminuir el espacio colocando "arandelas espaciadoras "

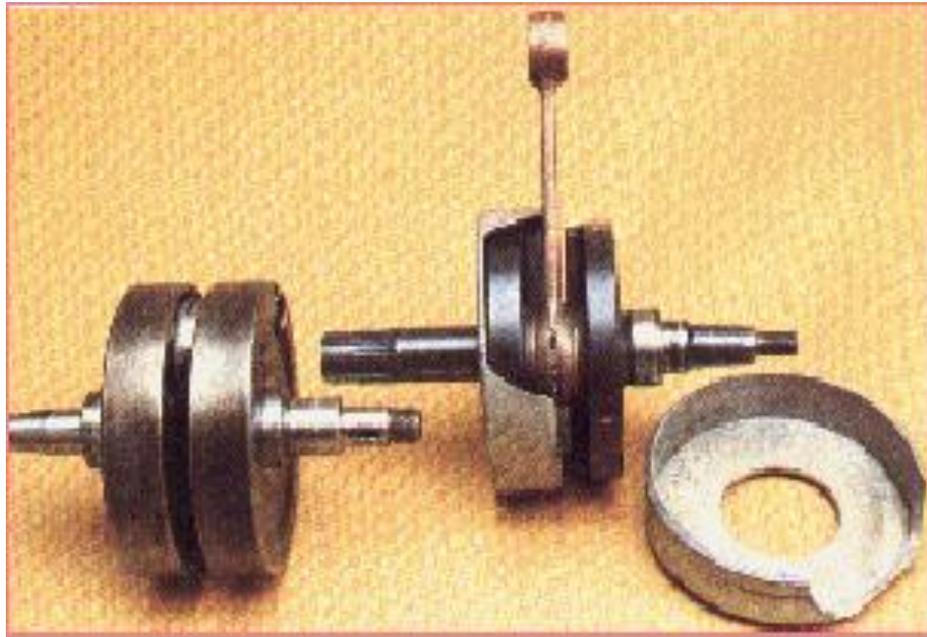
La disminución del espacio en el cárter, es la mas recomendada aunque también es la mas complicada, para eso, debemos de reducir su espacio con pastas en frío, que aguanten la temperatura a la que está sometida el cárter, que aproximadamente ronda sobre los 200° ya que es una zona apartada de la combustión y donde fluye mezcla fresca constantemente .

Una forma de hacerlo, manteniendo el mismo espacio nocivo que de origen, es medir , antes de rebajar el cigüeñal, la distancia entre el cárter y el volante del cigüeñal . Después de rebajarlo, se puede hacer en teflón, para no estropear el cigüeñal, un volante de cigüeñal de la misma medida que el volante rebajado, el cual previamente recubierto de un aislante para que no se adhiera a la pasta de relleno, se usará como plantilla, una vez seca la pasta, se tornea el cárter a la medida tomada anteriormente o a otra separación deseada

El segundo método, es el uso de unas "arandelas espaciadoras" que consiste en hacer unas piezas cuyo espesor es la medida exacta del rebaje del volante del cigüeñal, las cuales van alojadas a presión en el cárter para que queden fijas y el cigüeñal giren sobre ellas.

Este método, se puede ver en el gráfico 117 .Si el espesor es poco, se puede hacer con el agujero del brazo del cigüeñal, del tamaño del rodamiento, así nos facilitara la tarea a la hora de tener que sustituir un rodamiento, ya que sino , esta pieza quedaría por encima del rodamiento, tapándolo y obligándonos a tener que remover estos separadores para desalojar el rodamiento.

Gráfico 117 Arandelas Espaciadoras



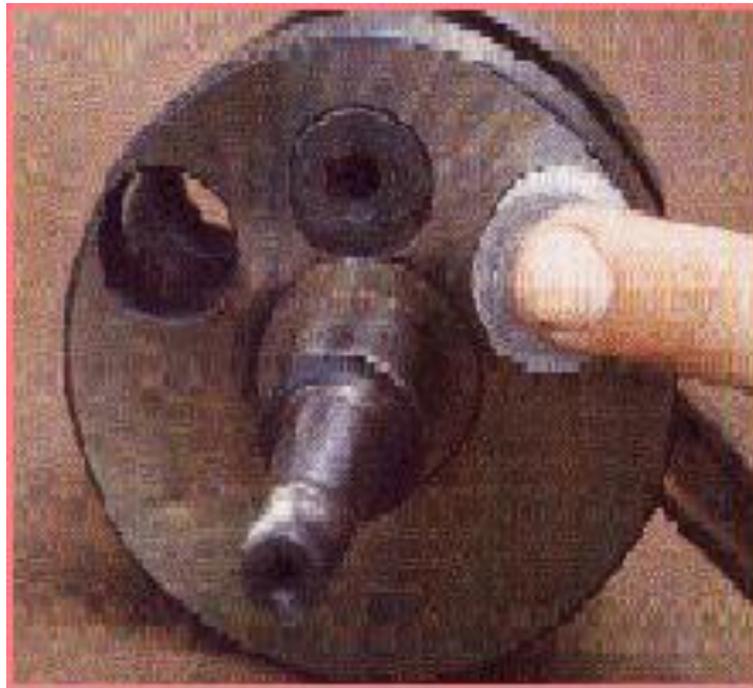
FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page29.html

EQUILIBRADO DEL CIGÜEÑAL

Para el equilibrado del cigüeñal hay que tener en cuenta la diferencia del peso de los componentes aligerados, como el pistón y la biela. Si se ha limado el pistón también hay que hacer la misma operación que con la biela, anotar el peso de origen y el peso aligerado, y siempre que se sustituya el pistón por otro nuevo, para que el funcionamiento sea al 100% .

La importancia de esta intervención no es mucha en los mono-cilíndricos, pero es fundamental en los pluri-cilíndrico, ya que la diferencia de peso de los componentes al encontrarse a alturas diferentes de giro del cigüeñal provoca vibraciones que se transmiten a otras partes del motor provocando roturas o desgastes prematuros por eso el equilibrado es fundamental e importantísimo.

Gráfico 118 Taponado de los orificios del cigüeñal



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page31.html

El taponado de los agujeros del cigüeñal, es típico para conseguir una velocidad de giro mas rápida (graf 118). El taponado se puede efectuar con un corcho, ligeramente mas grande que el tamaño del agujero del volante, que se introducirá a presión. El corcho pesa poquísimo y además con la humedad aumenta de tamaño quedando aprisionado contra el alojamiento.

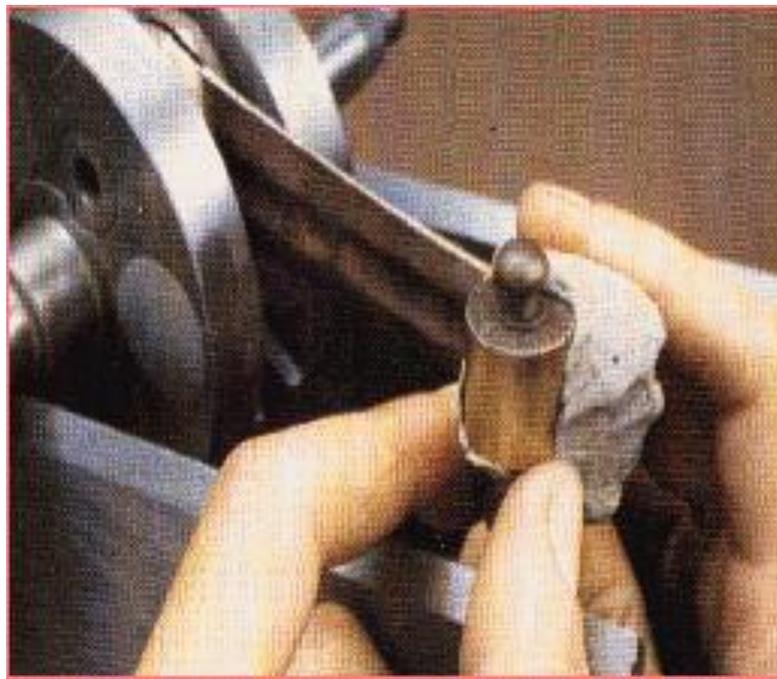
Actualmente, hay otros materiales como el teflón que también pesan poco y hacen la misma función solo que personalmente queda mucho mas ajustado y tiene una terminación mejor, este trabajo debe de realizarlo un tornero ya que hay que hacer el teflón a la medida e insertarlo con una prensa hidráulica.

Al efectuar el equilibrado, debemos de calcular los pesos de las piezas aligeradas y colocar unas del mismo peso siempre que se sustituyan . Si taponamos los agujeros del volante del cigüeñal con unos corchos, debemos de calcular el peso y colocar ese peso en el pie de biela para efectuar el equilibrado.

”Si el corcho peso 2 grmos, como suelen ser cuatro agujeros, nos dará un peso total de 8 grmos, que será el peso total junto con la masilla que colocaremos en el pie de biela.“³⁴

Si simplemente aligeramos la biela, tendremos que equilibrar el cigüeñal sin colocar ningún peso en el pie de biela, ya que no estamos aportando peso como en el caso de los corchos, sino quitando peso.

Gráfico 119 Colocación de una pesa en el pie de biela

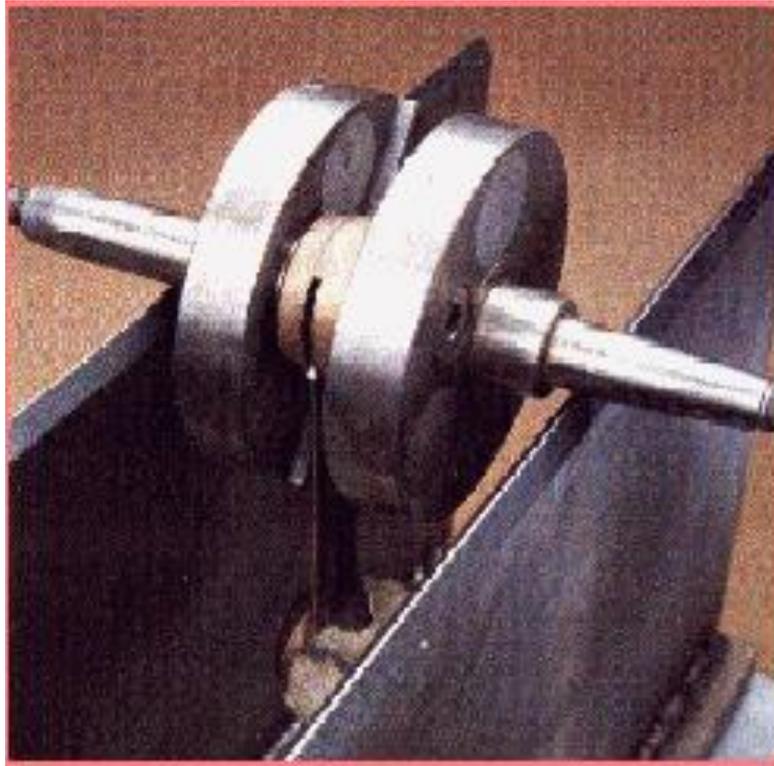


FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page32.html

Una vez calculado el peso, este se coloca en el pie de biela como podemos apreciar en el gráfico 119 y pasaremos a colocar el cigüeñal en el aparato de equilibrado como el del gráfico 120.

³⁴ fuente: www.galeon.com/motormecanica/page32.html

Gráfico 120 Aparato de equilibrado



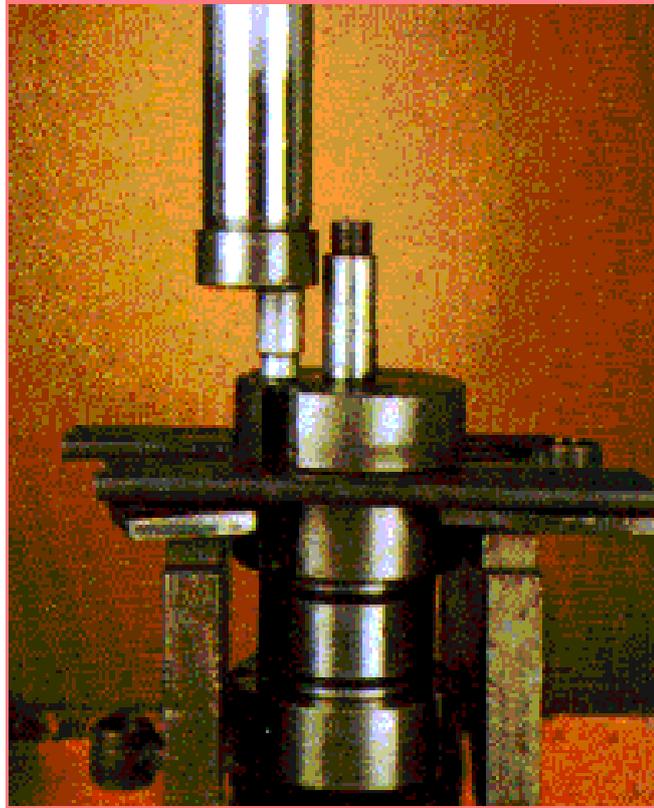
FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page32.html

Existe otro aparato que consiste en dos punteros que aprietan los brazos del cigüeñal por los orificios de centrado y es el que se usa para centrar el cigüeñal y que podemos también utilizar para el equilibrado. (gráfico 123).

Una vez colocado en el aparato de equilibrado, se procede a hacerlo girar y nos fijaremos en que posición se detiene. Hacemos la operación varias veces y si se para siempre en el mismo sitio, entonces tenemos que quitar material en ese punto con un taladro, haciendo una pequeña marca en la base del volante del cigüeñal.

Repetimos la operación tantas veces como sea necesario. El equilibrado será correcto cuando el cigüeñal no se para siempre en el mismo sitio.

Gráfico 121 Prensado del muñón del cigüeñal



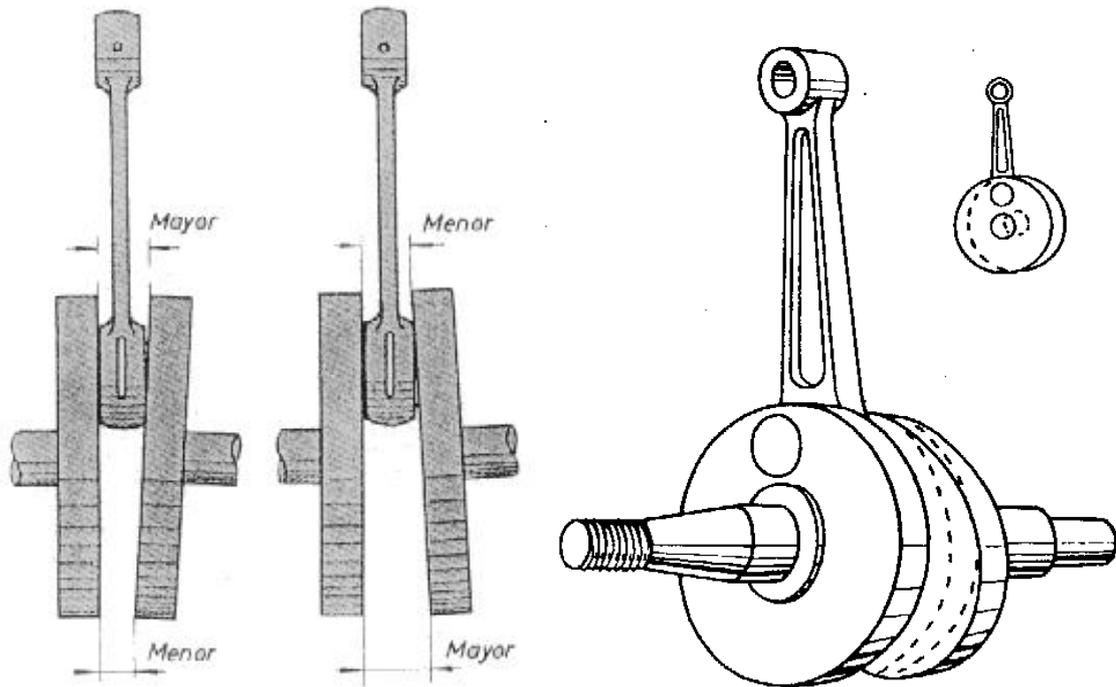
fuente: www.galeon.com/motormecanica/page33.html

En estas figuras, se puede ver tres procesos de intervención en el cigüeñal:

El gráfico 121 se muestra como hay que posicionar el cigüeñal a la hora de quitar o colocar el bulón de la biela, para que no sufra ninguna deformación durante el prensado, ya que ocasionaría problemas serios e irreparables.

El gráfico 122, nos muestra de manera exagerada las posibles errores que pueden ocurrir al armar el cigüeñal como son la diferencia de distancia entre las pesas del cigüeñal medidas en todos los puntos de su circunferencia. Es decir, que los volantes del cigüeñal tienen que estar a lo largo de todo el perímetro de su circunferencia a la misma distancia entre sí. Y la falta de concentricidad de las contrapesas que produce oscilaciones no recomendables en el cigüeñal.

Gráfico 122 Posibles errores de armado del Cigüeñal



FUENTE: motor de dos tiempos , Ceac ,pag 78,80

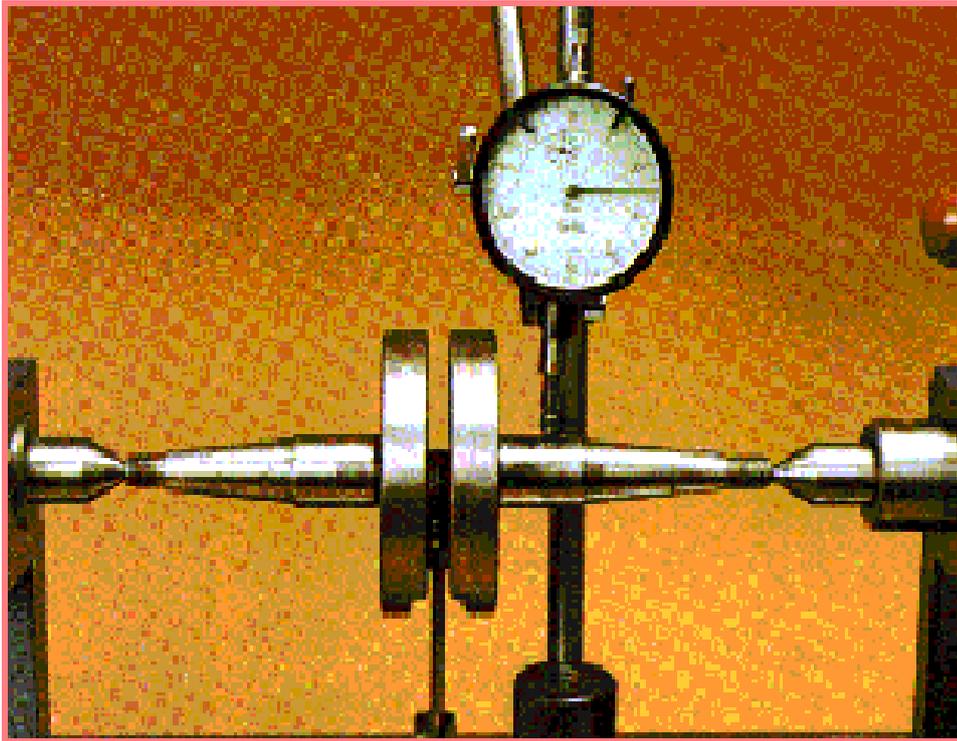
En el gráfico 123 se hace el control del equilibrado con una maquina especial con un micrómetro incorporado, el cual nos facilitará el máximo control de las oscilaciones verticales. Este control es importantísimo, ya que gran parte de las roturas de los brazos del cigüeñal se producen por un equilibrado inadecuado produciendo muchas vibraciones verticales provocando la rotura del brazo y el destrozado de los rodamientos del cigüeñal.

ALIGERADO DE LA BIELA

Las bielas se componen de tres partes:

El pie de biela (que es la parte superior, donde se aloja el bulón del pistón) la cabeza de biela (que es la parte inferior, donde se aloja el bulón del cigüeñal) y el cuerpo de biela (que une estas dos parte). la longitud del cuerpo de biela que une estas dos partes, no influye para nada a la carrera, ya que la carrera la da el alojamiento del cigüeñal con la biela, que esté mas o menos alejado del centro de la circunferencia del cigüeñal. Lo que si hace, es que el giro sea mas rápido o mas lento, según su longitud.

Gráfico 123 Control de equilibrado del cigüeñal



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page33.html

La biela sólo transmite el movimiento circular del cigüeñal y lo transforma en uno lineal (recto) del pistón. La longitud de la biela, influye en que ese motor sea mas o menos rápido, pero no solamente porque tenga que efectuar mas recorrido, sino porque al tener menor recorrido las lumbreras están mas próximos unas de otras consiguiendo una distribución con barridos mas rápidos.

Tanto la cabeza de biela como el pie de biela están confeccionados con un metal "antifricción" o "BABBITT" que generalmente es una aleación de plomo estaño y antimonio con pequeñas cantidades de cobre y níquel, son metales bastante blandos y es necesario que estén bien preparados y LUBRICADOS. También se usan aleaciones de bronce y plomo (cobre plomado) y otras de zinc, cobre y Aluminio con mejor resistencia mecánica que el babbitt convencional.

Hay que tener en cuenta que los motores vienen preparados para soportar unas revoluciones y una carga determinada en definitiva un roce y un calor determinado, pero las piezas no vienen al límite de su resistencia, tienen que garantizar una fiabilidad y ese margen suele ser bastante amplio, por eso, es ahí donde nosotros tenemos que aprovechar ese margen, preparando la piezas para sacar el máximo rendimiento y por supuesto crear el engrase suficiente para que el aumento de revoluciones no genere un exceso de calentamiento.

Antes de aligerar la biela debemos de pesar en una bascula de precisión el peso exacto para efectuar el equilibrado del cigüeñal. El aligeramiento hay que hacerlo de una forma determinada para no debilitar en exceso este componente, y como estamos consiguiendo que nuestro motor gire mas rápido de vueltas, tendremos también que favorecer el engrase de la jaula de agujas que se encuentran tanto en la cabeza como en el pie de biela, sustituirla por una jaula de calidad que aguante el aumento de las revoluciones a las que vamos a someter nuestro motor .

Si no tenemos en cuenta estos detalles, puede ocurrir que la biela rompa, bien por dejarla debilitada en exceso o por agarrotamiento por falta de engrase. La causa fundamental de la fractura normalmente se debe al agarrotamiento por falta de engrase, ya que por debilitamiento habría que rebajarla de una forma inadecuada o en exceso.

En el gráfico 124 podemos ver dos bielas, la inferior es la biela de origen y la superior la biela rebajada en el cuerpo en forma de cuchillo para evitar el rozamiento y en la cabeza y pie de biela un rebaje para aligerar el peso, como se puede apreciar con mayor detalle en el gráfico 125.

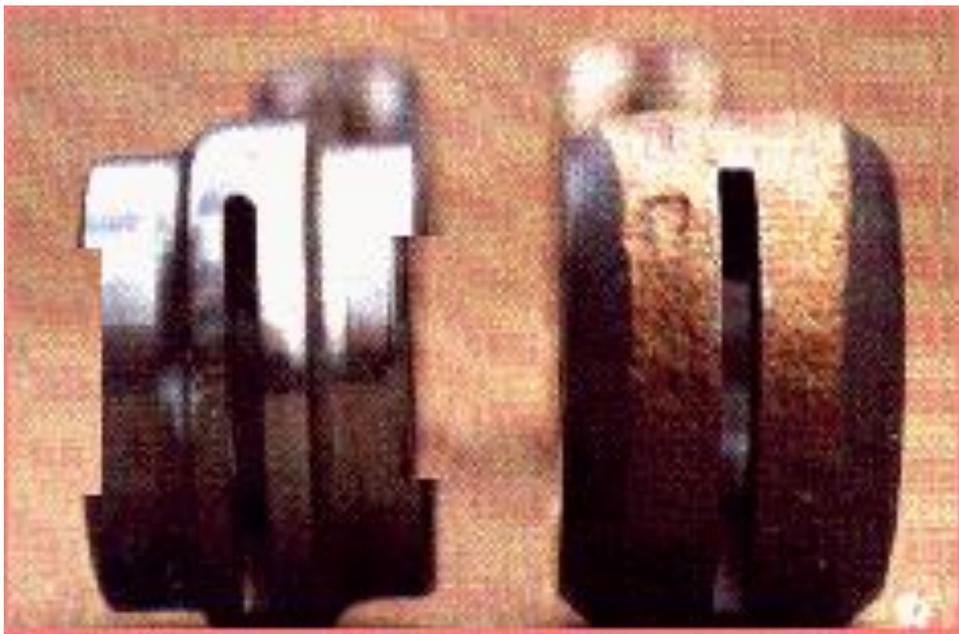
Si el motor tiene mas de una biela, debemos de conseguir el mismo peso en cada una de ellas

Gráfico 124 Aligeramiento de la biela



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page30.html

Gráfico 125 Rebaje en el pie de biela



FUENTE: www.galeon.com/motormecanica/page30.html

El engrase de la jaula de agujas , lo podemos favorecer de dos maneras:

1º.- Agrandando la ranura de engrase, tarea delicada porque podemos dañar el Babbitt .

2º.- Efectuar unos rebajes en la cabeza y pie de biela como se muestra en la grafico 125 Tenemos que tener también cuidado de no hacer estos rebajes excesivamente grandes, el tamaño ideal puede ser aquel que al poner las arandelas de separación, se puedan ver ligeramente las cabezas de las agujas. Si se rebaja de más, corremos el riesgo de que los rodillos de las agujas tengan muy poca superficie de contacto y con el giro excesivo, se produzca un desgaste precipitado en esos puntos, además la jaula de agujas puede producir ruido o silbido que nos indica un mal ajuste o funcionamiento de dicha pieza.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS REALIZADOS EN EL MOTOR

Después de hacer las modificaciones en el motor de dos tiempos Yamaha 125, se procedió a realizar una nueva prueba para determinar de que manera fueron afectadas las curvas básicas del motor . a continuación se muestran los datos obtenidos:

ENSAYO DE VARIACIÓN DE VELOCIDAD CON ACELERACIÓN CONSTANTE

TABULACIÓN DE DATOS

Tabla 14 Condiciones de la prueba e información complementaria final

Motor	Yamaha 125 2T	Rc	9:1 ³⁵	Bpalanca	265 mm
N° cil	1	densidad	760Kg/m ³	T amb	21.5 °C
D	56 mm	Qneto	44 MJ/kg	P amb	547 mmhg
S	50 mm	Vol prueba	25 cc	R transm	3.8947 (4ta)
VH	123 cc	aceleración	100 %		

FUENTE: Laboratorio de motores ESPE- Matriz y Motor Yamaha 125 cc 2T

Tabla 15 Datos obtenidos del banco de pruebas(motor modificado)

t e s t	Velocidad del eje de salida	Revoluciones	Tiempo	Velocidad del motor	Fuerza	Tempera- tura del escape
#	Rpm	#	seg	rpm	Newton	°C
1	1194.00 ³⁶	796	40	4650.27	53	540
2	1296.40	780	36.1	5049.08	55	570
3	1398.26	804	34.5	5445.81	58	590
4	1492.86	836	33.6	5814.23	62.5	580
5	1612.50	645	24	6280.20	62	590
6	1701.33	638	22.5	6626.18	64.8	590
7	1791.55	636	21.3	6977.55	63	590
8	1893.94	625	19.8	7376.33	60	590
9	2010.47	640	19.1	7830.18	43	590
10	2110.00	633	18	8217.82	35	590

FUENTE: Banco de Pruebas TE15-Plint ,Laboratorio de motores ESPE- Matriz

³⁵ Notese que la relación de compresión ha sido aumentada en tres puntos, debido al cepillado del cabezote.

³⁶ Indica que con el frenado máximo del banco de pruebas se logra frenar el motor a 1214 rpm en el eje de salida, con lo que se puede notar la subida de potencia del motor , ya que en las pruebas con el motor STD con frenado máximo se logro frenar el motor hasta 834 rpm en el eje de salida del motor.

TABLA 16 Resultados obtenidos del motor modificado.

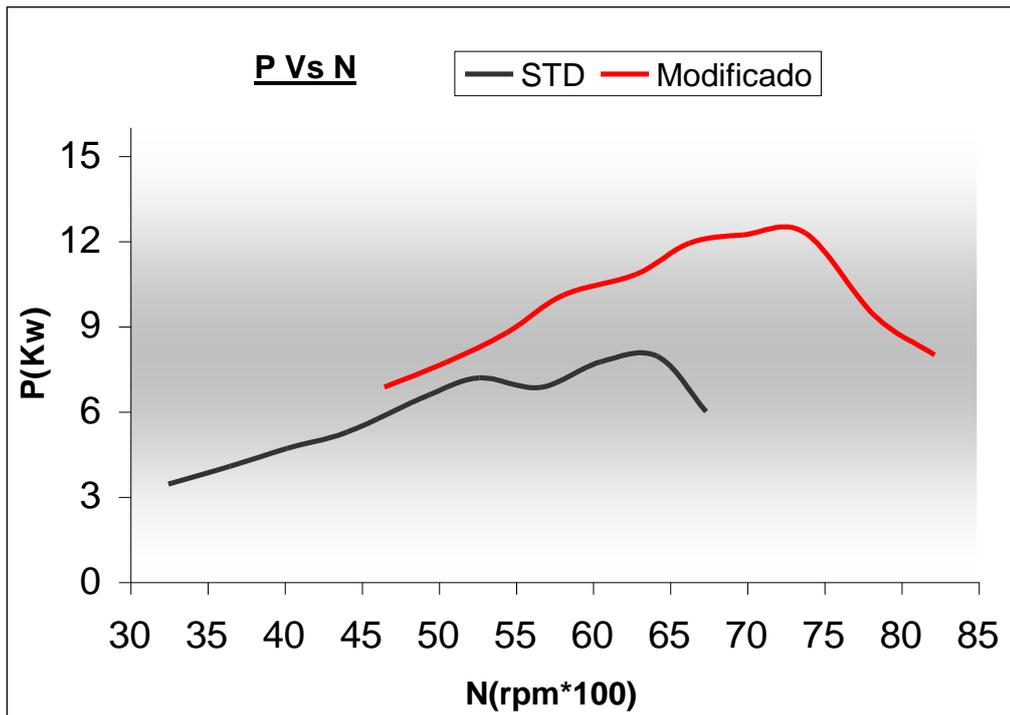
TEST	MOTOR				COMBUSTIBLE		EFICIENCIA	
	Nmot rpm	Tq Nm	Pf Kw	PMEF KPa	Mc Kg/h	CEC Kg/Kwh	Nt %	Vd M ³ /h
1	4650.27	14.045	6.84	2790.87	1.7100	0.2500	9	8.822
2	5049.08	14.575	7.71	2896.19	1.8947	0.2459	6	9.579
3	5445.81	15.37	8.77	3054.16	1.9826	0.2262	5	10.332
4	5814.23	16.562	10.08	3291.12	2.0357	0.2019	4	11.031
5	6280.20	16.43	10.81	3264.79	2.8500	0.2638	6	11.915
6	6626.18	17.172	11.92	3412.23	3.0400	0.2551	0	12.571
7	6977.55	16.695	12.20	3317.45	3.2113	0.2632	7	13.238
8	7376.33	15.9	12.28	3159.48	3.4545	0.2813	0	13.994
9	7830.18	11.395	9.34	2264.29	3.5812	0.3833	6	14.855
10	8217.82	9.275	7.98	1843.03	3.8000	0.4761	0	15.591

FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

CURVAS COMPARATIVAS DEL MOTOR YAMAHA 125 STD Y MODIFICADO.

POTENCIA

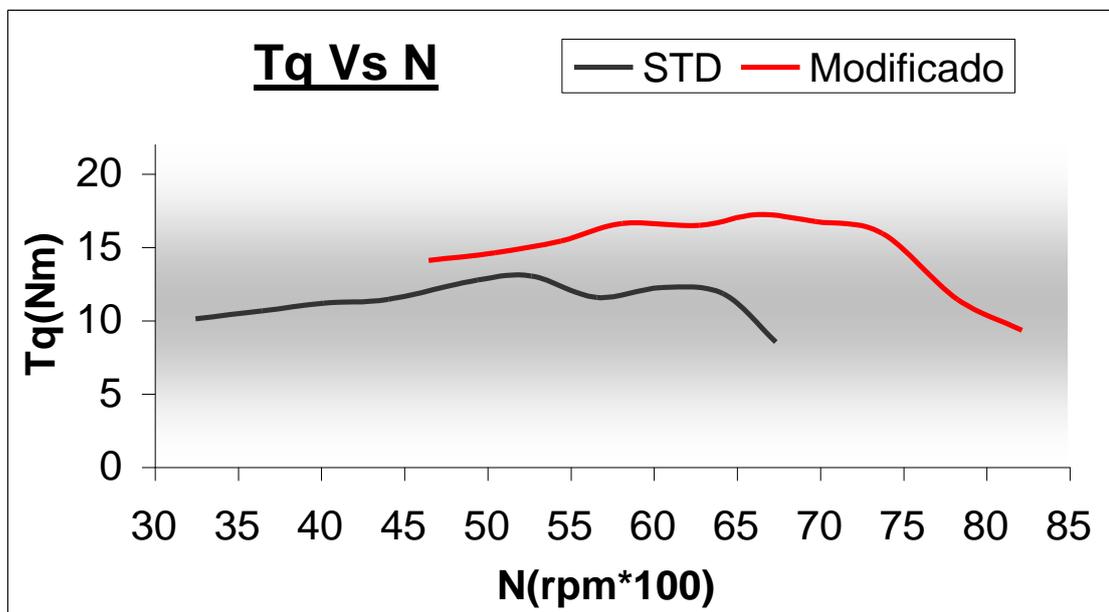
Gráfico 126 Curvas de Potencia en función de RPM



FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

TORQUE

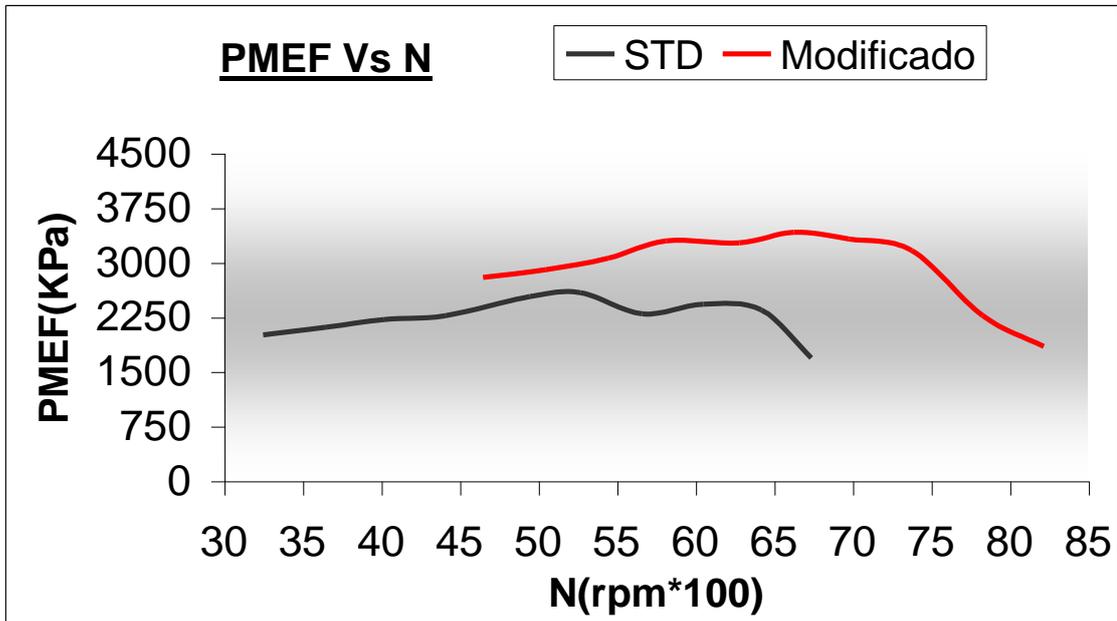
Gráfico 127 Curvas de Torque en función de RPM



FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

PRESIÓN MEDIA EFECTIVA AL FRENO

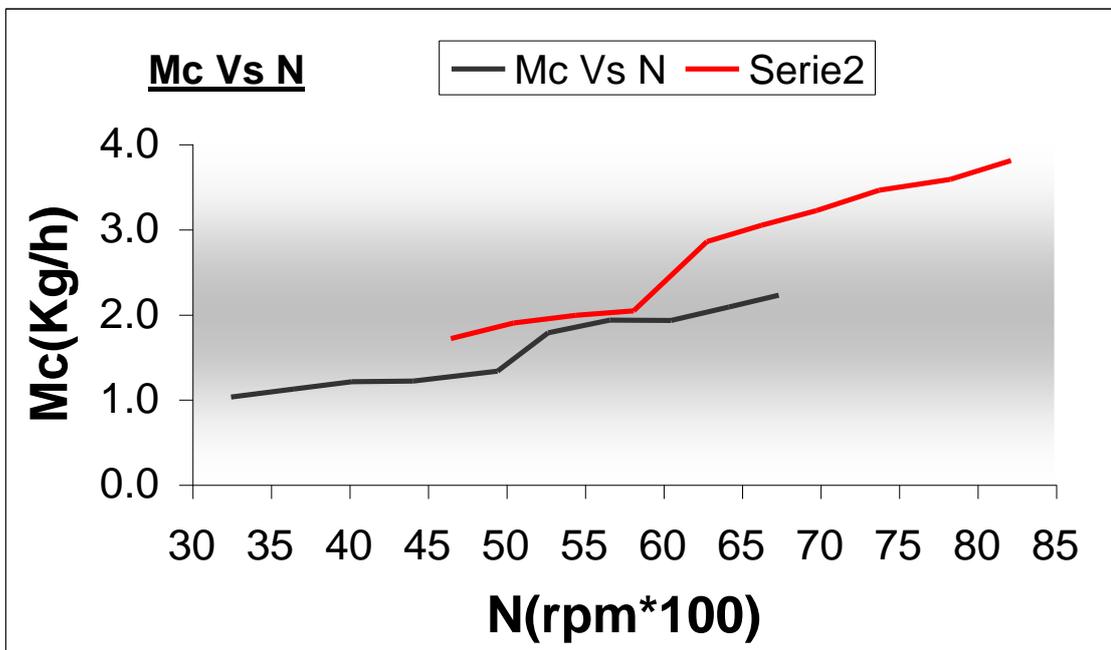
Gráfico 128 Curvas de PMEF en función de RPM



FUENTE: Motor dos tiempos. xls, Investigador Felipe Fiallo

CONSUMO MÁSIICO DE COMBUSTIBLE

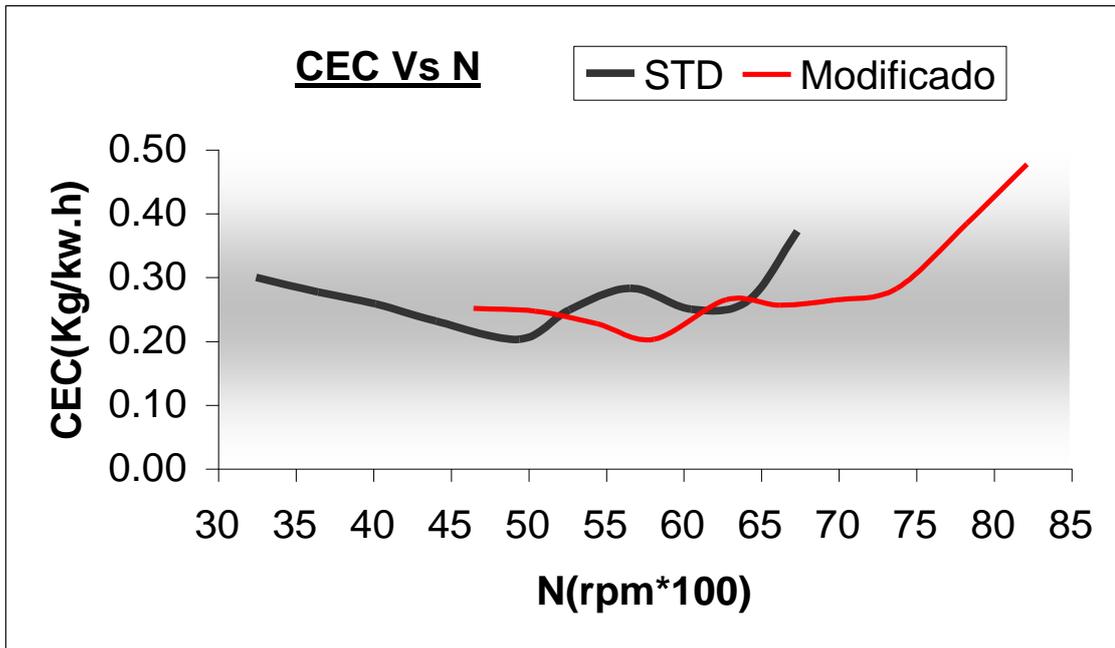
Gráfico 129 Curvas de Consumo másico en función de RPM



FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

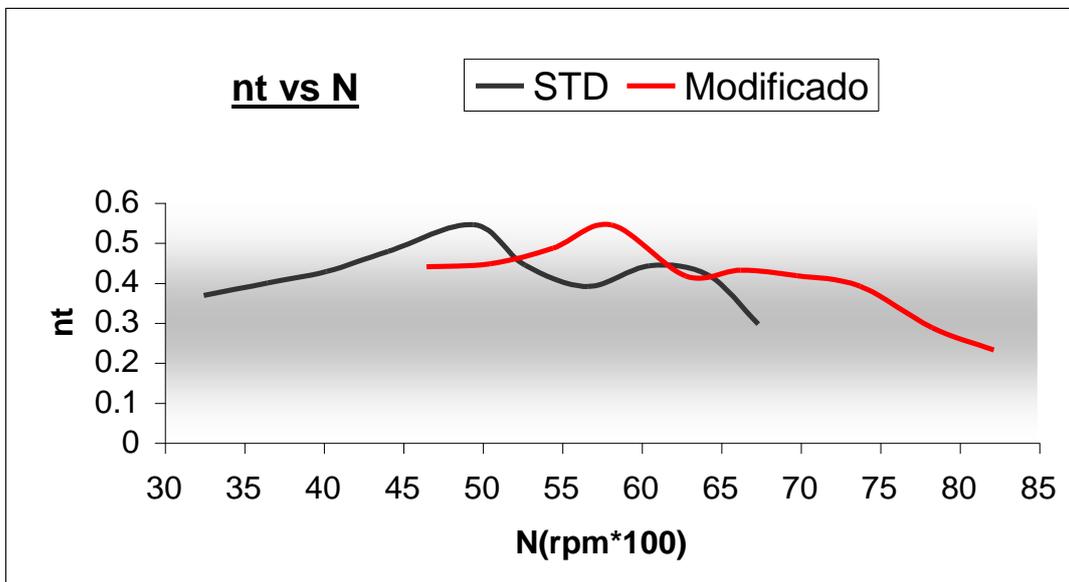
Gráfico 130 Curvas de CEC en función de RPM



FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

RENDIMIENTO TÉRMICO

Gráfico 131 Curva de Rendimiento en función de RPM



FUENTE: Motor dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

MODIFICACIONES EN LAS LUMBRERAS

LUMBRERA DE ESCAPE

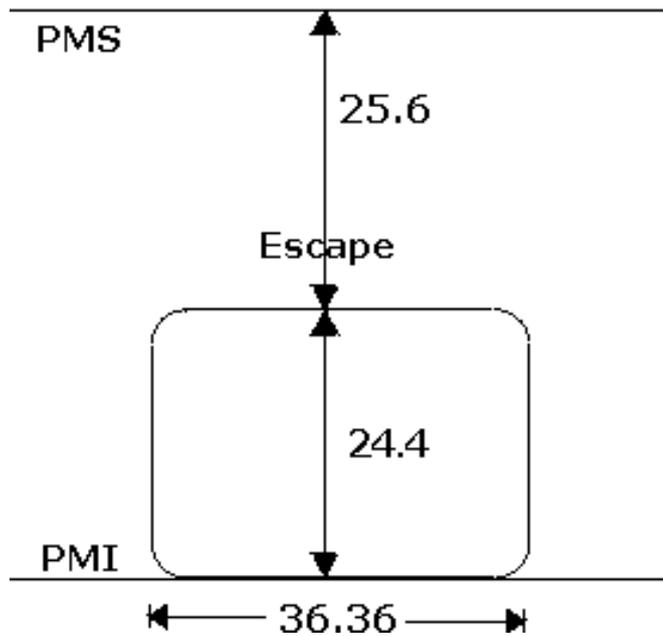
Como se hizo notar en el capítulo 3, la modificación de la lumbrera de escape es la que contribuye a una mayor potencia punta. Por esto para modificar la lumbrera se tomo en cuenta el tiempo superficie con el que se logra la potencia punta con el motor STD, y se procuró lograr este mismo Tiempo –superficie, para el régimen de 7500 rpm al que se propuso optimizar el motor. Esto se puede notar claramente en la tabla 17 donde se ha remarcado estos puntos. Además se pulió los conductos para contrarrestar pérdidas por fricción en las paredes.

Tabla 17 “Tiempo-Superficie”³⁷ de la lumbrera de escape

N Rpm	T-S (STD) (s.mm²/cc)10⁻³	T-S (Modificado) (s. mm²/cc)10⁻³
1500	81.54	94.49
2050	59.66	69.14
2600	47.04	54.51
3150	38.83	44.99
3700	33.06	38.31
4250	28.78	33.35
4800	25.48	29.53
5350	22.86	26.49
5900	20.73	24.02
6450	18.96	21.97
7000	17.47	20.25
7550	16.20	18.77
8100	15.10	17.50

Gráfico 132 Nuevas dimensiones de la lumbrera de escape

³⁷ Tiempos superficie: ver capítulo 3 , pag 69



FUENTE: Motor Yamaha 125 Modificado.

La lumbrera de escape se abre 25.6 mm DPMS, el escape dura 192°

ANCHURA ADMISIBLE DE LA LUMBRERA DE ESCAPE

El límite práctico para motores de carreras es de entre el 70 y 80% del calibre del cilindro.

Calibre del cilindro= 56mm

Anchura máxima admisible: de 39.2 a 44.8mm

Ancho lumb(STD) = 38mm

Ancho lumb rectangular= 34.8mm

Ancho lumb(modificada) = 39.95mm

Ancho lumb rectangular= 36.36³⁸

(Se encuentra dentro del margen)

LUMBRERAS DE CARGA

No se aumento el tamaño de las mismas, por ende tampoco el valor de su Tiempo- superficie, al mantenerlas en su tamaño original garantizamos un buen barrido de los gases en el cilindro.

³⁸ Ver Cap 3 pagina 90 "Coeficientes para calcular el área rectangular de las lumbreras"

Se las orientó de tal manera que un flujo de gases importante vaya hacia la cabeza del pistón y hacia el centro del cilindro, obteniendo un buen rendimiento a regímenes altos

Además se pulió los conductos y se afiló los tabiques para mejorar el flujo de gases hacia el cilindro.

LUMBRERAS DE ADMISIÓN

El flujo de admisión tenía una restricción: que se encontraba en las ventanas del pistón las mismas que se agrandaron para mejorar el ingreso de gases frescos al cárter, y a su vez mejorar la lubricación del pistón.

Esto se puede ver claramente en el gráfico 133, donde se muestra el pistón antes y después de modificar.

Gráfico 133 Ventanas de Admisión del pistón STD y Modificado



FUENTE: Motor Yamaha 125, Investigador Felipe Fiallo

CALCULO DE EL ÁREA DE LA CAJA DE LÁMINAS FINAL

$$\text{Alto} = 8.775 \text{ mm}$$

$$\text{Ancho} = 14.925 \text{ mm}$$

$$\text{Área VL} = 8.775 * 14.925 * 4$$

$$\text{Área VL} = 523.86 \text{ mm}^2$$

$$D_{\text{Carb}} = 31.7 \text{ mm}$$

$$A_{\text{Carb}} = 789.24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area VL óptima} = 789.24 * 0.85$$

$$\text{Area VL óptima} = 670.85 \text{ mm}^2$$

En este caso la válvula de láminas tiene que ser agrandada para cumplir con el requisito de tener del 80 al 90 % del área de paso del carburador.

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN FINAL

$$\text{Diámetro} = 56 \text{ mm}$$

$$\text{Carrera} = 50 \text{ mm}$$

$$V_3 = 7.8 \text{ cc}$$

$$\text{Cilindrada} = 123 \text{ cc}$$

$$\text{Altura del escape} = 24.4 \text{ mm}$$

$$\text{Altura de compresión} = 25.6 \text{ mm}$$

$$V_2 = \text{Cilindrada} * \frac{\text{alt.comp}}{\text{carrera}}$$

$$Rc = \frac{V_2 + V_3}{V_3}$$

$$V_2 = 123 * \frac{25.6}{50}$$

$$Rc = \frac{68.88 + 7.8}{7.8}$$

$$V_2 = 62.97 \text{ cc}$$

$$Rc = 9.07$$

Al rebajar la culata la banda de squish se ajusto a una medida de 0.5mm

CALCULO DE LA MEJORA DE BOMBEO DEL CÁRTER

Volumen inferior del pistón: 81 cm^3

Volumen de la cámara circular del cárter STD = 353.3 cm^3

Volumen de la cámara circular del cárter Modificado = 307.59 cm³

Volumen de los conductos de carga = 138 cm³

Volumen del cárter vacío³⁹ = 81 + 353.3 + 138 = 572.3 cm³

Elementos que están dentro del cárter

Pesas STD = 339.61 cm³

Pesas Modificado = 322.28 cm³

Bulón cigüeñal = 14.37 cm³

Biela (incluido cojinetes) = 25.16 cm³

Espacio Nocivo STD= 193.17 cm³

Espacio Nocivo Modificado= 164.78 cm³

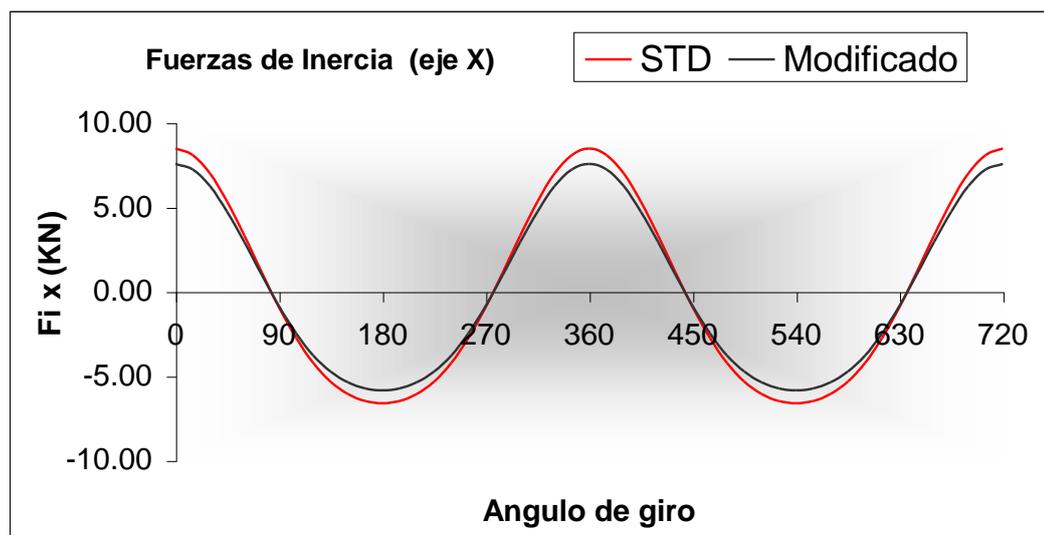
Relación de compresión del cárter STD = (123+193.17)/193.17 = 1.63

Relación de compresión del cárter Modific = (123+164.78)/164.78 = 1.74

FUERZAS DE INERCIA

En las curvas mostradas podemos observar como se ha reducido las fuerzas de inercia tanto en X como en Y, debido a el aligeramiento del tren alternativo.

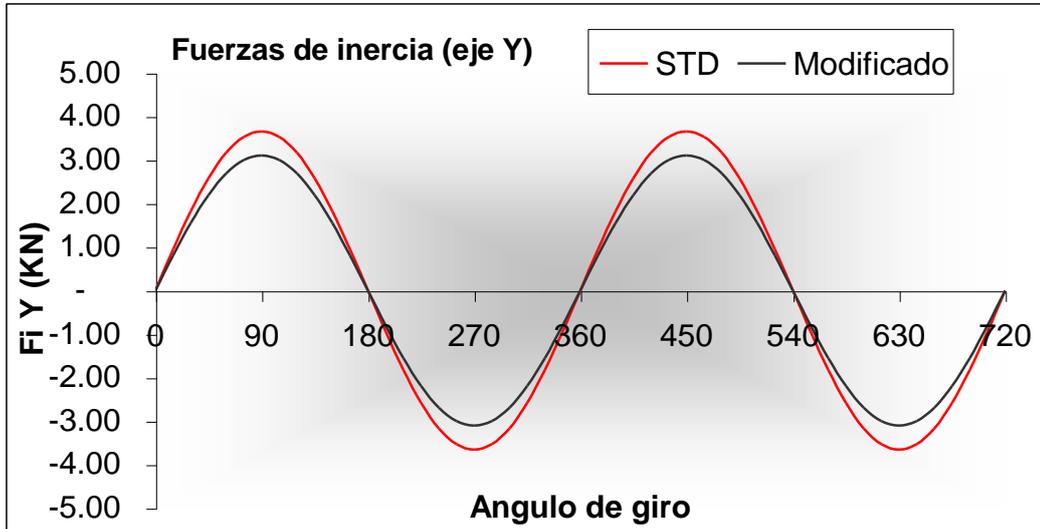
Grafico 134 Fuerzas de inercia en el eje X (STD y Modificado)



FUENTE: Microsoft Excel, Dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

³⁹ El Cárter vacío se refiere al volumen comprendido dentro del cárter propiamente dicho sin considerar el volumen que ocupan los elementos móviles como son: el cigüeñal, la biela, etc.

Gráfico 135 Fuerza de inercia en el eje Y (STD y Modificado)



FUENTE: Microsoft Excel, Dos tiempos.xls, Investigador Felipe Fiallo

ANEXOS

ALIGERAMIENTO DEL TREN ALTERNATIVO

Gráfico 136 Biela STD



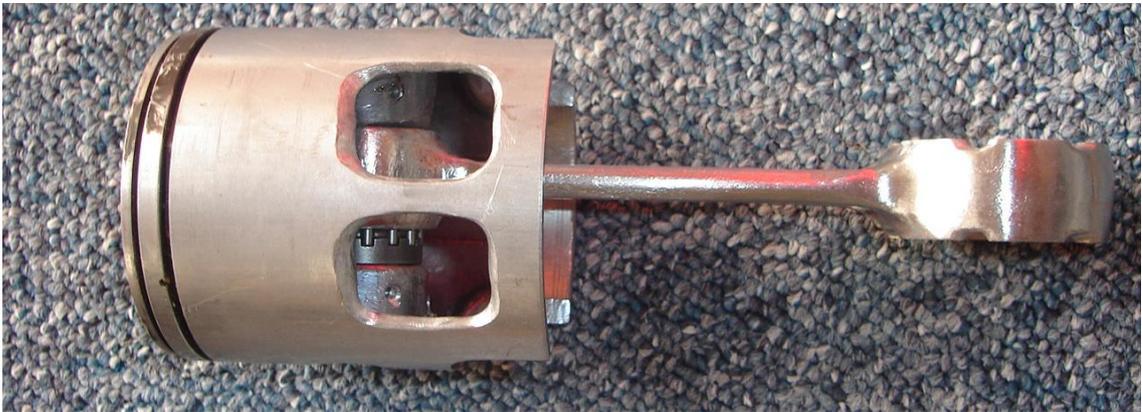
FUENTE: Motor Yamaha 125 2T

Gráfico 137 Biela Modificada



FUENTE: Motor Yamaha 125 2T

Gráfico 138 Pistón y biela modificados



FUENTE: Motor Yamaha 125 2T

Gráfico 139 Pesas STD



FUENTE: Motor Yamaha 125 2T

Gráfico 140 Pesas Modificadas



FUENTE: Motor Yamaha 125 2T

MEJORA DE LAS LUMBRERAS

Gráfico 141 Lumbrera de escape pulida



FUENTE: Motor Yamaha 125 2T

Gráfico 142 Lumbrera de escape y carga pulidas



FUENTE: Motor Yamaha 125 2T

Gráfico 143 Pulido general de las lumbreras



FUENTE: Motor Yamaha 125 2T

CÁMARA DE EXPANSIÓN DISEÑADA PARA EL MOTOR YAMAHA 125

Gráfico 144 Cámara de expansión



FUENTE: Motor Yamaha 125 2T

CONCLUSIONES:

- Mediante la información contenida en este proyecto se ha logrado comprender los factores que afectan el rendimiento de un motor de dos tiempos, para de esta manera aplicarlos en el diseño de mejoras, las mismas que se traducen en una elevación significativa del rendimiento del motor .
- Se ha diseñado y fabricado una cámara de expansión para un motor de dos tiempos, y se ha comprobado su efectividad en un régimen de giro determinado, mediante la toma de datos en el banco de pruebas.
De aquí la vital importancia del uso de una cámara de expansión en los motores de dos tiempos para garantizar un rendimiento óptimo del motor.
- Se determinó que el factor preponderante en un motor de dos tiempos es la altura de la lumbrera de escape, ya que esta es la que define el comportamiento general del motor y sus características de potencia.
- Se determinó que en el caso de las lumbreras de carga o tranfers, el factor mas importante, es el direccionamiento de las mismas, ya que de este depende el barrido de gases combustionados hacia el exterior, y la turbulencia necesaria para no permitir que los gases frescos salgan por la lumbrera de escape.
- Se analizó la importancia que tiene la hermeticidad y el volumen del cárter en un motor de dos tiempos, para garantizar las presiones necesarias en el interior del motor y obtener un flujo de gases eficiente desde y hacia el cárter.
- Se determino que el valor de relación de compresión del motor de dos tiempos depende de la altura de la lumbrera de escape.

- Se determino la importancia del uso de una válvula de láminas para mejorar el rendimiento de la admisión al cárter de los motores de dos tiempos modernos.

RECOMENDACIONES:

- El momento de realizar los trabajos de desmontaje de la biela se recomienda utilizar una prensa que genere por lo menos una presión de 7 toneladas, y será necesario marcar las pesas del cigüeñal para evitar descentramiento el momento del armado.
- Cuando se vaya a construir una camisa con una distribución de lumbreras diferente, habrá que extraer la camisa de hierro fundido, para esto será necesario calentar toda la pieza a unos 350° por unos 15min, de esta manera será posible extraer la camisa con unas pinzas.
- Hay que tener mucho cuidado el momento de realizar la mezcla combustible-aceite ya que de esta dependerá, el rendimiento y la vida útil del motor. La relación de la mezcla puede ir desde 40 partes de combustible por una de aceite, hasta 20 partes de combustible por una de aceite.
- Cuando trabaje en el banco de pruebas, utilice gafas de protección, tapones de oídos, overol y guantes para evitar cualquier accidente el instante de realizar la toma de datos, ya que la misma se realiza cerca de piezas móviles y calientes.
- Al tomar la medida de fuerza del dinamómetro, fijarse que las puntas del mismo se encuentren alineadas para evitar graves errores de medición.

- No permitir que el Voltímetro del banco de pruebas rebase los 220 voltios ya que esto puede causar averías en el equipo.

BIBLIOGRAFIA

- CEAC, El Motor de dos tiempos,
- E. PETIT , El motor de Explosión, editorial gustavo Gili, Barcelona
- ERWIN TRAGATSCH ,Enciclopedia de las Motocicletas
- JOHN ROBINSON, motocicletas: Puesta a punto de motores de dos tiempos, Paraninfo, España .
- JOHN ROBINSON, Motorcycle.Fuel Systems techbook, Haynes, USA
- JHON WILLIAMS ,Pequeñas reparaciones y Mantenimiento de motocicletas,Ceac; Barcelona, 1982
- NORTON, ROBERT L., Diseño de maquinaria, McGraw Hill, México 1995
- TONY TRANTER, Motorcycle Electrical techbook, Haynes, USA.

INTERNET

- **[www. Yamahamotor.com](http://www.Yamahamotor.com)**
- www.galeon.com/motormecánica/page2.html
- www.science.howstuffworks.com/two-stroke.html
- www.motordostiempos.com