

# Índex de la Memòria

DOCUMENT NÚM. 1 : Memòria.....	1
Capítol 1 Objecte del treball.....	1
1.1 Antecedents.....	1
1.2 Objecte.....	2
1.3 Especificacions.....	3
1.4 Metodologia.....	4
Capítol 2 Tipus de motorització.....	5
2.1 Principis bàsics. El motor de quatre temps ( 4T ).....	5
2.1.1 Cicle operatiu de 4T.....	5
2.1.2 Diferències entre cicle Otto i real.....	7
2.1.3 Efecte de la variació de l'encesa.....	8
2.1.4 Modificacions a l'admissió i l'escapament.....	9
2.1.5 Diagrama de pressions en un motor de 4T.....	10
2.2 Motors de 4T versus el 2T.....	12
2.2.1 El motor de 2T. Cicle operatiu.....	12
2.3 Tendència en el mercat de les motocicletes.....	13
2.4 Regles bàsiques del motor de 4T.....	14
2.5 Proves comparatives.....	16
2.6 Conclusions.....	20
Capítol 3 Comparativa entre injecció i carburador.....	22
3.1 El sistema d'admissió.....	22
3.1.1 La dosificació de la mescla.....	22
3.2 Sistemes per depressió ( la carburació ).....	24
3.2.1 El carburador.....	25
3.2.2 Control de la dosificació en els carburadors.....	26
3.2.3 Tipus de carburadors.....	27
3.3 Injecció en els motors de gasolina.....	29
3.3.1 Tipus de sistemes d'injecció.....	29
3.3.2 Característiques principals d'un sistema d'alimentació.....	30
3.3.3 Components principals d'un sistema d'injecció.....	31
3.3.4 Control de la dosificació en la injecció.....	32
3.4 Sistemes d'admissió utilitzats.....	34

3.4.1 Sistema de depressió ( carburació).....	34
3.4.2 Sistema d'injecció de GASGAS.....	36
3.5 Comparativa de resultats.....	39
3.5.1 Comparativa de resultats entre proves amb sistema d'injecció....	39
3.5.2 Comparativa de resultats entre sistema d'injecció i carburació....	46
3.6 Conclusions sobre els sistemes d'admissió.....	47
Capítol 4 Distribució.....	48
4.1 Definició i objectiu.....	48
4.2 Funció de la distribució.....	48
4.3 Etapes de la distribució.....	48
4.4 Tipus de distribució.....	49
4.5 Descripció dels components de la distribució.....	50
4.5.1 Les vàlvules.....	50
4.5.2 L'arbre de lleves.....	52
4.5.3 La lleva.....	52
4.5.4 Empenyadors.....	53
4.5.5 Ressorts.....	54
4.6 Principis teòrics.....	58
4.6.1 Influència de la velocitat dels gasos i l'obertura de les vàlvules ...	59
4.7 Previsió del comportament. Criteris de disseny.....	60
4.7.1 Retard en l'obertura de la vàlvula d'escapament.....	61
4.7.2 Avançament del tancament de la vàlvula d'admissió.....	62
4.7.3 Variació de l'encreuament de les vàlvules.....	63
4.8 Comparativa de resultats.....	65
4.9 Conclusions sobre la distribució.....	70
Capítol 5 Lubrificació en el 4T.....	71
5.1 Necessitats de lubrificació.....	71
5.2 Tipus de lubrificació.....	72
5.3 Funcions del sistema de lubrificació.....	73
5.4 Elements a lubricar.....	75
5.5 Sistema de lubricació.....	75
5.6 Propietats del lubricants.....	78
5.6.1 Viscositat.....	81

5.7 Classificació de lubricants.....	82
5.8 Segons la viscositat ( lubricants per automòbils ).....	83
5.9 Segons la composició ( lubricants minerals i sintètics ).....	85
5.9.1 Lubricants d'origen mineral.....	85
5.9.2 Lubricants d'origen sintètic.....	86
5.10 Segons la qualitat ( les normes ).....	89
5.11 Proves realitzades.....	91
5.11.1 Anàlisi comparativa de parell i potència.....	98
5.12 Conclusions.....	102
Capítol 6 Resum del pressupost.....	103
Capítol 7 Conclusions generals .....	104
Bibliografia.....	106



## Document núm. 1: Memòria

### Capítol 1. Objectiu del treball

#### 1.1 Antecedents

En la darrera dècada ha augmentat la preocupació pels temes ambientals, especialment per la contaminació produïda per l'emissió de gasos contaminants. Aquesta major sensibilització està provocant la substitució gradual dels motors de 2T pels de 4T en les motocicletes d'enduro.

Els motors de 4T ofereixen millors prestacions si parlem en termes d'eficiència energètica i de reduccions d'emissions. Per tant la seva imposició en motors de petita cilindrada és cada vegada més clara. Aquest avantatge s'ha vist afavorida per l'aplicació dels sistemes d'injecció de gasolina, d'aquesta forma podem aconseguir un refinament molt proper a l'obtingut en els vehicles de quatre rodes.

Per realitzar un estudi prou profund ens calia disposar d'una gran quantitat de material i de recursos humans suficients, per aquest motiu va ser necessari establir un conveni de col·laboració amb el fabricant gironí de motocicletes de cross, trial i enduro GASGAS Motos SA.

El motor que s'estudiarà, principalment, en aquest treball de final de carrera és l'equipat per la motocicleta d'enduro FSE450 de GASGAS. Aquest motor de 4T té un cubicatge de 449 cc, culata amb quatre vàlvules, refrigerat per aigua i un sol cilindre. L'admissió es realitza mitjançant un sistema d'injecció E.F.I. de Magneti Marelli. Tot i així també utilitzarem més material que complementa l'objecte d'aquest treball.

També s'ha fet necessari la col·laboració, per motius tècnics, de GRC MotorsParts de Canet de Mar (el Maresme).



## 1.2 Objecte

En el nostre treball final de carrera tindrem com objecte la millora de les prestacions d'un motor de 4T per una motocicleta d'enduro. L'augment de potència s'aconseguirà des de diferents perspectives, variant el sistema d'admissió, el canvi de la distribució de les vàlvules de la culata o variant la lubrificació del pistó.

Per realitzar l'objecte d'aquest treball utilitzarem com a base de l'estudi el motor de 4T de la FSE 450 del 2004 de GASGAS Motos SA. El motor de 4T utilitzat està orientat cap a una utilització d'enduro, per tant amb unes característiques de parell determinades. Partirem de l'anàlisi d'un motor amb sistema d'admissió per depressió ( carburador convencional ) i després instal·larem el sistema d'injecció indirecta monopunt .

La millora també afectarà a l'estil de conducció de la motocicleta , per tant comentarem els resultats obtinguts des de dues perspectives: d'una conducció estàndard i una d'esportiva.

Al final de cada capítol realitzarem unes conclusions per valorar les variacions de la resposta del motor en cada cas.



### 1.3 Especificacions

Per portar a terme aquest treball final de projecte ens hem basat en un motor de 4T per a una motocicleta d'enduro.

Les dades tècniques principals del nostre motor FSE 450 de GASGAS són:

Cilindrada	449 cc
Tipus	Quatre temps amb culata de quatre vàlvules
Nombre de cilindres	Un
Diàmetre interior i carrera	95 x 62.6 mm
Injecció	EFI Sistema electrònic d'injecció de combustible Magneti Marelli
Encesa	Integrat en EFI
Embragatge	De discos amb accionament hidràulic
Caixa de canvis	De sis velocitats

El tipus de combustible utilitzat pot afectar d'una forma significativa el rendiment del nostre motor. Pel nostre estudi utilitzarem en tot moment gasolina 98 sense plom de Repsol.



## 1.4 Metodologia

Per portar a terme aquest treball fi de carrera s'ha utilitzat la següent metodologia de treball, que consta de les següents parts:

1. Anotació de les dades tècniques del motor
2. Realització de les modificacions necessàries en funció de cada prova
3. Proves de potència al banc inercial
4. Anàlisi de les dades obtingudes



Fig. 1.1

Fig. 1.2



Les diferents proves han estat realitzades a les instal·lacions de GCRMotorParts propietat de Guillem Casas, situades a Canet de Mar (Maresme) a 20 m sobre el nivell del mar.

Per fer les mesures de potència s'ha utilitzat un banc de potència del tipus inercial (vegeu la figura 1.1 i 1.2).

Per aconseguir la màxima exactitud dels resultats obtinguts el procediment utilitzat sempre ha estat el mateix per a totes les proves.

Procediment utilitzat:

- Escalfament al ralenti de la motocicleta durant 10 minuts.
  - Utilització de la mateixa relació entre el pinyó d'atac i la roda motriu.
  - Lectura i anotació de la temperatura, humitat relativa i la pressió atmosfèrica.
  - Utilització dels mateixos reglatges "settings" de l'ECU.
  - 1600 cm<sup>3</sup> de lubricant.
  - Canvi en calent i substitució del filtre de l'oli.
- La prova es realitza amb la papallona del conducte d'admissió completament oberta (anomenat normalment gas a fons).

## CAPÍTOL 2 Tipus de motorització

### 2.1 Principis bàsics. El motor de quatre temps ( 4T )

#### 2.1.1 Cicle operatiu de 4T

Per cicle operatiu entenem la successió d'operacions o fases que el fluid actiu compleix en el cilindre i repeteix amb llei periòdica.

El motor alternatiu de 4T té un cicle amb quatre carreres de pistó i en el cas de 2T, amb dues carreres de pistó. Això vol dir que els motors de 4T completen el cicle amb dues revolucions de cigonyal i els 2T amb una revolució. Les fases del 4T són:

1. Admissió de la càrrega al cilindre
2. Compressió de la càrrega
3. Combustió i expansió
4. Escapament dels productes de la combustió

Abans d'explicar amb més detall les diferents fases es fa necessari aclarir dos conceptes relacionats amb la posició del pistó. Aquest element té dos punts característics:

- § El punt mort superior, PMS. Quan el pistó es troba en el punt més alt de la seva carrera i més a la vora de les vàlvules de la culata
- § El punt mort inferior, PMI. És on el pistó es troba en el punt més baix de la seva carrera, com es pot veure en la figura 2.1.

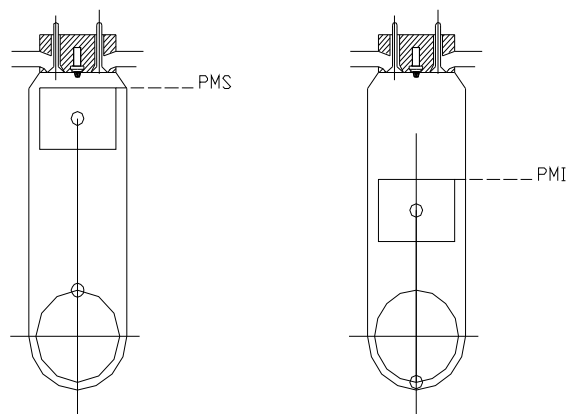


Fig. 2.1

#### 1. Admissió

El pistó en la carrera cap al punt mort inferior ( PMI ) crea una aspiració del fluid cap al cilindre. En la cambra de combustió s'obre en el moment oportú la vàlvula d'aspiració per permetre l'entrada de l'aire o de la mescla. La vàlvula comença a obrir-se abans de l'inici de la carrera i es tanca després que la carrera s'ha completat.





## 2. Compensió

Un cop tancada la vàlvula d'admissió, durant la carrera de retrocés del pistó, la càrrega és comprimida en la cambra de combustió fins al valor màxim que s'aconsegueix en el PMS. En aquest moment el volum de la càrrega és reduït a una fracció de volum que tenia al començament de la carrera. Aquesta fracció és el valor invers de la relació volumètrica de compressió.

## 3. Combustió i expansió

Una mica abans del final de la carrera de compressió es produeix l'encesa de la mescla per mitjà d'una guspira elèctrica, s'aconsegueix d'aquesta forma l'augment sobtat de la temperatura i de la pressió causat per la combustió de la mescla. El valor de pressió és entre 2 i 4 vegades superior el que tenia inicialment, per tant el pistó és empès cap al PMI. Abans que la carrera de descens hagi finalitzat començarà a obrir-se la vàlvula d'escapament, aprofitant que els gasos cremats encara estan a una certa pressió. Per tant comencen a sortir del cilindre.

## 4. Escapament

Durant el retorn al PMS el pistó expulsa els gasos cremats a través de la vàlvula d'escapament. Al final de la carrera, o una mica abans, es torna a tanca la vàlvula d'escapament mentre al mateix temps s'obre la vàlvula d'admissió i comença un nou cicle que es repeteix regularment.

Les quatre fases descrites anteriorment es veuen resumides en el dibuix esquemàtic (cilindre, pistó i vàlvules) de la figura 2.2.

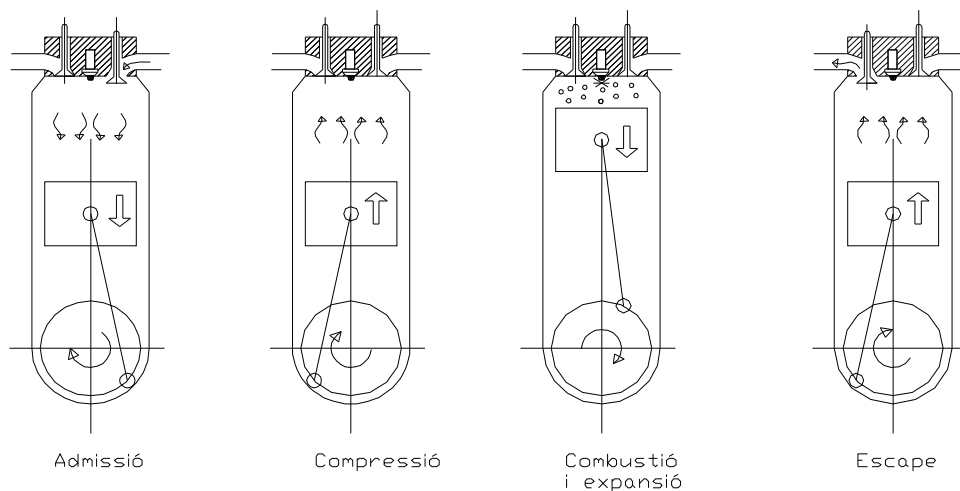


Fig. 2.2

## 2.1.2 Diferències entre ciclo Otto real i teòric

Les diferències de forma del ciclo indicat amb respecte del teòric es deuen a un diferent recorregut seguit per les corbes d'expansió i de compressió, tal com es pot veure a la figura 2.3, les causes d'aquestes diferències es deuen als següents fenòmens:

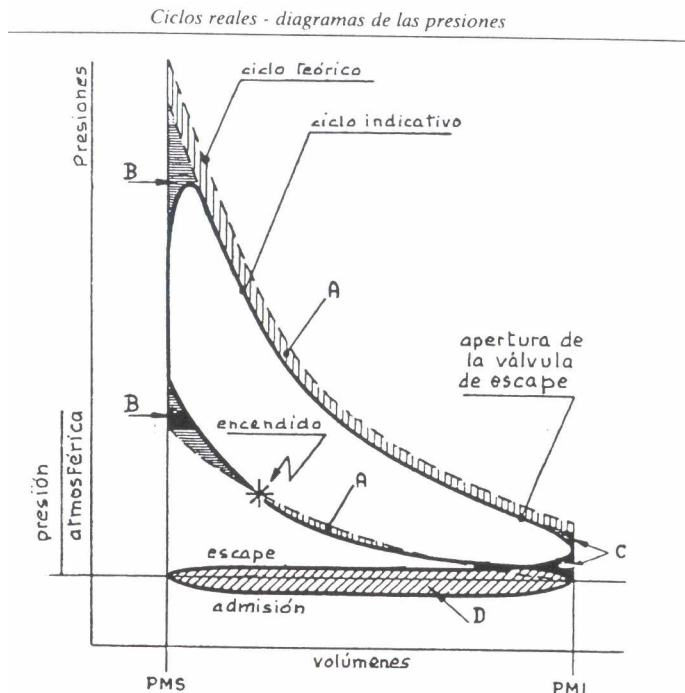


Fig. 35. — Comparación entre ciclo Otto teòric e indicado.

1.

Fig. 2.3

2. Combustió no instantània. En el ciclo teòric se suposa que la combustió es realitza a volum constant és a dir, que és instantània. En realitat és necessari un cert temps per dur a terme la combustió. Si l'encesa tingués lloc en el PMS, la combustió s'esdevindria quan el pistó s'allunyaria del PMS i per tant el valor de la pressió tindria un valor inferior al previst, la qual cosa provocaria una pèrdua de treball útil. Per tant ens interessa avançar l'encesa per assegurar que la combustió es produeixi majoritàriament al voltant del PMS, d'aquesta forma la pèrdua de treball útil serà menor i ve representada per la zona B.
3. Temps d'obertura de la vàlvula d'escapament. En el ciclo teòric s'ha suposat que l'extracció de calor es fa coincidint amb el PMI. En el ciclo real l'extracció es produeix amb un temps relativament llarg, per aquest motiu l'obertura

4. de la vàlvula d'escapament s'avança per donar temps a una part dels gasos a sortir del cilindre abans que el pistó arribi al PMI. En aquest punt la pressió gairebé s'igualava a l'exterior per aquest motiu es produeix una pèrdua, la qual seria major sinó s'avançava l'escapament.
5. Treball de bombeig. La diferència entre la pressió d'admissió i d'escapament, que es produeix normalment, provoca una àrea negativa en el diagrama que és equivalent al treball de bombeig. Aquest és considerat com un treball de frec.

### 2.1.2 Efecte de la variació de l'encesa

L'encesa s'ha de produir abans d'arribar al PMS perquè la combustió tingui temps de realitzar-se, produint-se al més a la vora possible de la teòrica, és a dir a volum constant. El moment d'encesa es determina de forma experimental mitjançant proves que permetin obtenir la potència màxima mantenint una regularitat de la marxa. En la figura 2.4 podem veure de forma gràfica la variació de la guspira.

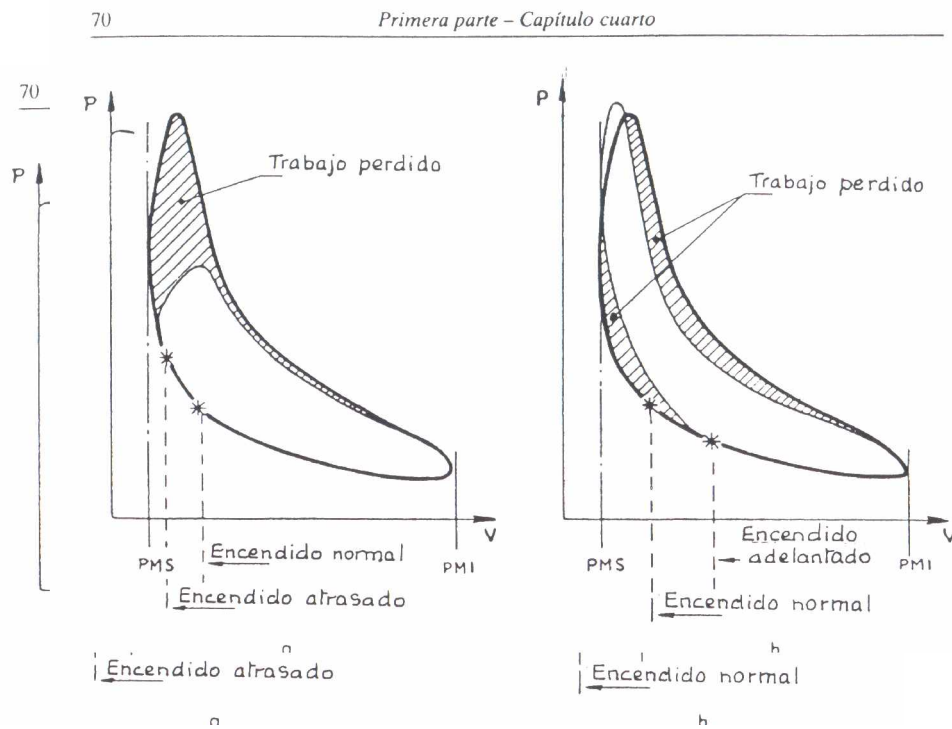


Fig 2.4

Fig. 2.4 Dante Giocosa, *Motores endotérmicos*. Ediciones DOSSAT. Madrid. 1990.

En general la guspira de la bugia salta la meitat de la pressió del PMS. Si la guspira salta amb retard (gràfic de l'esquerra) la combustió es produeix quasi totalment després del PMS, per tant la pressió màxima s'aconsegueix quan el pistó s'ha allunyat considerablement del PMS i per tant el seu valor és més baix del normal.

En canvi quan la guspira s'ha avançat la combustió es realitza en gran part abans d'arribar al PMS d'aquesta forma la pressió màxima assoleix un valor superior al normal (gràfic de la dreta).

### 2.1.4 Modificacions a l'admissió i a l'escapament

En l'estudi del cicle indicat és fàcil veure si el conductes d'admissió i escapament estan ben dissenyats i proporcionats, com també els temps d'obertura de les vàlvules.

En l'admissió si les obertures per la mescla o l'aire són insuficients o ofereixen resistències excessives provoquen un augment del treball de bombeig tal com es pot veure en el gràfic de l'esquerra. En la figura 2.5 podem veure com afecta la variació de l'obertura i de l'escapament.

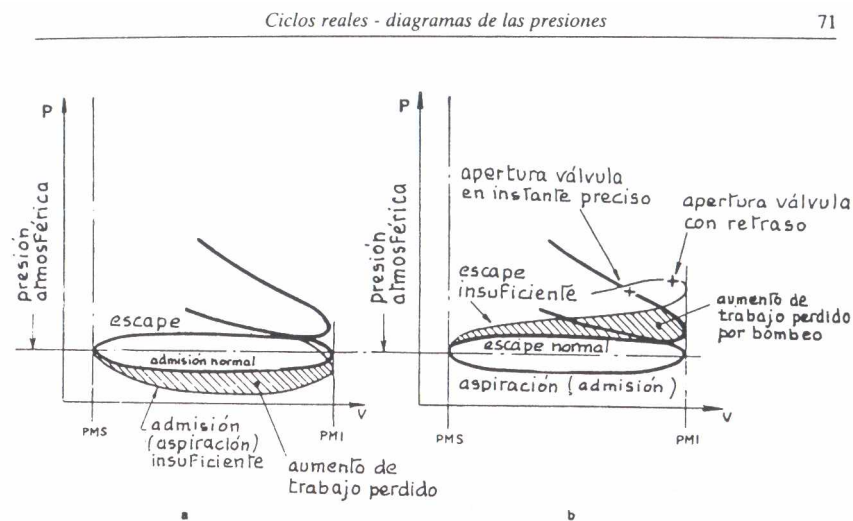


Fig. 40. — Influencia de las condiciones de apertura de las válvulas en el ciclo indicado.

Fig. 2.5

### 2.1.5 Diagrama de les pressions en funció dels desplaçaments angulars de l'eix per un motor de 4T

Per entendre millor el funcionament del cicle de 4T, examinem com varien els valors de les pressions dins el cilindre en la figura 2.6.

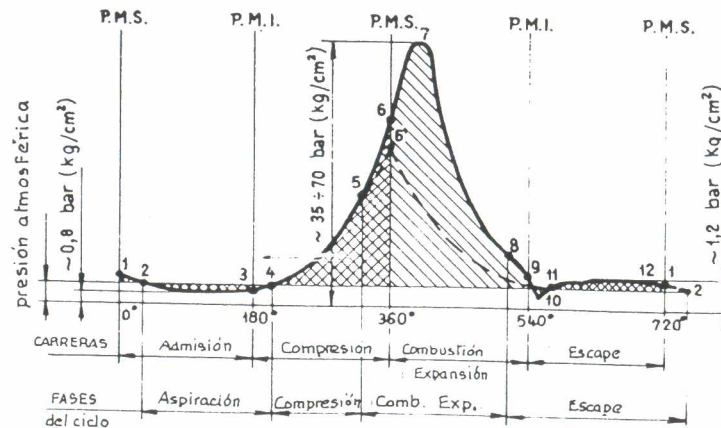


Fig. 41. — Diagrama de las presiones referido a los desplazamientos angulares del eje motor.

Fig. 2.6

Admissió. Al començament de la carrera d'admissió 1-2 a l'interior del cilindre tenim una pressió lleugerament a l'atmosfèrica perquè encara no hem acabat la fase d'escapament. En el punt 2 comença el procés d'aspiració, per tant és aquí on es produeix la depressió, que és més gran en funció de la velocitat dels gasos en els conductes d'admissió. En el punt 4 és on es produeix l'equilibri entre pressions interna i externa, per aquesta raó la vàlvula d'admissió ha d'estar tancada.

Com més gran és la inèrcia dels gasos en els conductes, més tard podem tancar la vàlvula en el punt 4.

Compresió. La compresió comença en el punt 4 finalitza en el punt 6. El punt 6' correspon en el cas que no es produís l'encesa.

Combustió i expansió. Si l'encesa es produeix en el punt 5, una mica abans del final de carrera de compresió, comença la combustió que produeix un augment de temperatura i de pressió amb un màxim en el punt 7. La fase d'expansió s'hauria d'allargar al màxim per poder aprofitar la fase útil al màxim, però a la pràctica es veu escurçada pels processos d'expulsió dels gasos cremats.

Fig. 2.6 Dante Giocosa, *Motores endotèrmicos*. Ediciones DOSSAT. Madrid. 1990.



Escapament. Els gasos són a gran pressió quan s'obre la vàlvula d'escapament, per tant es descarreguen amb violència. En el punt 9 comença la carrera d'escapament en el qual pot produir una depressió per l'efecte d'inèrcia de la columna dels gasos quan els conductes són llargs. Passat aquest punt es dóna una lleugera sobrepressió d'escapament provocada per la resistència dels gasos en passar per les vàlvules i els conductes. Tot i així, el pistó no pot expulsar completament tots els gasos cremats.

## 2.2 Motors de 4T versus el 2T

Per entendre la diferència entre els motors de 4T i 2T serà necessari fer esment a les característiques principals del 2T.

### 2.2.1 El motor de 2T. Cicle operatiu

En els motors de dos temps el cicle operatiu es realitza en dues carreres, per tant podem entendre com a dos temps diferenciats. La figura 2.2.1 representa esquemàticament el conjunt pistó cilindre i els diferents temps del cicle i que són:

#### Primer temps

Es correspon a la carrera de treball, la que impulsa tots els mecanismes. Aquesta fase comença amb l'encesa i la combustió i prossegueix amb l'expansió fins que el pistó assoleix i obre la llumbrera d'escapament. Els gasos cremats comencen a sortir per la llumbrera de l'escapament a causa de l'elevada pressió que existeix a dins del cilindre.

#### Segon temps

El segon temps correspon a la carrera de retorn del pistó al punt mort superior (PMS). Durant el tram primer de la carrera, quan es tanca el pas C, es completa la base d'escombrat i d'admissió; tot seguit es realitza la fase de compressió.

Abans de finalitzar la carrera, el límit inferior del pistó deixa lliure la llumbrera B d'entrada del fluid en la cambra del cigonyal; el fluid entra a causa de la depressió que es crea per l'efecte del desplaçament del pistó, i després és comprimit durant la carrera següent.

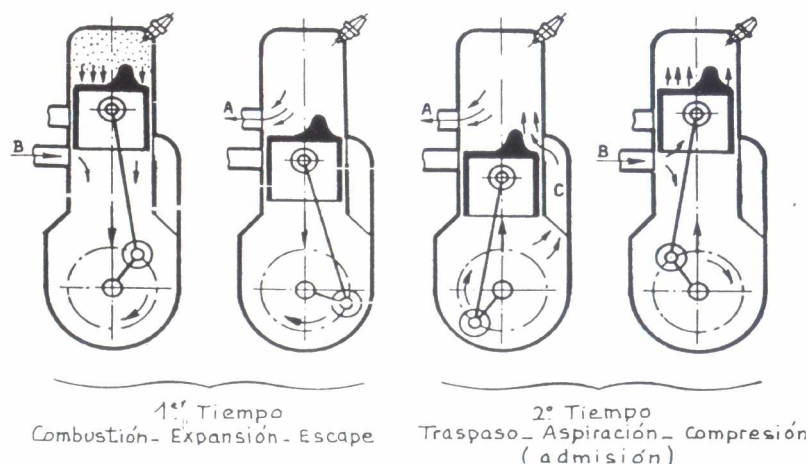


Fig. 2.7



El cicle de 2T permet simplificar el sistema de distribució, ja que es poden eliminar les vàlvules o reduir el seu nombre i al mateix temps obtenir més potència per unes dimensions iguals. Per cada gir de cigonyal tenim una carrera útil per tant la freqüència és el doble que en un motor de 4T. Com a conseqüència d'aquest fet la potència obtinguda és el doble teòricament que l'obtinguda en un motor de quatre 4T d'igual cilindrada.

Per un altre costat l'increment de freqüència de les carreres útils presenta problemes de caràcter tèrmic i de fatiga, derivats d'una major temperatura mitjana de les peces. Per aquests motius la potència real obtinguda no arriba a ser la teòrica.

### 2.3 Tendència en el mercat de les motocicletes

La coincidència de múltiples factors ha provocat un canvi d'orientació en el món de les motocicletes. Ens centrarem en el món de l'enduro.

El canvi de tendència vindria generat per múltiples factors, com a més importants destacarem la reducció del soroll, la reducció de les emissions, la millora en materials, la reducció de les despeses de producció, l'evolució dels sistemes electrònics de control i gestió...

Els aspectes mediambientals han anat prenent força en els darrers anys, la reducció d'emissions i darrerament la reducció del soroll han estat temes cabdals.

- § Els motors de 4T temps permeten reduir les emissions de contaminants en motors respecte dels 2T.
- § Els motors de 4T permeten obtenir nivells de soroll més baixos que el 2T amb una reducció de potència inferior.

La millora dels processos de fabricació i la utilització de millors materials han permès una evolució significativa dels motors de 4T de baixa cilindrada, inferior als 600cc.

Un exemple molt clar de l'evolució del 4T és el campionat del món d'enduro de les diferents categories. Durant els anys 90 el domini del 2T era total, a partir de l'any 2003 es produeix d'una irrupció clara del 4T i és ara en el 2005 que el domini del 4T és evident si mirem les classificacions d'aquest any en les diferents categories ( només 20 primers classificats).

Categoria	Motors 2T	Motors 4T
Enduro I (250 cc 4T- 125cc 2T)	4	16
Enduro II (250 cc 4T- 125cc 2T)	6	14
Enduro II I (450 cc 4T- 125cc 2T)	5	15





## 2.4 Regles bàsiques del motor de 4T

Per poder treballar adequadament en la millora d'un motor de 4T no en tenim prou amb el coneixement del cicle de 4T. És necessari saber amb claredat tota una sèrie de regles bàsiques de funcionament per treballar en la millora de la potència.

Els dos paràmetres més importants que defineixen un motor, si parlem de prestacions, són el parell ( $M$ ) i la potència efectiva ( $P_e$ ), que d'ara en endavant anomenarem solament potència. Aquests dos paràmetres relacionats amb les revolucions per minut (rpm) ens diran moltes coses de com són els nostres motors. Cal afegir que les prestacions es determinen normalment amb alimentació màxima, en el nostre cas ha estat així.

El parell i la potència es relacionen entre si mitjançant les següents fórmules.

$P_e$  = potència efectiva

$$P_e = M_t \cdot \omega = M_t \cdot \frac{2 \cdot \Pi \cdot n}{60} = 0.1047 \cdot M_t \cdot n \text{ on } P_e [\text{w}] \text{ i } n [\text{rpm}]$$

$$P_e = \frac{M_t \cdot n}{716.2} \text{ on } P_e [\text{CV}] \text{ i } n [\text{rpm}]$$

L'altre paràmetre important en un motor alternatiu és el rendiment volumètric, el qual té molt a veure amb la potència que s'obté. Primer cal definir aquesta nova relació, que queda expressada en aquesta fórmula :

$$\text{Rend. volumètric} = (\text{massa d'aire introduïda / u.t.}) / (\text{massa d'aire teòrica introduïble en el cilindre / u.t.})$$

El rendiment volumètric ens dóna la mesura del grau d'emplenat del motor i en conseqüència de la qualitat del sistema d'introducció de l'aire o de la mescla. Com més gran és l'aire introduït, més gran és la quantitat de combustible que es pot cremar i per tant més gran és la potència indicada.

El rendiment volumètric queda directament relacionat amb la cilindrada del motor, la pressió i la temperatura.



Tot seguit detallem els elements que provoquen variacions del rendiment volumètric :

§ Variació del règim de funcionament del motor (rpm)

Si augmentem les revolucions per minut, augmentem la resistència del fluid amb una relació quadràtica. Per tant la quantitat de fluid, mescla , que entra per unitat de temps disminueix.

§ Densitat de la càrrega i dilució dels gasos residuals

Com més alta sigui la presència de gasos residuals més baix serà el rendiment volumètric. La densitat de càrrega baixarà a causa de la transmissió de la calor de les parets a la mescla reduint la densitat de la càrrega, per tant es baixarà el rendiment.

§ Disseny dels conductes d'aspiració i d'escapament

Els conductes d'aspiració permeten l'admissió de la major o menor quantitat d'aire o mescla, per tant el seu disseny tindrà un efecte important sobre el rendiment volumètric. Normalment la velocitat de disseny del fluid està compresa entre 40 i 60 m/s.

§ Temps d'obertura i tancament de les vàlvules i la seva influència en el rendiment volumètric

El rendiment volumètric pot ser influït per les ones de pressió que es creen en els conductes d'aspiració i d'escapament, amb relació a les ràpides variacions de velocitat de la massa gasosa en moviment.



## 2.5 Proves comparatives

Per tal de tenir una noció més exacta de les diferències entre les prestacions d'un motor de 2T i un altre de 4T de característiques equivalents caldrà aplicar unes correccions.

Com hem comentat anteriorment, el motor de 2T disposa d'una carrera útil respecte de dues i el motor 4T d'una carrera útil respecte de quatre.

En aquesta comparativa hem utilitzat com a motocicleta de 2T, la GASGAS 250 FS del 2005 i com a 4T, la GASGAS 450FSE del 2005. Per fer comparables les proves realitzades hem aplicat aquestes dues relacions teòriques:

Relació teòrica equivalent entre 2T i 4T:

$$[X]_{cc\_2T} = 2 \cdot [X]_{cc\_4T} = [Y]_{cc\_4T}$$

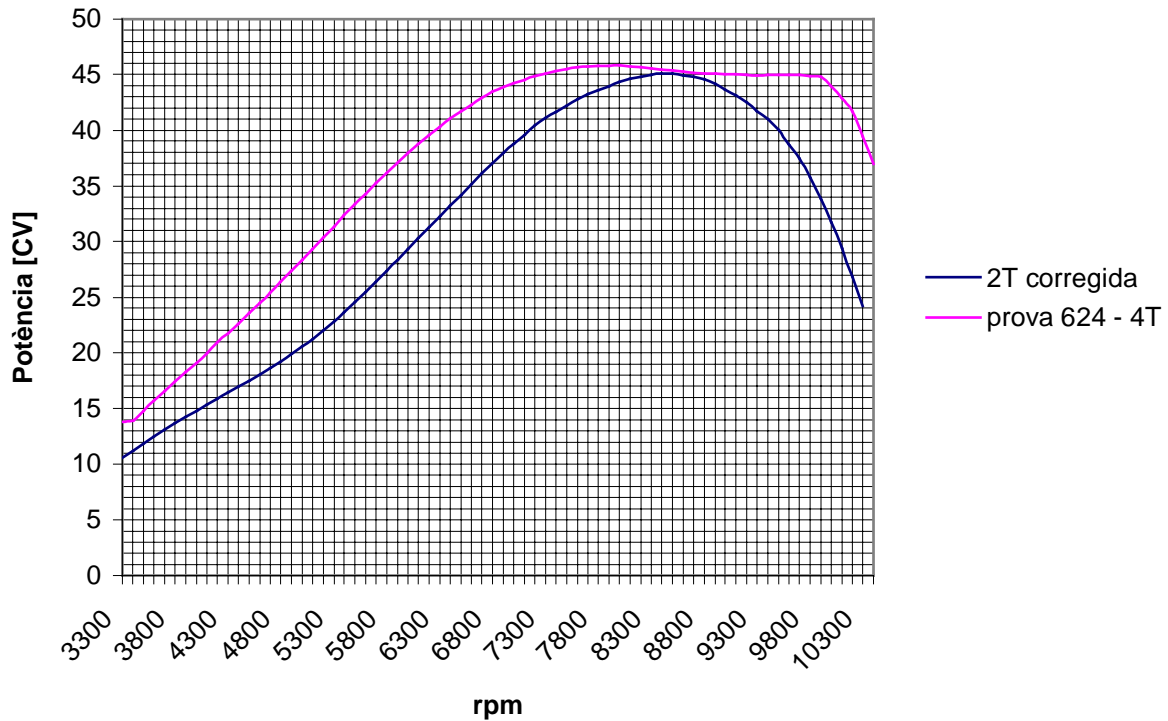
Hem realitzat la següent relació:

$$Potència\_2T\_corregida = Potència\_2T\_original \times \frac{225}{250}$$

La metodologia aplicada és la descrita en el capítol 1, un cop feta la correcció hem obtingut les gràfiques de parell i potència de les pàgines següents.



### Comparativa potència - 2T corregida versus 4T



	Potència [CV]	Règim [rpm]
Potència màxima 4T- 624	45,8	7.800
Potència màxima 2T- corregida	45,1	8.400

#### T.2.1

En aquesta gràfica comparativa permet veure en què es diferencien els motors de 2T amb el de 4T. Tal com podem veure en el quadre resum t.2.1 les potències aconseguides són molt semblants, a primera vista aquest fet ens podria dur cap a una falsa conclusió, que aquests motors són equivalents en el comportament. Tot seguit desgranem quines són les diferències principals:

#### § Variació del règim de la potència màxima

Com es pot veure el motor de 4T assoleix el 45,3 CV a 7.800 rpm , per tant 600 rpm abans que el de 2T que ho fa a 8400 rpm. Això obliga al 2T a funcionar sempre a règims alts per poder disposar de tota la potència, per tant el motorista ha de ser capaç de mantenir el motor en tot moment en règims alts amb la dificultat que això suposa.



El motor 4T a l' aconseguir la potència màxima abans és més fàcil aprofitar-la, per tant té millor resposta que la 2T.

#### § Pendent de la corba

Tal com podem veure el pendent de la recta del 4T comprès entre les 3.400 i 6.500 rpm és gairebé constant. Això vol dir a efectes pràctics que el lliurament de potència és constant i no presenta salts sobtats o zones buides. En canvi podem veure com el de 2T presenta un pendent més irregular en tot aquest interval del règim, especialment en la zona compresa entre les 4.000 i 6.000 rpm on hi ha una variació més gran del pendent de la corba. Aquest fet es tradueix en una sensació de pèrdua de potència, un comportament que no agrada als motoristes experimentats.

#### § Diferencial de potència

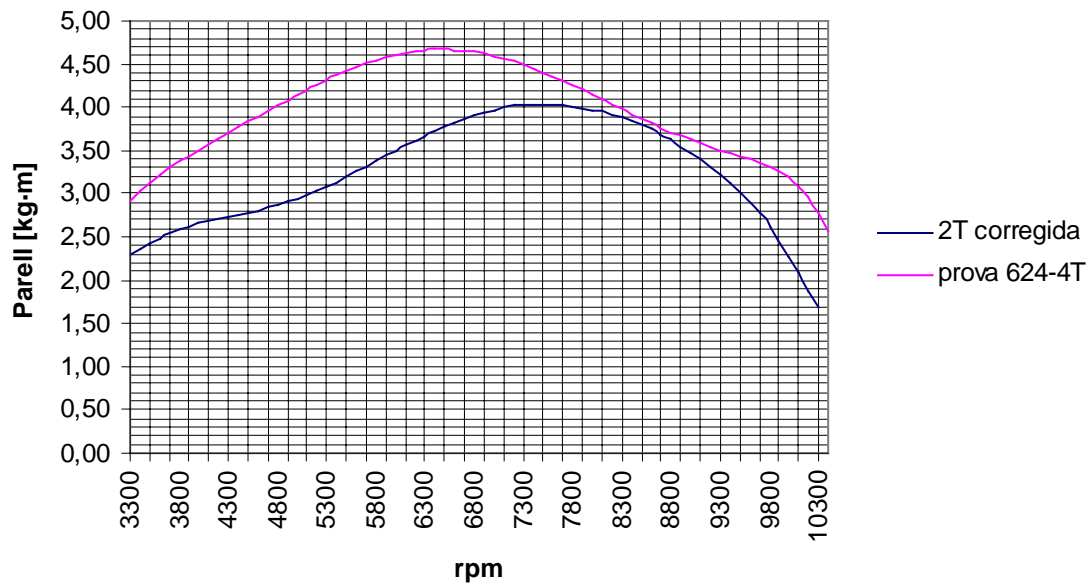
Les corbes dels dos motors tenen dues zones ben diferenciades; la primera compresa entre les 3.400 i les 7800 rpm i la segona entre les 7.900 i 9100 rpm.

En la primera part està caracteritzada per uns diferencials de potència que arriben al 42% , en mitjana durant aquest període són d'un 29%. En tot moment la potència del 4T s'imposa clarament a la del 2T, per tant en règims per sota de les 7000 rpm els motors de 4T són clarament superiors.

En la segona part tots dos queden igualats amb diferencials inferiors al 5%, encara que el motor 4T és lleugerament més potent.



### Comparativa parells - 2T corregida versus 4T



	Parell [kg·m]	Règim [rpm]
Parell màxim 4T- 622	4,67	6.300
Parell màxim 2T- corregida	4,03	7.300

#### T.2.2

En aquesta gràfica comparativa permet veure en què es diferencien els motors de 2T amb el de 4T. Tal com podem veure en el quadre resum t.2.2 els parells aconseguits són força diferents, el parell del 4T és un 15,8% més gran .

Tot seguit desgranem quines són les diferències principals:

#### § Variació del règim de parell màxim

El parell del 2T és inferior al 4T, però té l'inconvenient afegit d'aconseguir el parell màxim a 7.300 rpm , per tant mil voltes més tard que el de 4T. Aquest fet provoca que el motor de 4T ofereixi parell superiors a baixes voltes, essent molt útil aquest parell per circular en zones en molta sorra o forts pendents.

#### § Trajectòria de la corba

Com es pot veure a la gràfica, la trajectòria dibuixada pel 4T presenta menys irregularitats en el seu pendent, especialment compresa en l'interval 3.400 - 7.000 rpm, que el motor de 2T. Com ja succeïa amb la potència, presenta una pèrdua d'increment del parell en la zona de les 4.500 rpm, això es tradueix en una pèrdua d'acceleració.



### § Diferencial de parell

Les corbes dels dos motors tenen dues zones ben diferenciades; la primera compresa entre les 3.400 i les 7800 rpm, i la segona entre les 7.900 i 9100 rpm. Tal com ja passava amb la potència.

En la primera part la diferència mitjana és del 29%, en tot moment el parell del 4T s'imposa clarament a la del 2T, per tant en règims per sota de les 7000 rpm els motors de 4T són clarament superiors.

En la segona part tots dos queden igualats amb diferencials inferiors al 5%, encara que el motor 4T segueix essent lleugerament més potent.

## 2.6 Conclusions sobre les motoritzacions de 2T i 4T

En els apartats hem fet un estudi teòric i pràctic de com són i com es comporten els motors de 2T i de 4T. Tot seguit afegirem més elements a favor i en contra de cada tipus de motor, els quals dividirem en àmbits diferents.

Motor de 2T	Motor de 4T
<b>Aspectes econòmics</b>	
Construcció motor més econòmica	Construcció més cara
Manteniment més barat	Manteniment més car
Menys rendiment del cicle	Més rendiment cicle
Motors més lleugers	Motors més pesants
<b>Aspectes ecològics</b>	
Més consum de gasolina per cc	Menys consum de gasolina per cc
Més emissió de gasos	Menys emissió de gasos
Oli de lubricació expulsat a l'atmosfera	Oli de lubricació es manté a dins el motor
Més sorollosos, més estridents	Menys sorollosos, menys estridents
<b>Aspectes de conducció</b>	
Menys parell útil a baixes revolucions	Més parell a baixes revolucions
Corba de potència més irregular	Corba de potència més regular
Tacte més "explosiu"	Tacte més regular
Funcionament òptim a règim alts	Funcionament òptim a règims mitjos - alts



Moto més lleugera  
Conducció més experta

Moto més pesant  
Conducció menys experta

Valorant tots els aspectes indicats anteriorment podem dir que el motor de 4T ofereix més facilitats a la conducció i sobretot més avantatges mediambientals. Encara que inicialment suposi un sobre cost en la compra i el manteniment està clarament justificant. A més cal tenir en compte que les economies d'escala permetran una reducció de costos. D'aquesta forma els motors de dos temps quedaran reduïts a cilindrades inferiors al 100 cc.





## Capítol 3. Comparativa entre injecció monopunt i carburador

### 3.1. El sistema d'admissió

Sens dubte una de les parts significatives d'un motor alternatiu és el sistema d'admissió, el qual influeix directament en la seva potència.

Els sistemes d'admissió en els motors de 4T estan dividits en dues grans famílies: la carburació (sistemes per depressió) i la injecció. A causa de la preocupació pel medi ambient i l'estalvi energètic el sistema que s'ha imposat en l'actualitat ha estat la injecció en les seves diferents formes. En els apartats següents farem una descripció i anàlisi dels dos sistemes d'admissió.

Tot i així abans cal aclarir un concepte molt important, la dosificació. Sense entendre bé com funciona no podríem valorar d'una forma plena i correcta tots els avantatges de la injecció.

#### 3.1.1 La dosificació de la mescla

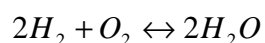
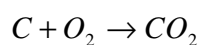
El combustible utilitzat en la majoria de motors de 4T amb encesa provocada és la gasolina. Aquest fluid té un poder calorífic al voltant de 10500 kcalories/ kg , amb una densitat de 0,7 kg per litre. Com és lògic la gasolina només es pot cremar si disposa de la quantitat suficient d'aire, el comburent, que faci possible el procés químic de la combustió, el qual es produeix en l'interior de la cambra de combustió. Aquesta cavitat és estanca i per tant és necessari que el combustible estigui acompanyat amb la quantitat justa d'aire per fer possible el procés de la combustió.

L'addició exacta del volum adequat d'aire respecte el volum de gasolina necessari per una combustió completa s'anomena *dosificació de la mescla*.

Tant pels sistemes que utilitzen carburador com pels d'injecció la dosificació de la mescla és la clau per aconseguir el rendiment més alt del motor, aquest fet ha dut cap una millora continuada en el control de la dosificació.

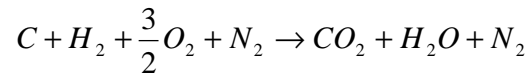
#### Quantitat d'aire necessari per la combustió

Els combustibles més utilitzats en els motors endotèrmics són les mescles de hidrocarburs, compostats per hidrogen i carbó. Ambdós reaccionen amb l'oxigen segons les següents equacions elementals:



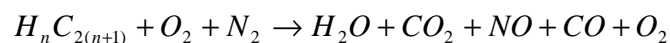


En el nostre cas el comburent és l'aire, el qual està format principalment per un 77% de nitrogen i un 13% d'oxigen, per tant l'equació resultant teòrica seria la següent:



Per una combustió completa, estequiomètrica, és necessari utilitzar 14,7 g d'aire per cada gram de gasolina ( 14,7:1 ) si l'eficiència de la reacció fos del 100%. En realitat no s'assoleix una reacció completament eficient per diferents motius, el més destacable seria que a la pràctica els hidrocarburs no són purs.

El resultat final d'una combustió real conté altres gasos com ara; monòxid de carbó (CO), hidrocarburs no cremats ( HC), òxids de nitrogen (NO<sub>x</sub>), oxigen (O<sub>2</sub>) i diferents impureses. Aquesta combustió real quedaria resumida en l'equació :



El motor d'un vehicle està sotmès a múltiples variacions de règim (acceleracions, arrencades en fred, desacceleracions...), aquest fet provoca que la dosificació de la mescla varia constantment en funció de les necessitats i amb uns valors compresos entre els 12:1 i els 18:1. Aquesta variabilitat dóna una complexitat major alhora de determinar quina és la dosificació òptima en cada moment. Per tant queda clar que no hi ha una dosificació òptima fixa, la qual cosa fa que es parli de dosificacions riques i pobres de gasolina.

La *dosificació pobre* és aquella que la relació aire: combustible és superior al 14,7:1 amb valors que poden superar els 18:1. Aquestes dosificacions s'utilitzen en desacceleracions, al ralenti, parell estables ...

La *dosificació rica* és aquella que la relació aire : combustible és inferior al 14,7:1 amb valors que poden baixar fins a 10:1. En general els motors d'explosió assolixen la màxima potència en zones on la mescla és rica en gasolina.

També cal parlar del consum del nostre motor en funció de la dosificació, és lògic pensar que una mescla rica consumeix més gasolina que una mescla pobre, en la figura 3.1 podem veure com varia una corba de potència genèrica respecte el consum de combustible.

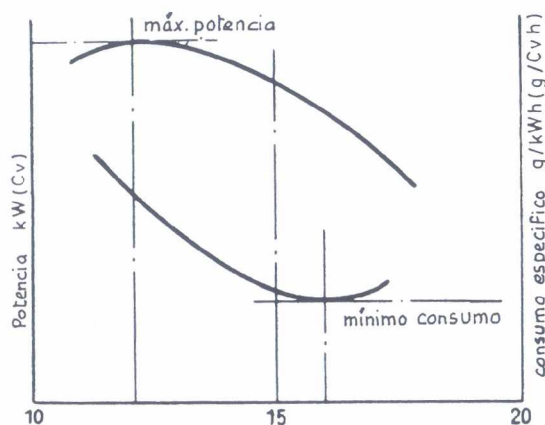


Fig.. 3.1

Qualsevol dispositiu que vulgui alimentar un motor d'explosió ha de disposar dels mecanismes necessaris per poder subministrar de la dosificació adequada en cada circumstància.

### 3.2 Sistemes per depressió ( la carburació )

Abans de fer la descripció del sistema és necessari fer esment d'aquells elements que sense formar part del carburador possibiliten el seu correcte funcionament.

Els filtres s'encarreguen de barrar el pas a les impureses de l'aire i del combustible. Els filtres d'aire més convenients són els de paper especial o de bany d'oli. Els requisits essencials són :

- § Alt rendiment filtrant , capacitat de retenir les partícules diminutes amb rendiment que poden arribar fins al 99%.
- § Bon poder d'acumulació, capacitat de funcionar durant llargs períodes sense la necessitat de ser canviat o netejat.
- § Pèrdua de càrrega baixa, al voltant de 200 mm H<sub>2</sub>O.

El filtre d'aire també actua com un silenciador que redueix el soroll polsant de l'entrada del fluid.

Les bombes de combustible fan possible l'arribada del fluid des del dipòsit fins al motor. En els casos on el dipòsit s'instal·la per sobre del motor , com passa en la majoria de motocicletes, podem prescindir d'aquests aparells. Les bombes les podríem classificar de dues maneres:



bombes de membrana o elèctriques. Les primeres són les més senzilles i solen ser accionades per l'arbre de lleves. Les bombes elèctriques tenen l'avantatge que poden ser accionades abans del moviment del motor, reduint d'aquesta forma el consum de la bateria en el moment de l'arrencada.

### 3.2.1 El carburador

El carburador ha de complir obligatòriament dos requisits:

1. Dosificar la gasolina, mantenint en tot moment la relació de la mescla aire combustible en el punt adequat pel correcte funcionament.
2. Polvoritzar la gasolina i mesclar-la homogèniament amb l'aire.

Regulació de la raó de mescla

El cabal  $Q$  i la velocitat del flux  $W$  estan relacionats amb la diferència de pressions i la densitat  $\gamma$  segons l'expressió:

$$Q = \beta \cdot S \cdot W = \beta \cdot S \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot H}{\gamma}} \quad \text{On } S \text{ és la secció, } H \text{ la pressió i } \beta \text{ un coeficient}$$

Aquesta expressió és vàlida per l'aire i el combustible. El coeficient  $\beta$  és una funció creixent de  $H$  com una conseqüència de la suma del flux laminar i turbulent del calibre. Les variacions del coeficient  $\beta$ , tot i depenent de  $H$  són funció de la longitud, el diàmetre i la forma de l'extrem del calibre.

Per tant, si el tarat del carburador és per un règim d'altres revolucions la raó de mescla serà excessivament pobre a baixes revolucions i viceversa. Per evitar aquests inconvenients s'han ideat diferents dispositius per solucionar aquest problema, l'objectiu dels quals és empobrir la mescla a altes revolucions i enriquir a baixes. Els més coneguts són:

§ El carburador amb calibre compensador (Zenith)

Aquest sistema es basa en afegir un flux complementari constant de combustible que permeti enriquir a baixes rpm i aconseguir una mescla pobra a altes rpm.

§ El carburador d'aire suplementari (Krebs-Pallas)



La mescla del carburador, dosificada per règims baixos, és empobrida a règims alts mitjançant una aportació suplementària d'aire.

#### § El carburador d'aire antagonista (Solex-Weber)

La mescla del carburador, dosificada per règims baixos, és empobrida a règims alts mitjançant l'acció antagonista de l'aire a règims alts.

### 3.2.2 Control de la dosificació en els carburadors

En el cas del carburador disposa de diferents elements per aconseguir, a cada moment, la correcta relació aire – gasolina. Parlaríem dels circuits interns del combustible, com ara dels enriquidors (bomba d'acceleració), el circuit al ralenti o a les diferents mides de gicler. Tot i així cada fabricant ha adoptat estratègies diferents tal com hem vist en l'apartat anterior.

#### Descripció d'un carburador genèric. Parts principals

Per entendre millor com funciona un carburador fem una descripció bàsica dels components bàsics, però cal tenir en compte que la complexitat varia molt en funció de cada fabricant i de l'ús que se'n faci. Podem dir que un carburador tipus té les següents parts:

- a) Un dipòsit anomenat *cuba*, on és manté a un nivell constant el nivell del combustible respecte del sortidor. Aquesta està equipada amb un flotador que actua sobre una vàlvula cònica que obre i tanca en funció del consum de combustible. Aquest sistema tot i ser senzill és un sistema eficient, sense pertorbacions i bon comportament en pujades i revolts.
- b) Un *difusor* en forma de tub de Venturi, el qual serveix per crear a l'altura del sortidor la depressió necessària per l'aspiració del carburant.
- c) Un *sortidor* del qual flueix el carburant reclamat per la depressió generada per la part més estreta del tub de Venturi. El cabal del sortidor està determinat pel diàmetre del calibre, el qual és variable en funció de la dosificació que vulguem.
- d) Una *vàlvula*, normalment de papallona, situada després del sortidor, que serveix com a regulador de la quantitat d'aire i per tant de la mescla introduïda dins dels cilindres. La vàlvula també pot ser en forma de cunya, comporta o mascle cilíndric.



### 3.2.3 Tipus de carburadors

Tot i la gran varietat de carburadors que existeix en el mercat, els podríem dividir en dos grans grups: carburadors de tir directe i de buit constant.

*Els carburadors de tir directe s'anomenen d'aquesta forma perquè la campana que regula el pas de l'aire és accionat directament pel puny del gas.*

*Els carburadors de buit constant o de depressió s'anomenen d'aquesta forma perquè la campana és accionada per la depressió produïda per l'admissió. En aquest cas el puny de gas regula la vàlvula de papallona del conducte.*

En els carburadors de tir directe la molla de la campana només influeix en la duresa del puny de gas, en canvi en un de depressió la resistència només està en funció de la papallona.

#### Diferències entre ambdós tipus

En aquells carburadors de tir directe presenten com a problema més gran l'efecte negatiu de les inèrcies de l'aire i de la gasolina. Quan es produeixen sol·licitacions excessives de potència, la quantitat de gasolina necessària no pot augmentar de la mateixa forma. Aquesta situació produeix l'aparició de buits importants en la carburació.

Quan aixequem sobtadament la campana del carburador augmentem el flux aspirat, però tarda uns instants en fer-se efectiu a causa de la inèrcia de l'aire. Per l'altra banda en augmentar la secció de pas es produeix un descens de la depressió, la qual cosa provoca que la gasolina arrossegada per l'aire sigui molt menor produint una dosificació deficient i provocant un buit en la carburació. També cal tenir en compte que la inèrcia de la gasolina és més gran que l'aire, per tant quan hi ha acceleracions on es demana mesclades més riques s'utilitzin dispositius complementaris per garantir dosificacions més riques com ara bombes d'acceleració.

En els carburadors de buit constant neix com la solució als buits en la carburació, aconseguint automatitzar l'aixecament de la campana del carburador, que no és aixecada directament pel puny del gas sinó per la depressió generada per l'obertura de la papallona. En el cas d'una obertura brusca la depressió no cau perquè la velocitat de l'aire es manté constant i només anirà



augmentant l'altura de la campana en funció de l'increment del règim del motor. S'entén que el nom de "buit constant" vol dir que la depressió dins el cos del carburador es manté constant.

Aquest mètode de regulació també planteja inconvenients: no pot ser utilitzat en motors de dos temps i tenen un retard en la resposta davant la sol·licitació perquè la inèrcia de la campana és més gran sobretot en aixecar-se. Aquest fet fa que no siguin útils per a motocicletes de caràcter clarament esportiu.



### 3.3 Injecció en els motors de gasolina

L'admissió per injecció s'ha anat desenvolupant en l'objectiu d'obtenir millors prestacions, però actualment s'ha centrat també en reduir el consum de combustible i les emissions contaminants.

La injecció té l'avantatge potencial d'un major rendiment volumètric, per l'absència del tub de Venturi.

I per tant un menor consum, major parell i potència. Una altra característica molt important és la possibilitat de disposar de la dosificació precisa de gasolina en qualsevol de funcionament i en les fases de transició (acceleració negativa i positiva, arrencada en fred i ralenti). Els desavantatges de la injecció són un major cost i una complexitat més gran.

#### 3.3.1 Tipus de sistemes d'injecció

D'injeccions n'hi ha de dos grans tipus: d'indirectes i de directes. Tot seguit en fem una descripció de les dues.

La injecció directa

La injecció directa a la cambra de combustió planteja una sèrie de problemes tecnològics importants en els motors de gasolina:

- § La pressió d'injecció ha de ser alta.
- § La durada del flux de gasolina ha de ser molt breu.
- § L'injector ha de resistir les temperatures elevades de l'interior del cilindre, per tant la seva fabricació ha de ser precisa i robusta, suposant uns costos més elevats.

La injecció indirecta

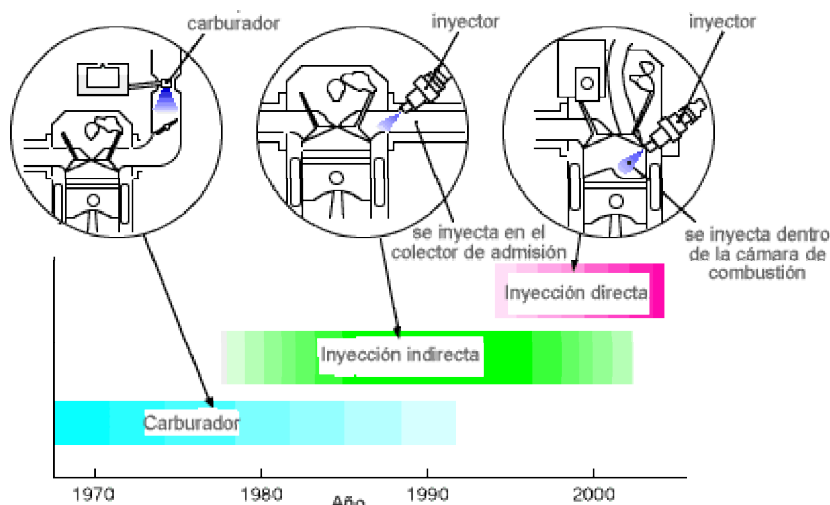
Aquest tipus d'injecció es realitza en els conductes d'admissió dels cilindres o a l'entrada del col·lector, fora de la cambra de combustió. Aquest sistema planteja menys inconvenients que la indirecta i els següents avantatges:

- § La pressió és relativament baixa.
- § No requereix d'una bomba impulsada mecànicament en fase amb el motor.
- § Els injectors no estan sotmesos a altes temperatures.





Aquest sistema d'injecció és utilitzat en la majoria dels turismes actuals de gasolina. Dins d'aquest sistema podem fer dues subdivisions, la multipoint ( injecció múltiple ) cada cilindre disposa d'un injector en el seu conducte d'admissió i en monopunt els diferents cilindres són alimentats per un sol injector en el seu col·lector d'admissió. De forma molt clara podem veure en la figura 3.2 com i on s'introdueix la gasolina dins del conducte d'admissió.



### 3.3.2 Característiques principals d'un sistema d'alimentació

Tot sistema d'alimentació de gasolina per un motor de 4T ha de complir uns requisits bàsics i al mateix temps serà més precís i eficaç com més eficientment controli els paràmetres següents:

- Medició precisa del pes de l'aire  
S'ha de poder calcular el pes de l'aire que entra pel conducte d'admissió per aportar el pes necessari de gasolina. Per tant és controlarà la temperatura de l'aire i la pressió atmosfèrica.
- Velocitat de gir del motor  
La modificació de la dosificació s'ha de poder realitzar d'acord amb el règim de gir del motor. Quant el motor gira a règims alts, el temps de combustió es redueix i necessita una mescla més rica per funcionar.
- Temperatura del motor  
Un motor en fred té moltes pèrdues de calor i per tant necessita una mescla més rica. El sistema d'injecció ha de tenir en compte el canvi de temperatura per anar empobrint la dosificació gradualment.



- Control de la contaminació

Per tal d'augmentar el rendiment del motor, disminuir el consum i eliminar gasos contaminants, el sistema ha de disposar d'un analitzador de gasos permanent que permeti si cal empobrir la mescla per contribuir a una millor combustió dels gasos.

Les condicions anteriorment descrites no són plenament completes per cap dels sistemes d'admissió actualment fabricats, però també és clar que és el carburador és el sistema més ineficient tot i la maduresa del seu disseny.

### 3.3.3 Components principals d'un sistema d'injecció

Aquest apartat descriurem les parts i el funcionament típic d'un sistema d'injecció monopunt de gasolina.

En els sistemes d'injecció de gasolina l'aire no té la funció d'aspirar la gasolina, per tant el recorregut d'ambdós segueix camins diferents, un per la gasolina i l'altre per l'aire.

L'aire passa primer pel filtre d'aire i després per un sensor o aparell de control que mesura la quantitat d'aire que entra pel conducte. Aquest aparell pot tenir múltiples possibilitats; un sistema de *papallona - sonda*, on s'instal·la una comporta que l'aire ha d'accionar per poder-se introduir, un sistema de *fil calent*, on l'aire refrigera aquest fil donant uns valors de resistència molt determinats que són recollits per la unitat electrònica de control, i d'altres.

Les dades recollides pels sensors són recollides per la *unitat de electrònica de control (UEC)*, que és l'encarregada de gestionar totes les dades i de donar els senyals de sortida adequats a cada moment.

En tots els casos el pas de l'aire està graduat per la vàlvula de papallona present també en els carburadors.

Un cop superat aquest últim pas arriba fins al col·lector d'admissió on es troba amb la benzina.



La gasolina és aspirada per una bomba elèctrica anomenada habitualment com a *electrobomba*. Des d'aquí passa a través d'un microfiltre i per un *regulador de pressió* que s'encarrega de corregir les possibles variacions produïdes per l'electrobomba i es dirigeix cap a l'injector situat en el col·lector d'admissió on es barreja amb l'aire formant una mescla homogènia i apta per la combustió.

La pressió de treball de l'electrobomba està al voltant del 1,5 bars pels sistemes monopunt, per les injeccions multipunt augmenta fins als 2,5 bars. Tot i aquesta pressió l'injector resta tanca mentre no rep un senyal elèctric que l'acciioni.

### 3.3.4 Control de la dosificació en la injecció

Els sistemes d'injecció disposen d'un dispositiu que permeten oferir una major exactitud de la dosificació de la mescla, en funció dels condicionants de cada moment. Es pot controlar constantment i instantàniament el volum de combustible aportat per a cada situació.

Els sistemes electrònics disposen d'una UEC (unitat electrònica de control), la qual és un component on podem memoritzar prèviament totes les situacions possibles del motor, relacionant diferents informacions al mateix temps determinem quina és la càrrega de combustible més adient. Les dades que conté la UEC són determinades prèviament d'una forma

molt exacta en el banc de proves, en el qual disposem de tots els necessaris per poder realitzar una dosificació acurada del nostre motor.

Un cop fetes totes les proves per obtenir la millor mescla possible, totes les dades recollides són memoritzades en la UEC.

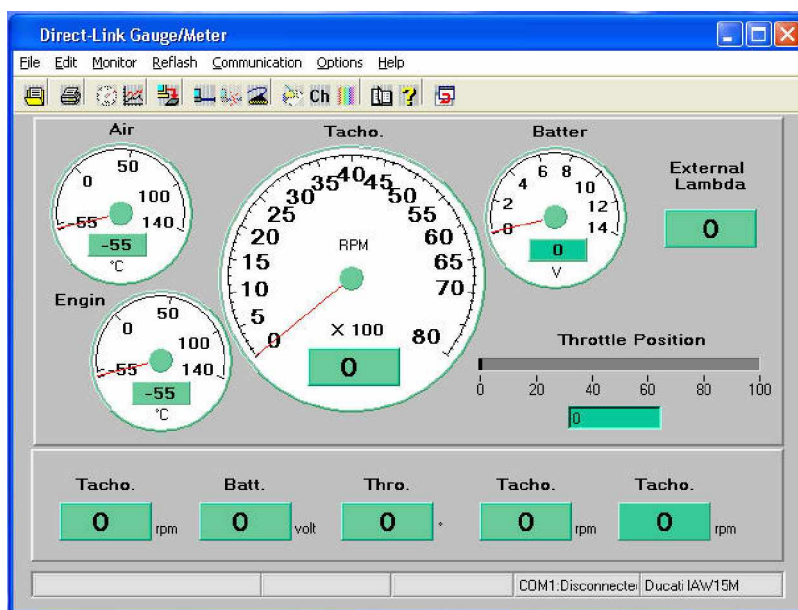


Fig. 3.3



Per la programació de la centralita utilitzem el següent procediment, es connecta l' ECU a través d'un port paral·lel o USB a l'ordinador. El programari utilitzat és de tipus Windows, en les figures 3.3 i 3.4 podem veure l'entorn de treball que utilitza el fabricant americà Technoresearch per la programació de les centralites i pels check-control. En la figura 3.3 es pot veure la pàgina bàsica on es mostren els paràmetres principals en l'assaig en el banc de proves.

Un altre detall que es pot observar en la figura 3.4 són els mapes ( anomenats de vegades en anglès ECU MAP ) de la centralita. Una representació en 3D de tres variables, per exemple una combinació pot ser potència, règim, consum.

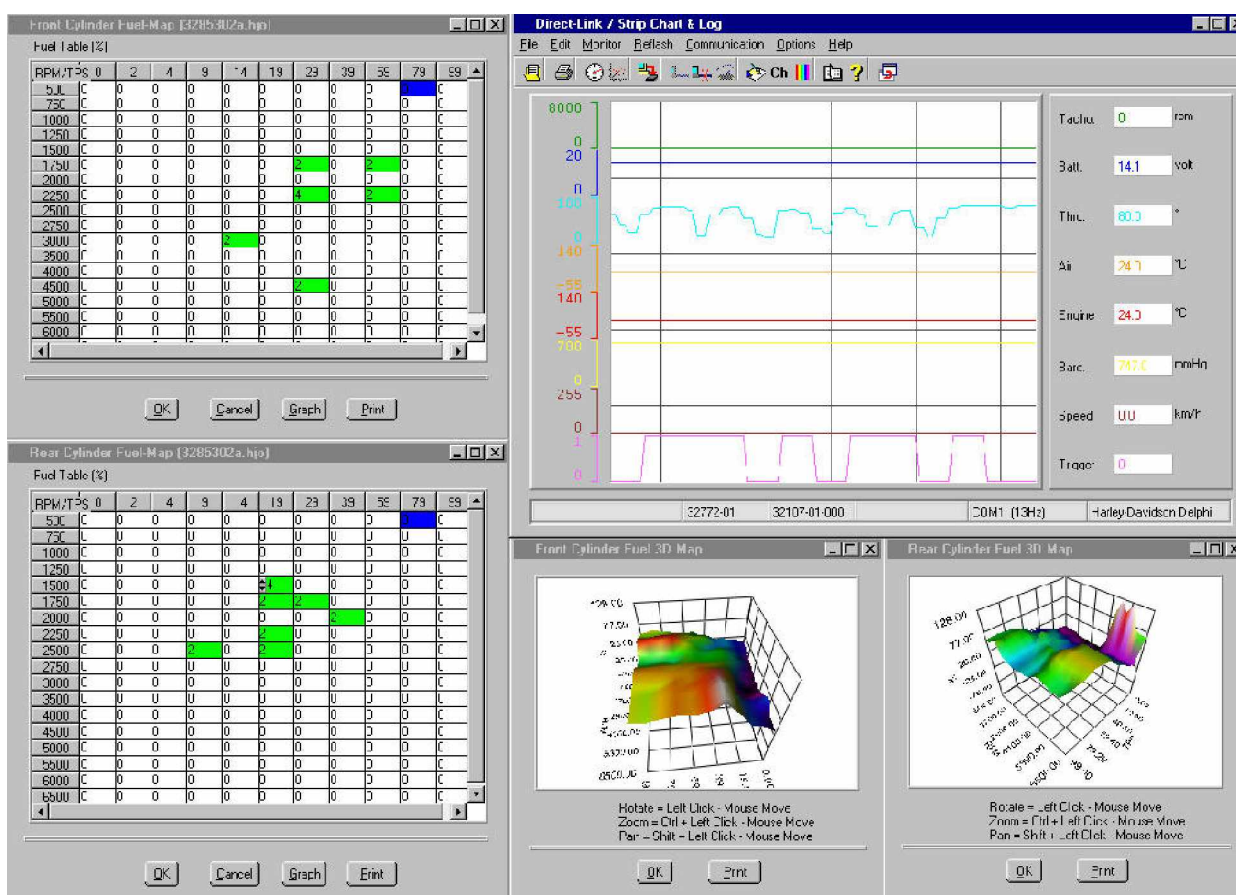


Fig. 3.4



### 3.4 Sistemes d'admissió utilitzats

En les proves que s'han realitzat a continuació s'ha fet sobre el mateix bloc, per tant només s'ha variat el sistema d'admissió.

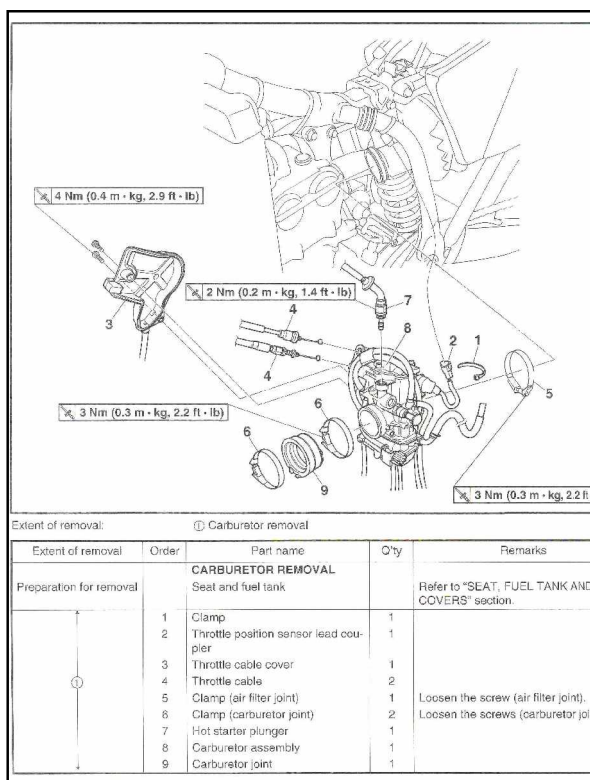
Per fer un estudi comparatiu del sistema d'admissió s'ha utilitzat per un costat un carburador convencional i per l'altre el sistema d'admissió estàndard de la GAS GAS FSE 450, en els dos casos la configuració mecànica ha estat la mateixa.

#### 3.4.1 Sistema de depressió ( carburació)

La pràctica de l'enduro suposa equipar la motocicleta d'un sistema d'admissió ràpid al tacte i d'una resposta "explosiva", per tant d'un ús clarament esportiu. Per donar resposta a aquestes necessitats és necessari la utilització d'un carburador de tir directe. En el nostre cas hem escollit la utilització un carburador fabricat per la casa japonesa Keihin. En la figura 3.5 es pot veure a la dreta del cilindre connectat a la caixa del filtre d'aire, de color negre.



Fig. 3.5



En la figura 3.6 podem veure un especejament parcial del carburador Keihin, on podem comprovar que el cable del gas, número 4 de la figura, aixeca directament la campaneta que deixa passar la mescla, com tot carburador de tir directe.

Fig. 3.6



Resultats obtinguts en la carburació

Nom comercial	Fabricant	Tipus lubricant
OIL GXS	GRO	Sintètic 100%

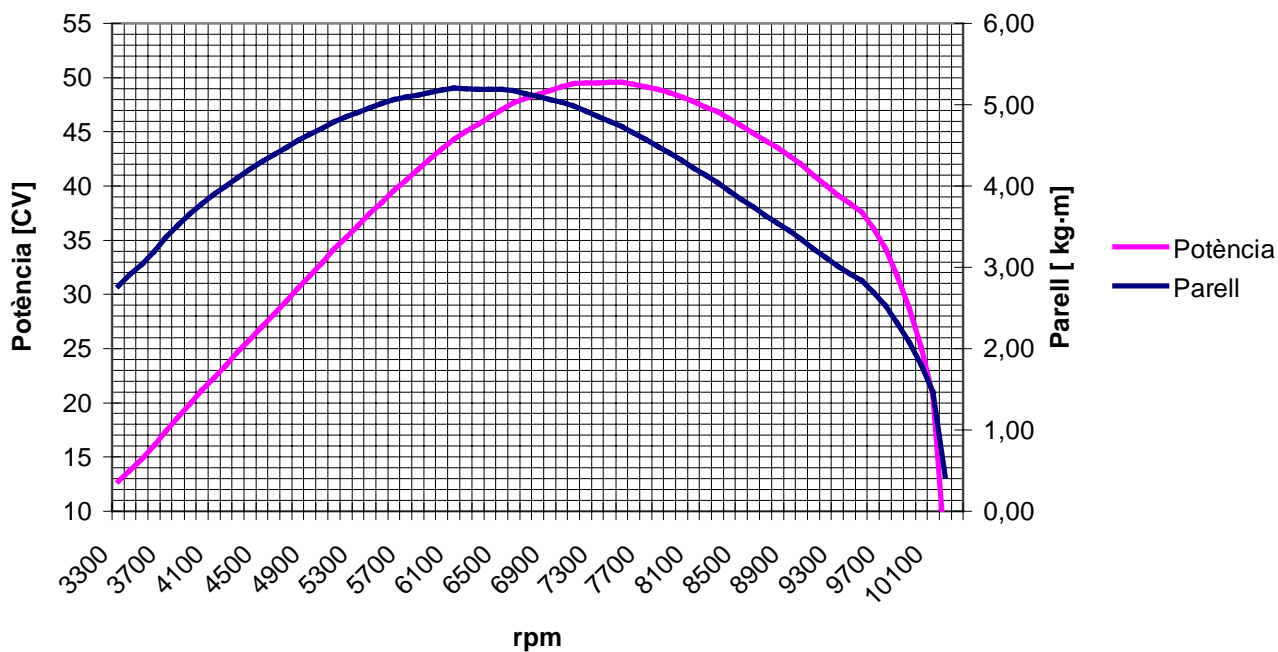
Condicions atmosfèriques

Temperatura [°C]	Pressió atmosfèrica [mbar]	Humitat relativa [%]
27	990	60

Resultats obtinguts

Potència màxima [CV]	Parell màxim [Kgm]
49,61 a 7300 rpm	5,21 a 6100 rpm

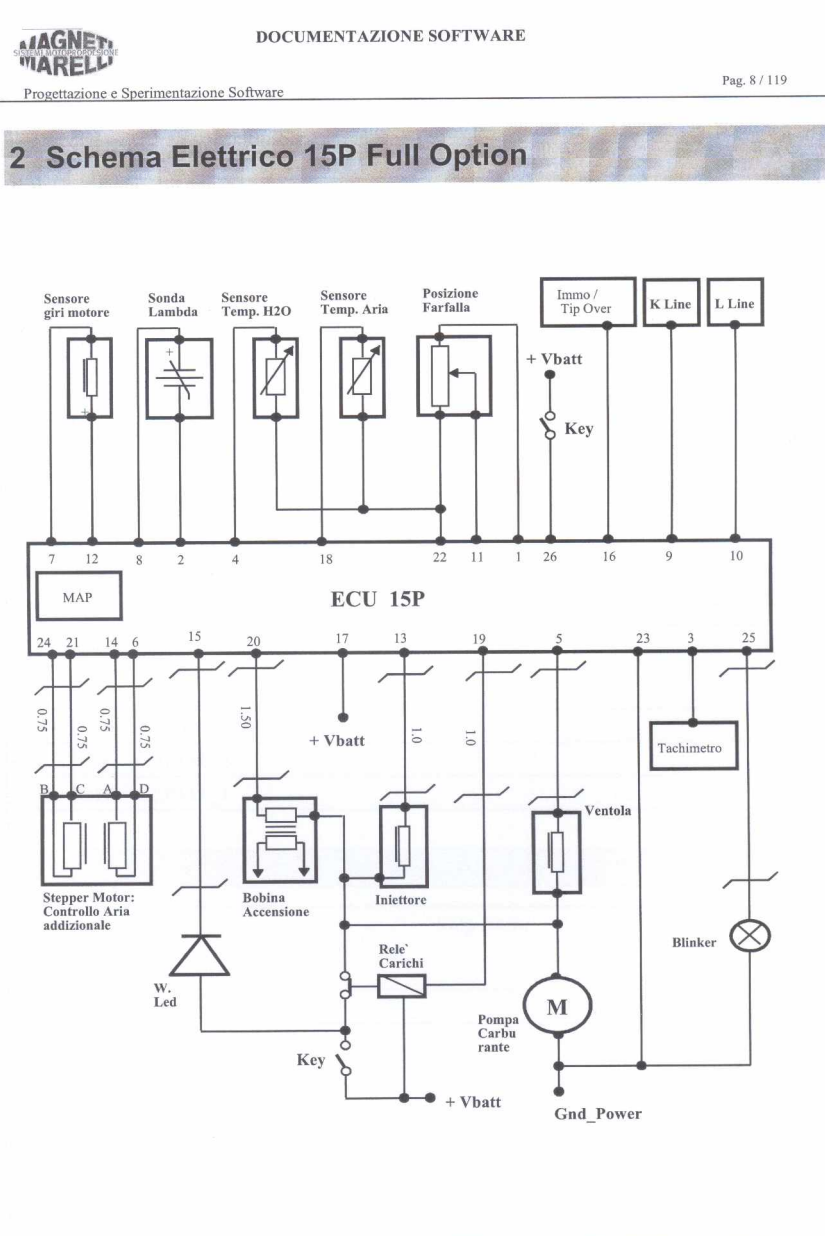
Prova 626 - Carburador





### 3.4.2 Sistema d'injecció de GASGAS

El motor de la motocicleta d'enduro de la GAS GAS FSE 450 està equipat amb un sistema d'injecció fabricat i dissenyat per la companyia Magneti Marelli. Aquest està basat en la injecció monopunt de la casa BOSCH anomenat Mono-Jetronic. En la figura 3.7 podem l'esquema elèctric de la centralita la IAW15P.



Rev. B.0

Specifiche\_IAW15P

Fig. 3.7



La centralita IAW15P té com a funcions principals:

- § Condicionament del senyal
- § Autodiagnosi
- § Gestió del carburant
- § Gestió de l'aire addicional
- § Gestió del taquímetre
- § Gestió de la comunicació

El processador de la centralita treballa a una freqüència de 16 Mhz . La IAW15P disposa d'un convertidor analògic digital de 8 bits amb vuit canals, dels quals set estan ocupats amb les següents funcions:

1. Definir posició de la papallona
2. Definir temperatura de l'aigua
3. Definir temperatura de l'aire
4. Definir pressió atmosfèrica
5. Definir tensió de la bateria
6. Definir senyal de la sonda lambda
7. Definir posició de la clau

Tot seguit fem una descripció de les parts més importants del sistema elèctric.

Connector de diagnosi

Aquest és el port de comunicació entre l'ECU i l'ordinador personal. D'aquesta forma podem programar la memòria de la centralita. Al mateix temps ens serveix per poder-hi connectar el check-control i comprovar el bon funcionament de tots els components.

Warning led

Ens indica el mal funcionament del sistema electrònic.

Relé de potència

El relé s'activa amb la clau de contacte de la motocicleta. D'aquesta forma alimentem a tot el circuit electrònic.

Commutador d'encesa

Commutador que s'activa normalment amb una clau.





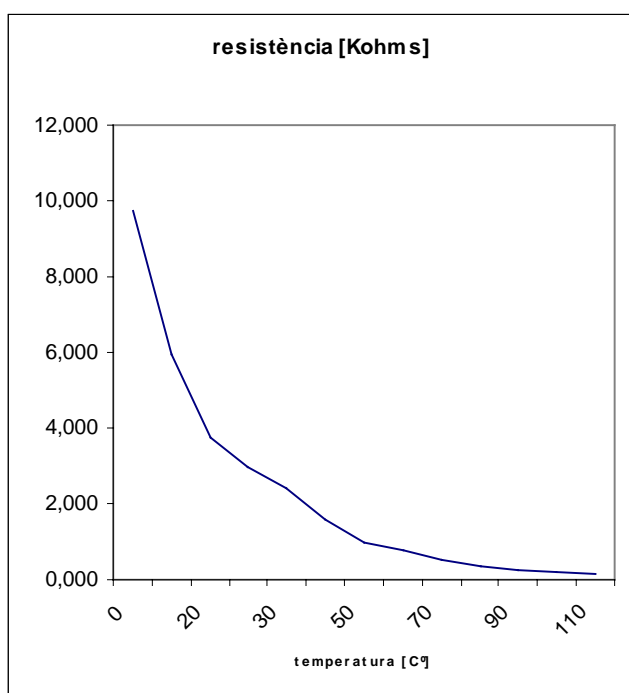
Sensor de gir

Aquest sensor és l'encarregat de controlar el gir del motor; d'aquesta forma podem saber en quin punt del cicle estem.

Sensor de temperatura d'aire i d'aigua

Els sensors d'aire i temperatura estan fabricats amb el mateix tipus de dispositiu, un termistor.

Les característiques constructives dels termistors són evidentment diferents, però tenen el mateix comportament.



El termistor utilitzat és de la classe NTC, amb un coeficient de resistència negatiu. La resistència baixa en augmentar la temperatura, amb la següent relació entre resistència i temperatura, tal com es pot veure en la figura 3.8.

Fig.3.8 Valors i representació gràfica de la corba del termistor

Potenciòmetre de la papallona

La papallona de l'admissió té acoblat un potenciòmetre; d'aquesta forma podem transformar un moviment mecànic en un senyal elèctric fàcil d'interpretar per l'ECU.

Sensor de pressió d'aire (intern a l'ECU)

Aquest sensor està instal·lat en l'interior de la centralita electrònica.



### 3.5 Comparativa de resultats

En les pàgines següents trobarem les proves realitzades sobre un mateix motor amb diferents reglatges de l'ECU.

#### 3.5.1 Comparativa de resultats entre proves amb sistema d'injecció

En aquest apartat fem una comparativa entre tres diferents reglatges de la centraleta (ECU) amb resultats diferents.



### Prova 3.1.1. Tall de la injecció a 10.600 rpm i reglatge esport

Nom comercial	Fabricant	Tipus lubricant
OIL GXS	GRO	Sintètic 100%

### Condicions atmosfèriques

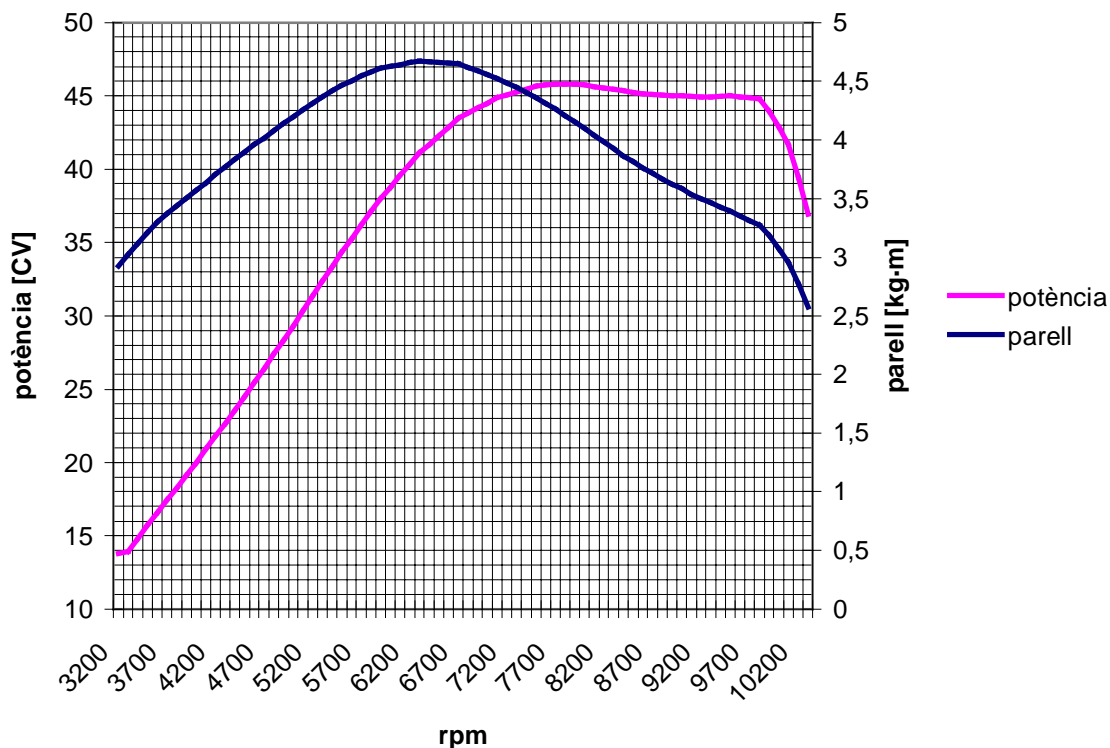
Temperatura [°C]	Pressió atmosfèrica [mbar]	Humitat relativa [%]
27	990	60

### Resultats obtinguts

Potència màxima [CV]	Parell màxim [Kgm]
45,83 a 7850 rpm	4,67 a 6300 rpm

### Gràfica de la prova

**Prova 624 - Tall a 10.600 rpm i reglatge esportiu**





### Prova 3.1.2 Tall de la injecció a 9500 rpm i reglatge estàndard

Nom comercial	Fabricant	Tipus lubricant
OIL GXS	GRO	Sintètic 100%

### Condicions atmosfèriques

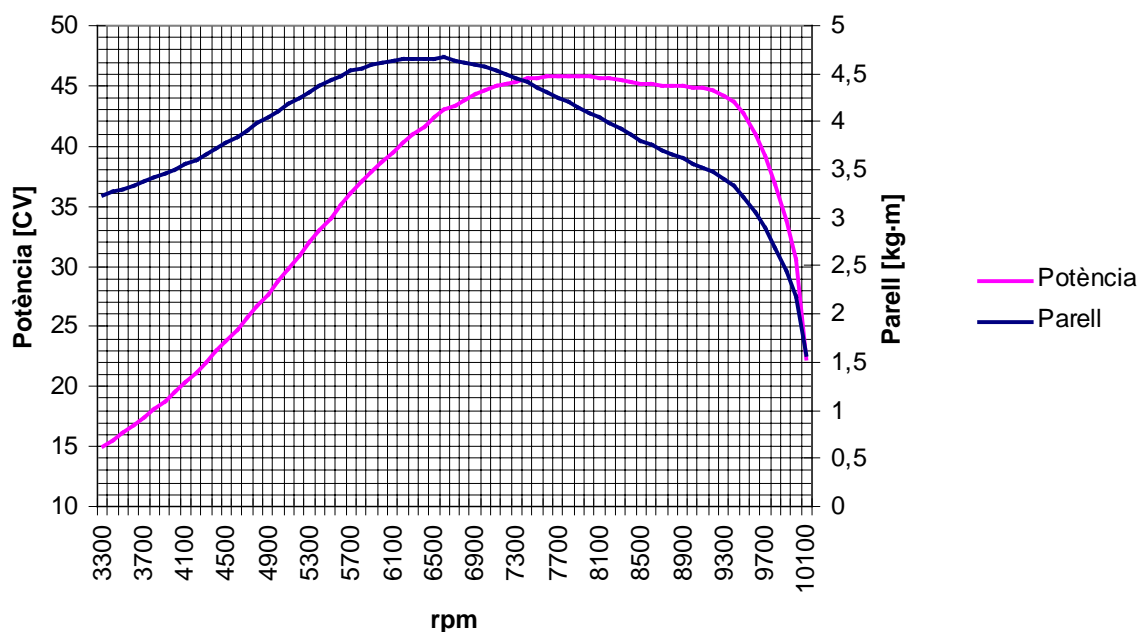
Temperatura [°C]	Pressió atmosfèrica [mbar]	Humitat relativa [%]
27	990	60

### Resultats obtinguts

Potència màxima [CV]	Parell màxim [Kgm]
45,29 a 7600 rpm	4,63 a 6300 rpm

### Gràfica de la prova

#### Prova 622- Tall a 9500 rpm i reglatge estàndard





### Prova 3.1.3 Tall de la injecció a 10.100 rpm i reglatge esport

Nom comercial	Fabricant	Tipus lubricant
OIL GXS	GRO	Sintètic 100%

### Condicions atmosfèriques

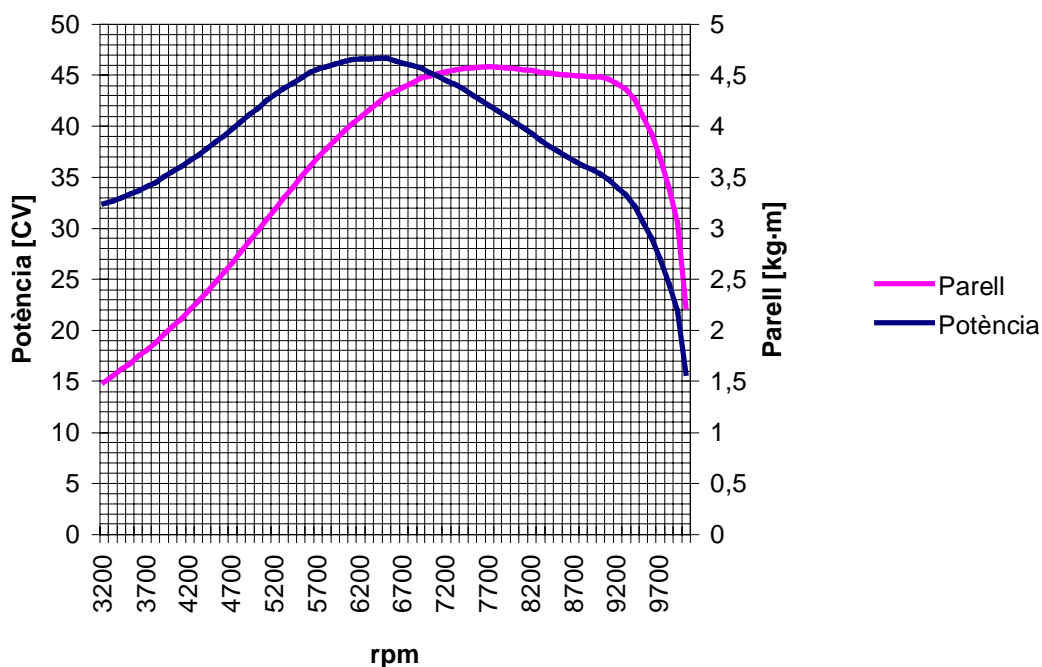
Temperatura [°C]	Pressió atmosfèrica [mbar]	Humitat relativa [%]
27	990	58

### Resultats obtinguts

Potència màxima [CV]	Parell màxim [Kgm]
45,83 a 7800 rpm	4,67 a 6300 rpm

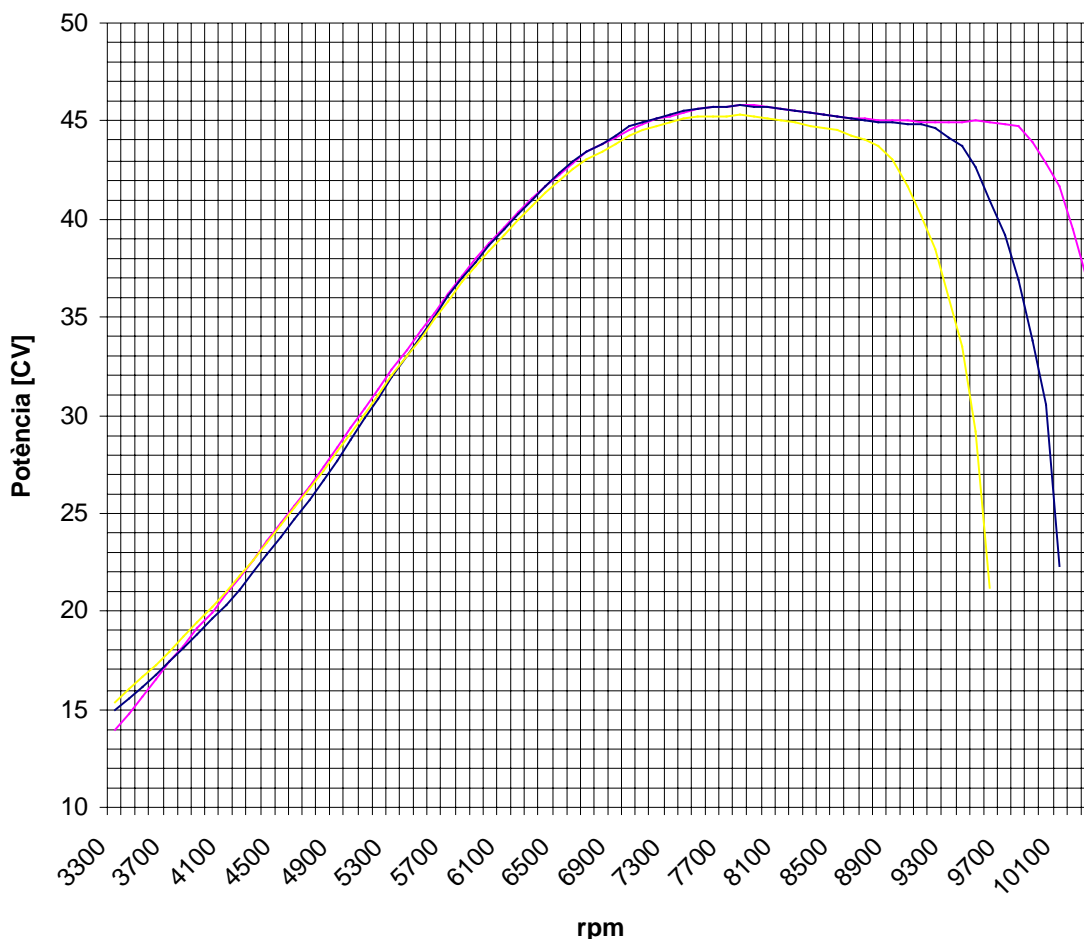
Gràfica de la prova

### Prova 623 - Tall a 10.100 rpm i reglatge esportiu





### Comparativa de potències



- Tall a 10,600 i reglatge esportiu
- Tall a 10,100 rpm i reglatge esportiu
- Tall a 9,500 rpm i reglatge estàndard

Hem realitzat tres reglatges diferents mitjançant la centraleta electrònica, tal com queda especificat a la llegenda. Podem dividir les tres corbes en dos subgrups:

1. Reglatge estàndard amb tall de la injecció a 9.500 rpm

La seva corba de potència es mostra superior a les altres fins a les 4.000 rpm, amb diferències que oscil·len entre els 0.3- 1.2 CV. En la resta de la corba els reglatges esportius es mostren superiors sobretot a partir de les 7.000 rpm. També cal destacar dos aspectes:



- § La potència màxima aconseguida pel reglatge estàndard és 0,5 CV inferior als reglatges esportius.
- § El tall d'injecció es produeix a 9.500 rpm quan la resta ho fan a 10.100 i 10.6000 rpm, un fet que en pistes ràpides pot ser un fort inconvenient.

Reglatge esportiu amb tall de la injecció per sobre de les 9.500

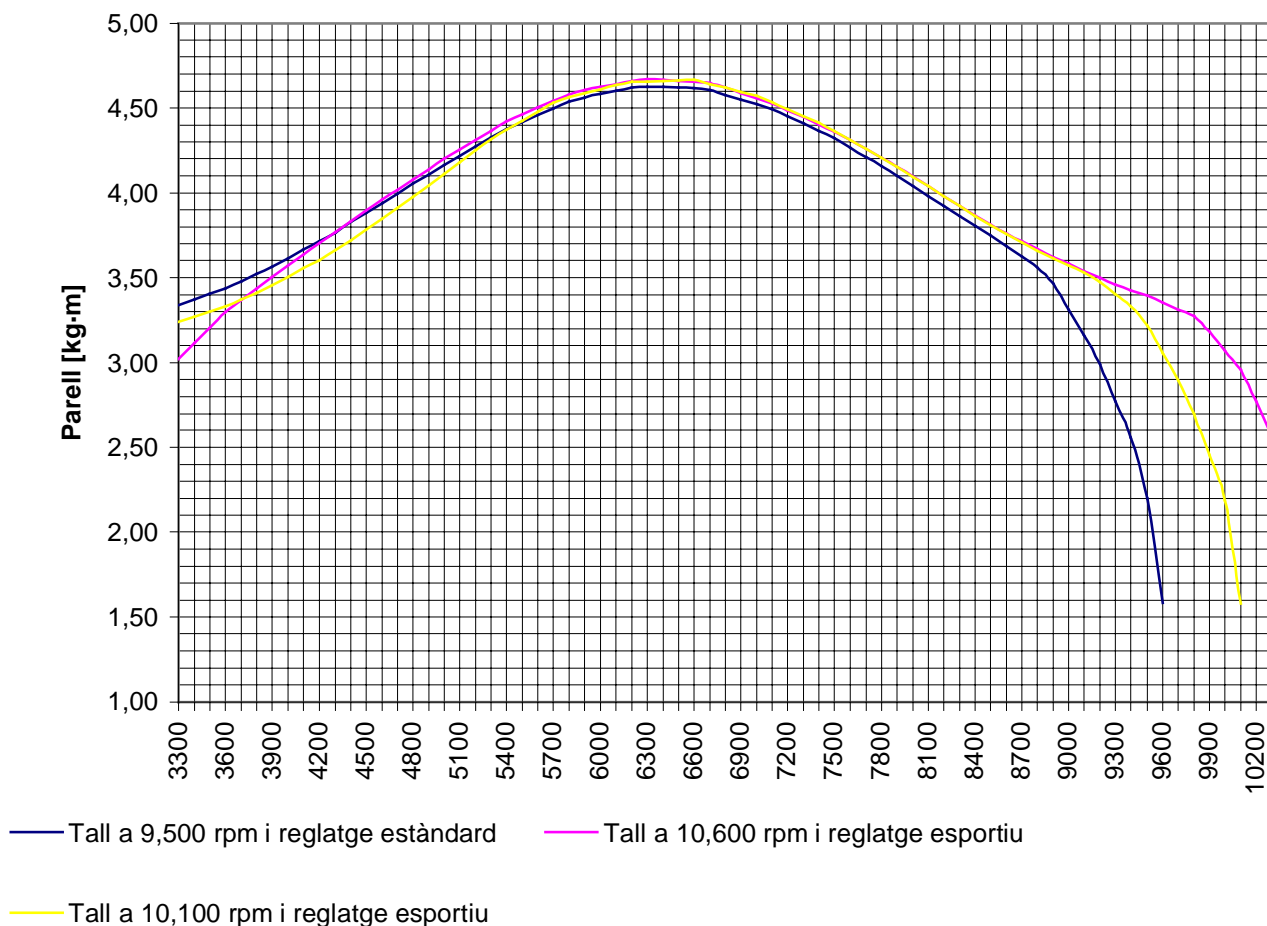
La corba del reglatge esportiu es mostra superior a l'estàndard en 0,5 CV en la potència màxima, però a més a més cal destacar dues les següents característiques:

- § La corba que talla a 10.600 rpm manté constant la potència de 45 CV més temps.
- § La corba a 10.600 rpm és lleugerament superior a la de 10.100 rpm en el tram comprès entre les 4.200 i les 5.200.

Comparant la resposta de les tres corbes podem dir que la millor corba és la de reglatge esportiu que talla a 10.600 rpm.



### Comparativa de parells



Com a fet més destacable de la corba de parell és la resposta superior que té el parell del reglatge estàndard en l'interval comprès entre les 3.300 rpm i 4.600 rpm. En canvi la resta del règim la millor, si més no la més completa, és la de 10.600 rpm.

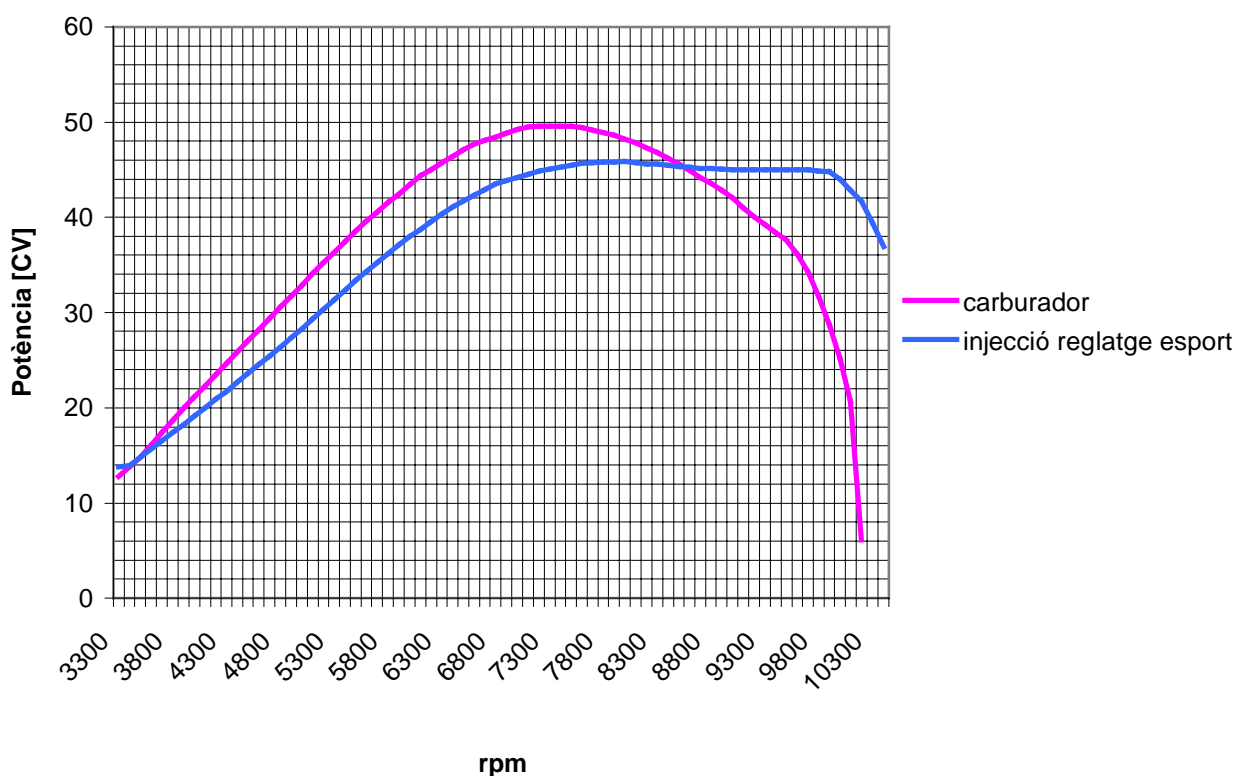




### 3.5.2 Comparativa de resultats entre sistema d'injecció i carburació

En aquesta gràfica comparem la millor prova del sistema d'injecció amb distribució estàndard i la prova realitzada amb el carburador.

#### Comparativa de potències - Carburador vs. Injecció



Comparant aquestes dues corbes destaquem dues coses:

- § La corba del carburador és superior a la d'injecció, amb això es desfà el malentès que la injecció és sempre superior en prestacions a la carburació.
- § La corba d'injecció és més plana, sobretot a partir de les 7.800 rpm, on es mostra superior. Aquest tipus de corba ens indica un parell més constant. Això té com avantatge que permet una conducció més fàcil perquè el lliurament de potència del motor no presenta salts sobtats que dificultin una conducció suau.



### 3.6 Conclusions sobre els sistemes d'admissió

Un cop hem fet un estudi teòric i pràctic dels sistemes d'admissió podem extreure les següents conclusions:

- § La injecció permet tenir més ajustada la dosificació de la mescla a cada moment.
- § La gestió que realitza l'ECU permet un canvi de la dosificació si varien les condicions climàtiques d'una forma automàtica.
- § La programació de l'ECU ens permet tenir més flexibilitat i rapidesa en els canvis de reglatges, només cal reprogramar-la no cal canviar cap peça del sistema d'admissió com passa amb els carburadors. Aquesta facilitat de canvi de reglatges ens permetria tenir una moto molt ajustada al gust del conductor.
- § Com inconvenient tenim que el sistema d'injecció és més costós.
- § En els sistemes d'injecció cal portar una bateria amb el sobreprès que això suposa.
- § Els sistemes d'injecció permeten obtenir una corba de potència més progressiva, per tant és més fàcil de conduir, més adient per un motorista no massa experimentat.



## CAPÍTOL 4 Distribució

### 4.1 Definició i objectiu

Es defineix el sistema de distribució com el conjunt dels òrgans mecànics que regulen l'entrada i la sortida dels gasos en el cilindre.

Els motors de 4T tenen - com hem comentat en capítols anteriors - quatre fases diferenciades; admissió, compressió, expansió i escapament. La precisa regulació i divisió de les fases està controlada i dirigida per un conjunt d'elements, els quals constitueixen el mecanisme distribució.

En aquest apartat ens centrarem com la variació dels angles d'obertura poden incidir en les prestacions del nostre motor.

### 4.2 Funció de la distribució

El mecanisme de distribució s'encarrega en els instants precisos de subministrar la mescla d'aire-combustible en la proporció adequada a la seva relació volumètrica, convertir en estanca la cambra de combustió durant les fases de compressió i expansió, permetre l'evacuació de gasos i funcionar sincronitzadament amb l'equip d'encesa.

### 4.3 Etapes de la distribució

Aquestes etapes ja han quedat descrites en els apartats inicials, tot i així en farem una breu descripció.

- **Admissió:** En aquesta etapa el pistó baixa fins arribar al punt mort inferior. En aquest desplaçament del pistó crea una depressió en el cilindre que facilita la introducció de la mescla aire-combustible en la cambra del cilindre. La vàlvula d'admissió resta oberta durant aquesta etapa.
- **Compressió:** un cop superat el PMI el pistó inicia el recorregut cap al PMS, la vàlvula d'admissió està tancada i la pressió de la càrrega augmenta.
- **Combustió – expansió:** La velocitat del pistó disminueix a mida que ens acostem al PMS, on es produeix l'explosió, tot seguit el pistó descendeix bruscament aprofitant l'energia de l'explosió.
- **Escapament :** Quan el pistó comença a apropar-se al PMI la vàlvula d'escapament s'obre i



el pistó canvia de sentit tornant cap al PMS i expulsant al mateix temps els gasos de la combustió i es prepara per començar un nou cicle.

#### 4.4 Tipus de distribució

Existeixen dos tipus de distribucions: la convencional amb trens accionats per molles i lleves i la desmodrònica.

##### Distribució desmodrònica

El principal objectiu d'aquest tipus de distribució és la voluntat de controlar constantment el moviment alternatiu del conjunt de les vàlvules. Això s'aconsegueix subjectant les vàlvules no amb ressorts d'acció antagonica sinó amb balancins de disseny especial, els quals reben l'impuls de la lleva corresponent. Aquesta transmissió no es fa com una distribució ordinària sinó que és constantment conduïda per la lleva en tot moment.

Les distribucions de tipus desmodrònica ofereixen una avantatge considerable respecte als accionaments típics amb molles per la retenció de les vàlvules d'aquesta forma s'elimina l'oscil·lació i el rebot ocasionat per la vibració. Al mateix s'elimina tots els fenòmens d'acceleració o desacceleració dels trens de les vàlvules, d'així impedim que les tiges de les vàlvules es separin dels seus empenyedors. D'aquesta forma eviten que les vàlvules entrin en flotació, un fenomen que es fa més evident com més gran és el règim de gir. A l'estar les vàlvules constantment conduïdes i retingudes pels propis mecanismes de la distribució, permet elevar les velocitats de gir. En contra partida aquest sistema d'accionament és d'un elevat cost, a causa de la complexitat del sistema de lubrificació.

##### Distribució convencional

El nostre motor 450 FSE utilitza aquest tipus de distribució, essent la més estesa. Per aquest motiu la detallarem amb molta precisió en els següents apartats, farem una descripció de tots els seus components.



#### 4.5 Descripció dels components de la distribució.

La majoria dels elements estant ubicats en la culata del motor ( vàlvules, arbre de lleves, molles, etc. ) . En la figura 4.1 poden veure les components del nostre motor .

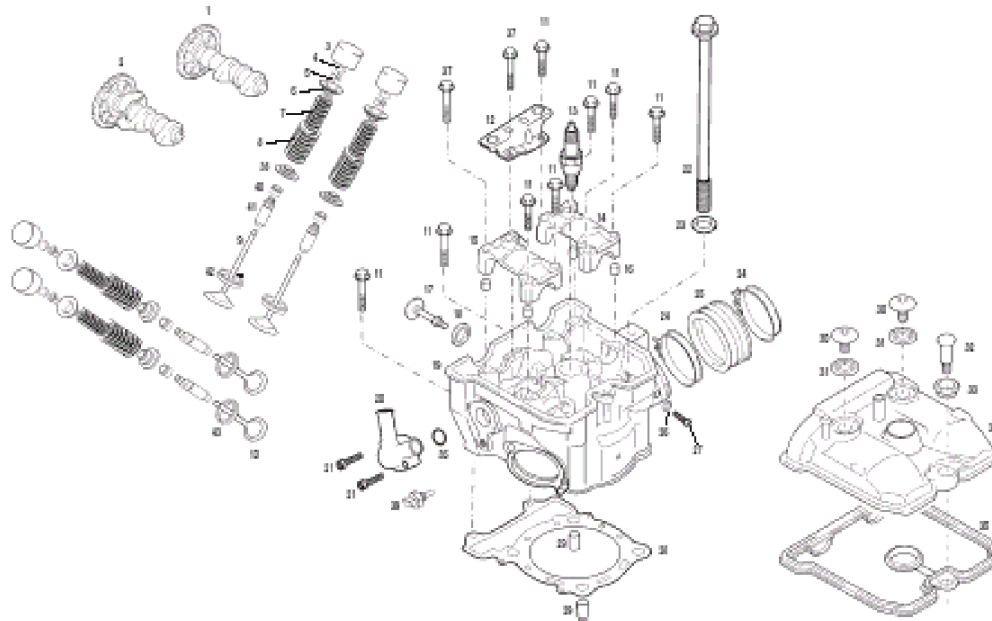


Fig. 4.1

##### 4.5.1 Les vàlvules

Són les responsables de controlar els gasos que entren o surten de dins del cilindre. La vàlvula està formada per tres parts: tija , seient i cap.

Les vàlvules estan fabricades amb acers d'alta qualitat a causa dels esforços que estan sotmesos tant de temperatura com de pressió i fatiga. Les temperatures de treball superen els 600°C. Les vàlvules són construïdes partint d'una peça cilíndrica mitjançant diferents tècniques ; extrusió, forja, etc.

Els seients de les vàlvules solen fabricar-se amb inclinacions que oscil·len entre 30° i 45° . Els caps de les vàlvules estan sotmeses a les altes temperatures produïdes per la combustió, per tant és molt important garantir la indeformabilitat davant de l'escalfor perquè apareixerien fugues de compressió i posteriors "cremades" de les vàlvules .



Les vàlvules d'escapament han de ser construïdes amb acers d'alta qualitat , en canvi les d'admissió poden tenen unes exigències menors perquè en el seu funcionament es veuen refrigerades per la mescla d'admissió.

Els acers utilitzats per la construcció de les vàlvules han experimentat variacions. Inicialment s'utilitzaven aliatge amb un 3% de silici i un 8% de crom. Aquests percentatges oferien un material fàcil de maquinari, però per altra banda la seva resistència a la tracció es reduïa des de 2.950 kg/cm<sup>2</sup> a 650° C fins a 323 kg/cm<sup>2</sup> a 860° C. L'escamació del material es produïa a partir de temperatures superiors als 950° C. La reducció de les cambres de combustió amb l'augment de la relació de compressió han portat increments de potència i règims de treball. Aquests increments han fet necessari la millora de les propietats mecàniques de les vàlvules, les aliatges actuals contenen un 2% de níquel que ha fet augmentar la resistència a tracció fins a 533 kg/cm<sup>2</sup> a 860° C i la temperatura d'escamació a 1180° C. Tot i així la millor resistència la presenten els aliatges d'acers austenítics no trempables, els quals presenten percentatges de níquel i crom al voltant del 28% . La resistència a tracció arriba fins a 1225 kg/cm<sup>2</sup> a 860° C amb una temperatura d'escamació superior als 1200° C només presenten com a inconvenient important un coeficient de dilatació més gran que la resta d'aliatges.



Fig. 4.2



Fig. 4.3

Les vàlvules del motor FSE 450

En el nostre cas utilitzem vàlvules planes amb un lleugera concavitat en la zona central. Disposem en la culata de dues vàlvules d'admissió i dues d'escapament en les figures 4.2 i 4.3 les podem veure amb més detall. El cap de les vàlvules

d'admissió té un diàmetre de 36mm i les d'escapament de 29 mm, les alçades totals són respectivament de 82.2 mm i de 81.3 mm. El seient de les dues vàlvules té una amplada que oscil·la entre 0,9 – 1,1 mm i un angle a 45°. El seient de la vàlvula presenta tres angles de mecanitzat 60°, 45° i 30 °. Les guies de les vàlvules són de bronze perquè tenen un coeficient de fricció menor.



#### 4.5.2 L'arbre de lleves

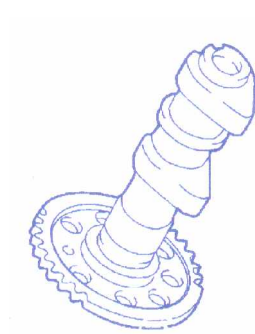


Fig. 4.4

L'arbre de lleves és un eix on hi van adherides les lleves. El moviment es transmet mitjançant una roda dentada que rep el moviment del cigonyal gràcies a la cadena que els uneix. En la figura 4.4 podem veure l'arbre de lleves utilitzat pel nostre motor.

La tendència general en tots els motors actuals és col·locar l'arbre de lleves en el pla més elevat del motor, d'aquesta forma reduïm el nombre de peces mòbils i facilitem el sincronisme.

L'arbre de lleves es pot situar de la següent manera:

- Situats al càrter: En aquest sistema l'arbre de lleves es situa en la part inferior del motor. Aquest tipus de disposició és la més econòmica. S'utilitza en motors que no han d'arribar a grans velocitats angulars. A més, el disseny dels elements que la formen són de gran simplicitat i molt bon funcionament.
- Situats a la culata: En aquest sistema situem l'arbre de lleves en la part superior del motor, o sigui en la part superior del cilindre. És per això que és el medi més directe de transmetre el moviment al tren de vàlvules, però també és el més costós, ja que per transmetre el moviment als eixos de les lleves es precisa d'un mecanisme més complicat que l'anterior.
- Arbre de lleves independent: Aquest sistema pertany als situats en la culata. Es tracta de dos arbres de lleves independents per cada joc de vàlvules d'escapament i admissió. Aquest sistema és el més utilitzat i el més efectiu.

#### 4.5.3 La lleva

La teoria de funcionament de les lleves està basada en la cinemàtica del cercle excèntric, quedant el moviment de la vàlvula subjecte al perfil d'aquesta. La figura 4.5 ens mostra quines són les principals parts de la lleva:

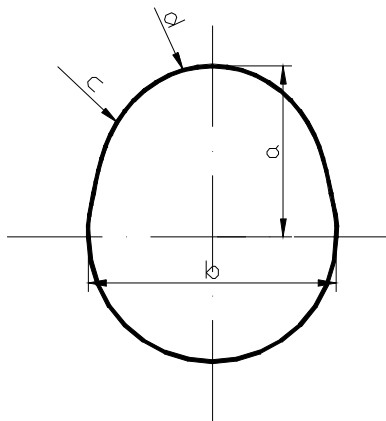


Fig. 4.5

- a) Radi de l'eix geomètric del cercle de la punta de la lleva .
- b) Diàmetre del cercle primitiu de l'eix de gir
- c) Flancs de la lleva o rampes d'atac
- d) Radi de la punta o distància angular del temps de permanència de la vàlvula totalment oberta.

La transmissió del moviment de rotació de la lleva al moviment lineal de la vàlvula es pot fer directament o mitjançant un element mecànic entre la lleva i la vàlvula anomenat empenyedors. En fer servir empenyedors reduïm l'alçada de la cresta de la lleva, els radis dels flancs són més curts i d'aquesta manera el funcionament de les vàlvules es més silenciós.

Tan mateix en la punta de lleva hi haurà una major distància angular de tal manera que s'obté un major temps de permanència de la vàlvula més oberta , cosa que afavoreix el rendiment volumètric del motor.

#### 4.5.4 Empenyadors

Es situen entre la lleva i la vàlvula i són els responsables de transmetre el moviment de rotació de la lleva a la vàlvula. N'existeixen de diferents tipus: de massissos amb forma cilíndrica i els de got utilitzats pel motor de GASGAS que podem veure'ls en les figures 4.6 i 4.7.



Fig. 4.6



Fig. 4.7





Els empenyadors estan en contacte directe amb la superfície de contorn de la lleva i per tant són els primers òrgans mecànics de la distribució que reben i transmeten el moviment transformant-lo de circular en rectilini alternatiu per virtut de la cinemàtica del cercle excèntric que té el perfil de la lleva.

#### 4.5.5 Ressorts

La missió dels ressorts és mantenir assentada la vàlvula contra el seu allotjament de la cambra de combustió, impedit que aquesta es mogui per efectes de la depressió que s'origina en l'interior dels cilindres.

El principal problema dels ressorts és l'oscil·lació que fan. Com a conseqüència d'aquest fenomen s'altera el diagrama de distribució. A causa de la carència de propietats correctes dels ressorts convencionals de pas d'hèlix constant s'han buscat noves solucions com són els ressorts de tensió gradual. Per tant podem dir que hi ha dues classes de ressorts de tensió contínua i de tensió gradual.

#### Ressorts de tensió gradual

En aquest tipus de ressort, el pas d'hèlix va augmentant des de la seva base, mentre que en el ressort de tensió constant tenen el mateix pas al llarg de la seva longitud. La variació del pas de la molla es pot veure figura 4.8.

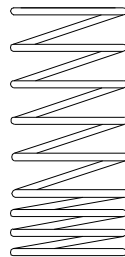


Fig. 4.8

El motiu de perquè estan més juntes aquestes primeres espines és perquè l'estar tan juntes és menor la força que s'ha de fer per guanyar la seva resistència i això beneficia per poder iniciar els primers moviments de la vàlvula.

Amb aquesta classe de ressorts s'ha pogut reduir el fenomen de l'oscil·lació però no s'ha pogut treure del tot, per això s'han buscat noves solucions.



### Remeis per l'oscil·lació

Quan les revolucions de l'arbre de lleves supera un cert punt, s'ha de proveir als ressort d'algun element que esmorteixi les oscil·lacions harmòniques, oscil·lacions que són independents de la freqüència pròpia de cada ressort.

Els dos sistemes més utilitzats per reduir aquest problema són els següents:

1. Cobrir els ressorts amb una funda elàstica en tota la longitud on el ressort es trobi completament comprimit. D'aquesta manera la funda de la figura 4.9 serveix de fre a les oscil·lacions de les espirals.

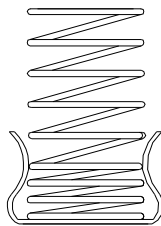


Fig. 4.9

2. Utilitzar dos ressorts concèntrics de diferent freqüència i disposant les espirals dels dos en sentit contrari. D'aquesta manera l'oscil·lació invertida de cada ressort anul·la la de l'altre, i s'origina d'aquesta manera un efecte de frenat per l'acció de les forces d'oposició dels dos ressorts. Aquest és el sistema utilitzat en el cas del nostre motor. Aquesta és la solució adoptada pel motor 450 FSE: s'han utilitzat dues molles concèntriques tal com es pot veure a la figura 4.10 i figura 4.11, essent la solució més habitual.



Fig.4.11



Fig.4.10



Tensió de les molles respecte de la cilindrada

Les molles estan construïdes amb acers aliats amb forces de treball que van dels 942 a 5600 kg, el mòdul d'elasticitat és en tots els casos al voltant de 800.000 kg/cm<sup>2</sup>.

La càrrega inicial que han de suportar els ressorts de les vàlvules varia directament del desplaçament de la cilindrada unitària i el quadrat de la velocitat mitja màxima de gir del motor. Per aquests càlculs hem agafat un coeficient fix de 0,083 kg/cm<sup>2</sup> per vàlvula totalment oberta i de 0,036 kg/cm<sup>2</sup> totalment tancada. Per motor en vàlvules sobre el pistó haurem d'agafar un coeficient de seguretat de 1,6 per compensar les masses dels mecanismes d'accionament que ha de vèncer el ressort.

En el nostre cas tenim:

$$Cilindrada = radi\_pistó^2 \times carrera \times \Pi$$

$$Cilindrada = 4,75 \times 6,259 \times \Pi = 443,6cc$$

Ara calculem la càrrega màxima del ressort amb la vàlvula totalment oberta

$$Càrrega\_màxima[kg] = cilindrada[cc] \times coef.val.\_oberta \times coef.seguretat$$

$$Càrrega\_màxima = 443,6 \times 0,083 \times 1,6 = 58,9kg$$

Aquesta tensió ens garantirà el bon funcionament de les vàlvules.

#### 4.5.6 Conjunt ressort vàlvula

A més a més dels components que hem descrit en els apartats anteriors també hi ha components petits però no menys importants. En la figura 4.12 i figura 4.13 veiem el plat semicònic responsable de comprimir els ressorts.



Fig. 4.12



Fig. 4.13



En la figura 4.14 tenim les pastilles de reglatge de les vàlvules, les quals són de gruix variable en funció de les necessitats de cada culata. En la figura 4.15 podem veure el conjunt complet de vàlvula i ressort.

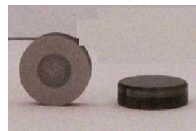


Fig. 4.14



Fig. 4.15



## 4.6 Principis teòrics

Per entendre millor com funciona la distribució d'un motor de 4T cal utilitzar un diagrama de distribució com el de la figura 4.16. D'aquesta forma podem fer un seguiment del moviment de les vàlvules i dels seus angles característics,

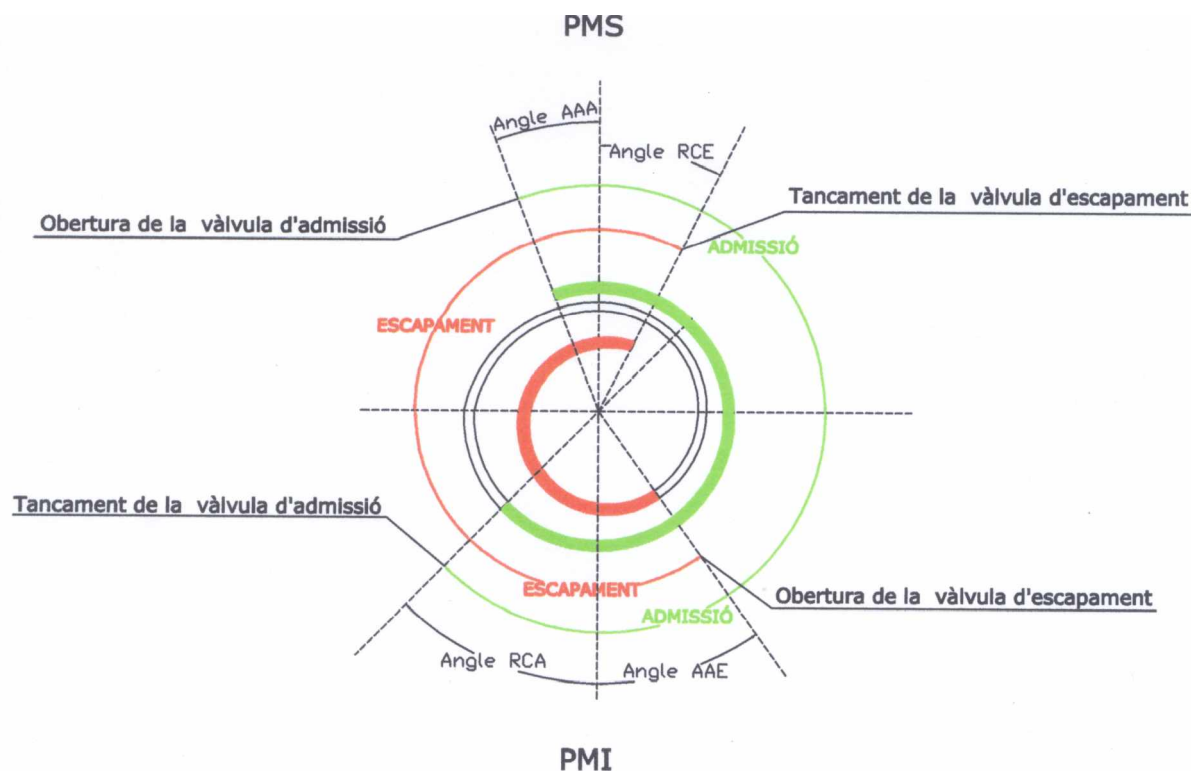


Fig. 4.16

Tot seguit justifiquem el perquè dels diferents angles característics:

Angle AAA. Avanç de l'obertura de la vàlvula d'aspiració ( respecte PMS )

El temps durant el qual es completa el moviment d'obertura és relativament llarg perquè per tenir un moviment regular no s'ha de superar certs valors de la velocitat i d'acceleració de les vàlvules.

Angle RCA. Retard del tancament de la vàlvula d'admissió ( respecte PMI )

El retard és a causa de a la mateixa raó per la qual l'obertura s'inicia amb avanç respecte el PMS. A més serveix per utilitzar l'energia cinètica del fluid en moviment en el conducte admissió.

Com més gran és  $n$  [rpm] més gran l'energia cinètica , per tant més gran és el retard de



tancament de la vàlvula.

Angle AAE. Avanç de l'obertura de la vàlvula d'escapament ( respecte PMI )

L'avanç té per objectiu rebaixar la pressió dels gasos cremats a un valor proper a l'atmosfèric, no hi ha una reducció apreciable del treball d'expansió. La reducció d'expansió ve compensat per la més completa expulsió dels gasos cremats.

Angle RCE .Retard del tancament de la vàlvula d'escapament ( respecte PMS )

L'accionament de les vàlvules té en compte l'aspiració, la gradualitat de la vàlvula i la inèrcia dels gasos cremats.

Angle AAA + Angle RCE .Angle de creuament

En el PMS es dona que la vàlvula d'escapament i la d'admissió estan obertes alhora. Això permet que les velocitats d'escapament són altes i la corrent tendeix a mantenir la direcció.

#### 4.6.1 Influència de la velocitat dels gasos i del temps d'obertura de les vàlvules sobre la corba de potència

En quadre següent hem fet un resum de com afecten les variacions.

Increment dels diàmetres de conductes i vàlvules	Increment potència a n=altes Disminució potència a n= baixos ralenti * * El comportament es torna més irregular i augmenta el consum
Disminució dels diàmetres de conductes i vàlvules	Disminució potència a n=altes Increment potència a n= baixos * * El funcionament es torna més regular.
Increment del temps d'obertura	Increment potència a n=altes Disminució potència a n= baixos ralenti * * El comportament es torna més irregular i augmenta el consum
Disminució del temps d'obertura ( temps curts )	El motor no funciona en altes revolucions Disminució potència a n= baixos ralenti * * El comportament es torna més irregular i augmenta el consum



#### 4.7 Previsió del comportament. Criteris de disseny.

Un cop descrits la tipologia i els components de la culata del motor FSE 450 ens interessa saber quin serà el comportament del nostre motor si variem els angles d'obertura i tancament de les vàlvules.

Per poder disposar d'una aproximació del comportament ens hem basat en la teoria i les simulacions realitzades per Gordon Blair en el llibre de disseny de motors de 4T *Design and simulation of four-strokes*. Entre totes les simulacions realitzades hem escollit la efectuada sobre el motor 2.0L 14 4v ITC, que té les següents característiques:

- § Cubicatge de 1.995 cc
- § Cubicatge per cilindre: 498 cc
- § Nombre de cilindres: 4
- § Rati de compressió: 12
- § Vàlvules per cilindre: 4
- § Doble arbre de lleves
- § Aspiració natural
- § Potència màxima : 268 CV a 8400 rpm
- § Potència per cc : 0.134 [ CV/cc]

#### Característiques del nostre motor FSE 450

- § Cubicatge per cilindre: 443cc
- § Rati de compressió: 12" 10 kG"
- § Vàlvules per cilindre: 4
- § Doble arbre de lleves
- § Aspiració natural
- § Potència màxima : 51 CV a 8900 rpm
- § Potència per cc : 0.115 [ CV/cc]

Les dades més significatives que permeten relacionar aquests dos motors són una relació de potència similar [ CV/cc], el doble arbre de lleves i les quatre vàlvules per cilindre. Aquestes similituds constructives ens permeten aprofitar els resultats obtinguts per Gordon Blair en la simulació del motor 2.0L 14 4v ITC, la qual es realitza sobre un sol cilindre, per tant els resultats



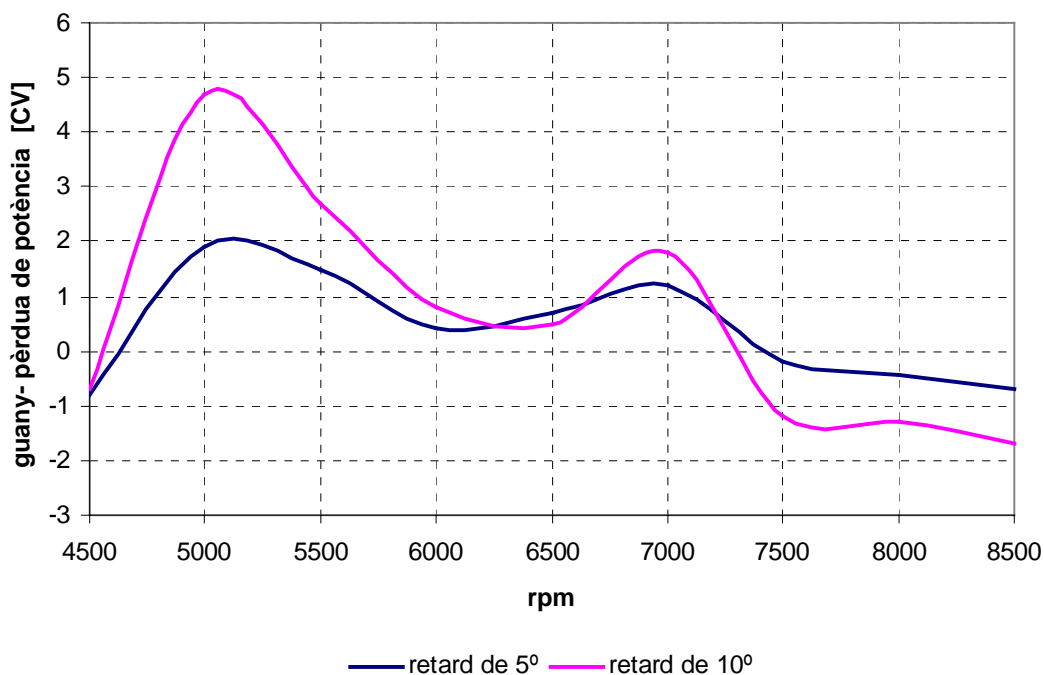
són vàlids pel nostre motor.

En el nostre cas ens centrarem en els resultats que s'obtenen en la variació en els reglatges de la culata. Estudiarem tres casos: retard en l'obertura de la vàlvula d'escapament, avançament en el tancament de la vàlvula d'admissió i la variació en l'encreuament de vàlvules.

#### 4.7.1 Retard en l'obertura de la vàlvula d'escapament.

En aquesta simulació estudiem el comportament del motor en funció de la variació de l'angle de tancament de la vàlvula d'escapament. S'han fet dues simulacions amb retards de  $5^\circ$  i de  $10^\circ$  respecte de la configuració estàndard. Els resultats d'aquestes simulacions queden representades en la gràfica 4.1 següent:

#### Retard de l'obertura de la vàlvula d'escapament



gràf. 4.1

Si variem l'angle de tancament de la vàlvula d'escapament sabrem quines variacions de potència experimenta el nostre motor. En aquest cas observem com el guany de potència és força important per sota de les 7000 rpm, per sota d'aquest punt la pèrdua de potència és





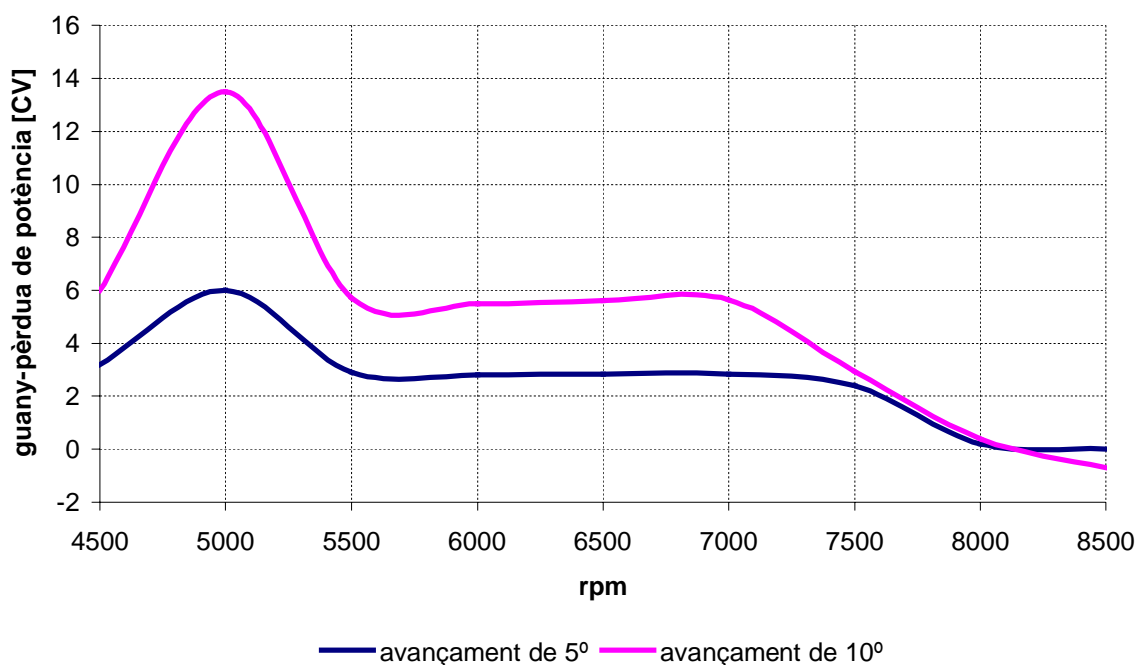
progressiva. Si incrementem el retard de tancament podem veure que la resposta és en cada punt més extrema, el retard de  $10^\circ$  té, aproximadament, el guany més gran 4.8 CV a 5000 rpm i la pèrdua més alta  $-1.8$  CV a 8500 rpm, valors superiors als obtinguts amb un retard de  $5^\circ$ .

Observant els resultats obtinguts en la simulació de la culata del motor "2.0L 14 4v ITC", podem concloure que un retard de l'obertura de la vàlvula d'escapament provoca un augment de la potència a baixes revolucions, per sota de 7000 rpm aproximadament, i una pèrdua de potència en règims alts.

#### 4.7.2 Avançament del tancament de la vàlvula d'admissió

En aquesta simulació estudiem el comportament del motor en funció de la variació de l'angle tancament de la vàlvula d'admissió. S'han fet dues simulacions amb retards de  $5^\circ$  i de  $10^\circ$  respecte de la configuració estàndard. Els resultats d'aquestes simulacions queden representades en la gràfica 4.2 següent:

**Avançament del tancament de la vàlvula d'admissió**



gràf. 4.2

Si variem l'angle de tancament de la vàlvula d'admissió sabrem quines variacions de potència



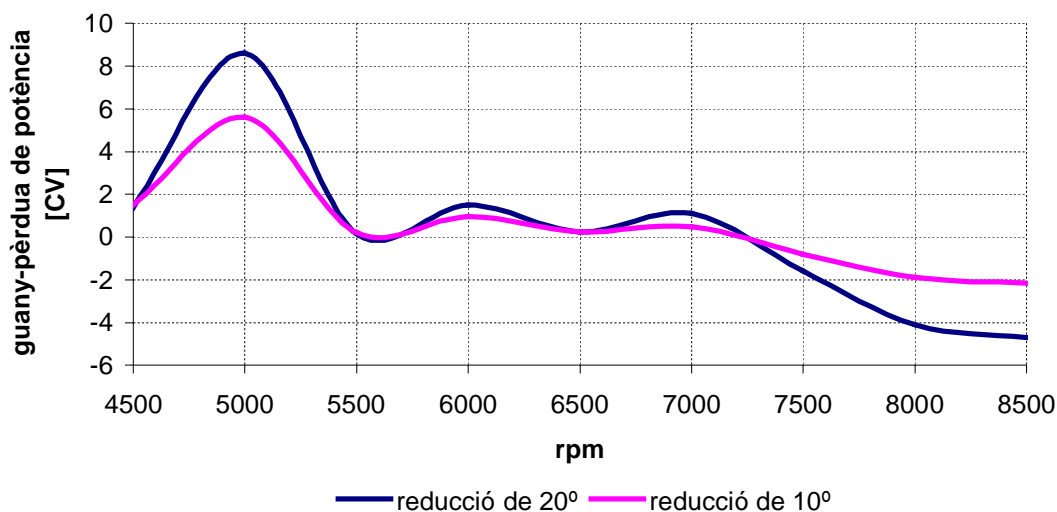
experimenta el nostre motor. En aquest cas observem com el guany de potència és important per sota de les 8000 rpm, especialment al voltant de les 5000 rpm. Com en el cas anterior per sota de les 8500 rpm presenta una pèrdua de potència progressiva. Si avancem el tancament de la vàlvula d'admissió podem veure que la resposta obtinguda és més extrema pel retard de  $10^\circ$  que té, aproximadament, el guany més gran 13.7 CV a 5000 rpm i la pèrdua més alta  $-0.8$  CV a 8500 rpm. Pel cas d'avançament de  $5^\circ$  el guany és de 6 CV a 5000 rpm.

Observant els resultats obtinguts en la simulació de la culata del motor 2.0L 14 4v ITC podem concloure que un avançament en el tancament de la vàlvula d'admissió provoca un augment de la potència a baixes revolucions, per sota de 8000 rpm aproximadament, i una pèrdua de potència en règims alts.

#### 4.7.3 Variació de l'encreuament de les vàlvules

En aquesta simulació estudiem el comportament del motor en funció de la variació de l'angle encreuament de les vàlvules d'admissió i escapament. S'han fet dues simulacions amb reduccions de  $10^\circ$  i de  $20^\circ$  respecte de la configuració estàndard. Els resultats d'aquestes simulacions queden representades en la gràfica 4.3 següent:

#### Variació de l'encreuament de les vàlvules



gràf. 4.3



En aquest apartat hem endarrerit l'angle d'obertura de l'admissió i avançat l'angle de tancament de l'escapament en dues simulacions diferents, en una primera en  $5^\circ$  i una segona en  $10^\circ$ . En aquest cas podem veure una variació important a règim baix 5000 rpm on l'increment de potència és de 8.5 CV en el cas d'una reducció de  $20^\circ$  de l'angle d'encreuament. El fet més destacat d'aquest gràfic és la pèrdua de potència a partir de les 7000 rpm, això es fa més evident com més tanquem l'angle d'encreuament.



## 4.8 Comparativa de resultats

### 4.8.1 Descripció

Per millorar el rendiment del nostre motor de 4T hem fet modificacions en els angles d'obertura i tancament de les vàlvules d'escapament i admissió.

A continuació podem veure les característiques tècniques de les dues distribucions estudiades, on tenim els següents angles característics:

AAA : avanç de l'obertura de la vàlvula d'admissió respecte del punt mort superior

AAE : avanç de l'obertura de la vàlvula d'escapament respecte del punt mort inferior

RCE : retard del tancament de la vàlvula d'escapament respecte del punt mort superior

RCA : retard del tancament de la vàlvula d'admissió respecte del punt mort inferior

En les figures 4.17 i 4.18 veiem per cada cas quins són els angles característics.

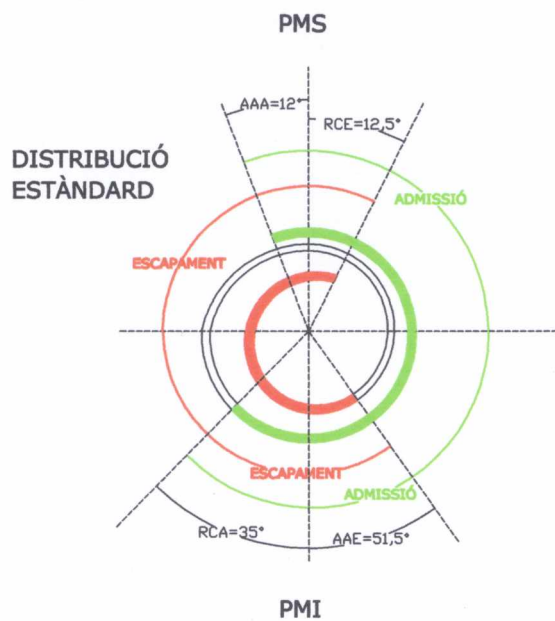


Fig. 4.17

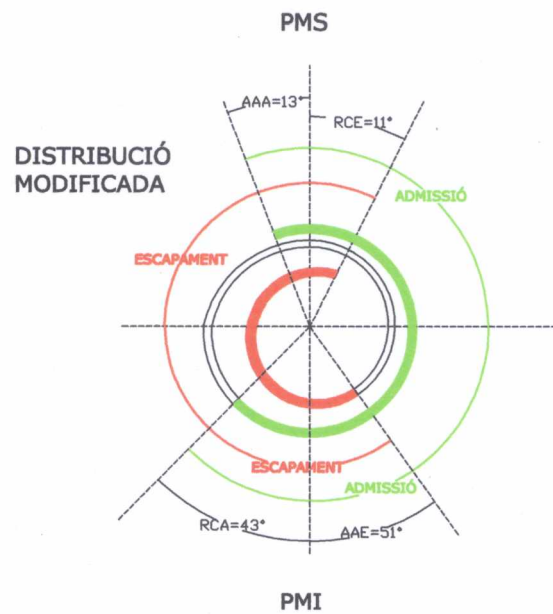


Fig. 4.18



En la taula 4.1 següent es poden veure les variacions que té cada angle característic i també la permanència de l'admissió i l'escapament.

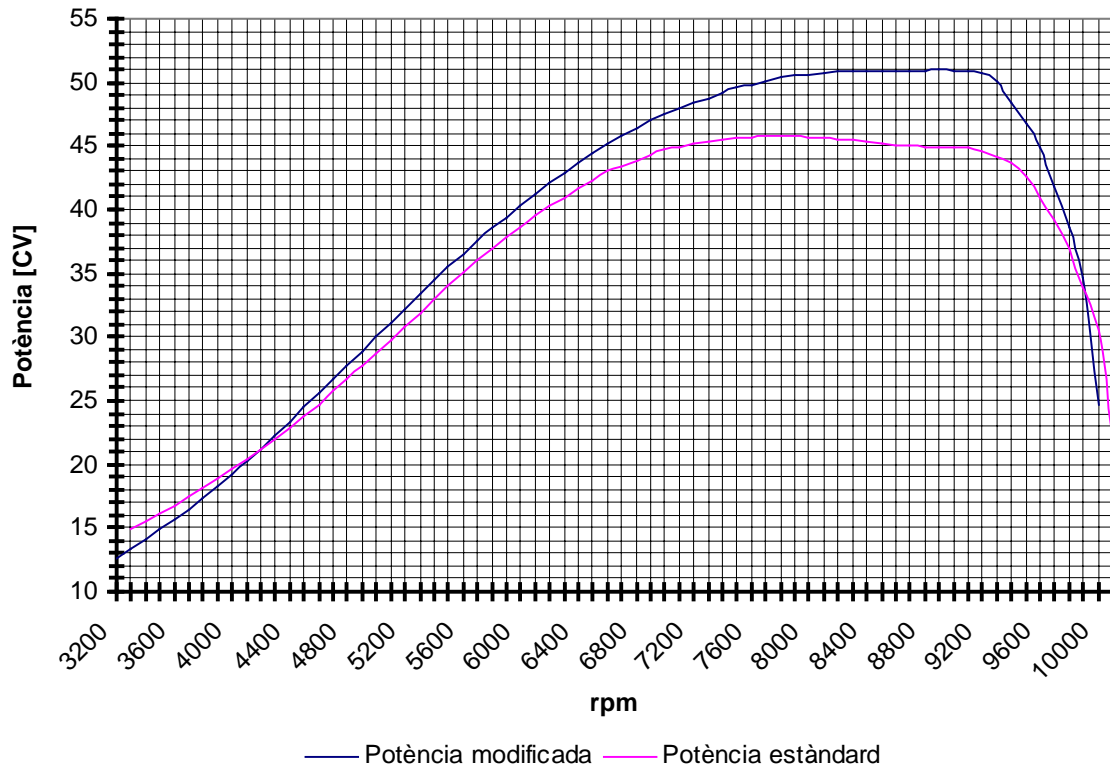
Descripció	dist. estàndard	dist. modificada	variació
A.A.A	12°	13°	+1°
R.C.A	35°	43°	+8°
A.A.E	51,5°	51°	-0,5°
R.C.E	12,5°	11°	-1,5°
Permanència admissió	227°	236°	+9°
Permanència escapament	244°	242°	-2°
Encreuament de vàlvules	24,5°	24°	-0,5°
Reglatge escapament	0,25 mm	0,25 mm	0
Reglatge admissió	0,15 mm	0,15 mm	0

T. 4.1

En les dues gràfiques següents podrem veure els resultats obtinguts en les dues proves realitzades sobre el motor de la 450 FSE.



### Comparació de potències



	Potència [CV]	Règim [rpm]
Potència màxima estàndard - 623	45,83	7.800
Potència màxima modificada - 619	50,96	8.900

Agafem de referència el reglatge estàndard, a partir dels seus angles parlarem de les diferents modificacions, que són les següents:

- § Hem augmentat la permanència de l'admissió en 9°, 1° en l'avanç de l'admissió i 8° de retard en el tancament .
- § L'encreuament de les vàlvules l'hem mantingut gairebé igual, l'hem reduït 0,5°.
- § L'angle d'escapament s'ha reduït en 2°.

El fet de mantenir la vàlvula d'admissió més temps oberta ens permet augmentar la potència a un règim més alt , tal com ja havíem predit en els criteris de disseny. Per l'altra banda, tenim que el motor podria perdre molta potència a règim baixos, per compensar aquest efecte negatiu actuem en dos angles:

- § Reduïm l'encreuament de les vàlvules en 0,5°



§ Retardem l'obertura de la vàlvula d'escapament en  $0,5^\circ$ .

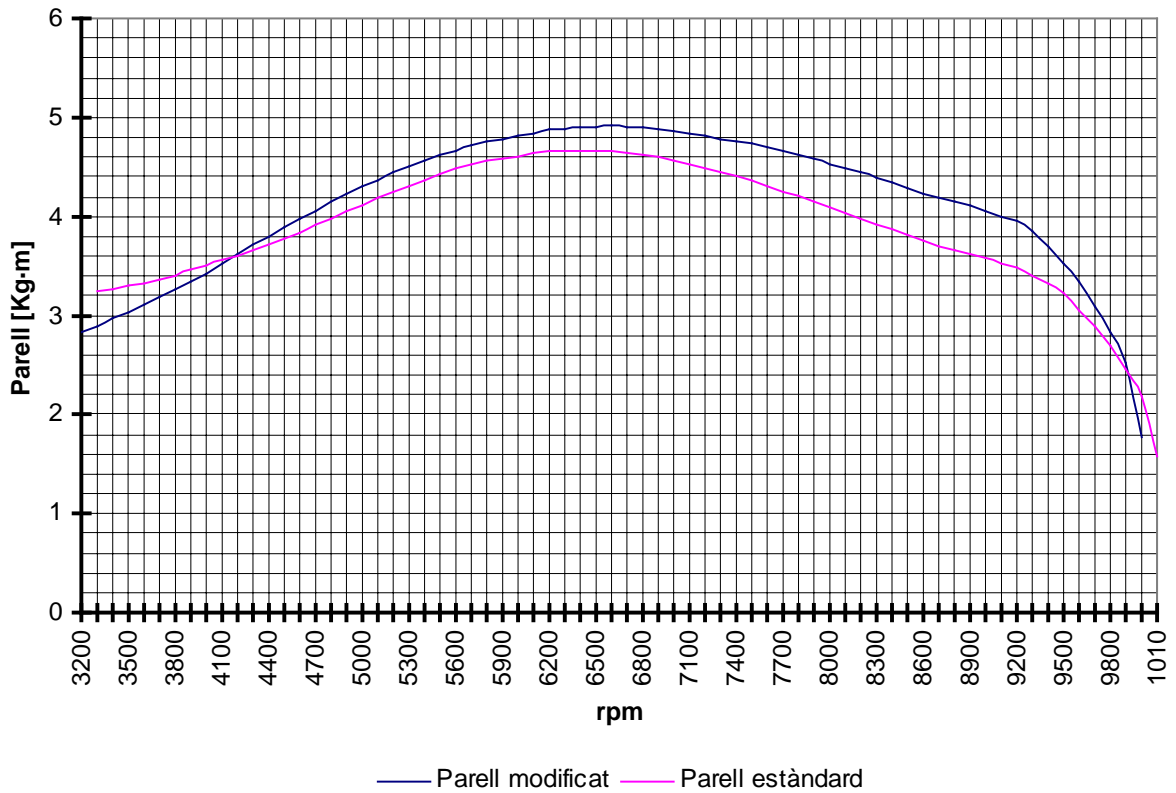
Aquestes reduccions tenen com a efecte l'augment de la potència en els règims baixos i així compensar una part de la pèrdua produïda per allargar l'obertura de l'admissió.

La corba de potència de la distribució estàndard es mostra superior en les primeres 4.000 rpm, amb diferències que oscil·len entre 0,4 i 1,5 CV. A partir de les 4.400 rpm la distribució modificada és la més potent, amb una potència màxima de 51 CV a 8.900 rpm. És clarament la més potent en els règims mitjos – alts, essent una mostra de l'augment del temps d'admissió. En canvi, la distribució estàndard té una potència inferior – 45.8 CV - però que s'assoleix a 7.800 rpm per tant, 1.100 rpm abans.

En resum podríem dir que en règims alts és superior el motor amb distribució modificada i per a règims baixos – mitjos seria millor la distribució estàndard.



### Comparativa de parells



	Parell [kg·m]	Règim [rpm]
Parell màxim estàndard- 623	4,66	6.500
Parell màxim modificat - 619	4,91	6.600

Com en el cas de la gràfica de la potència, la distribució estàndard té un parell superior que la modificada en les primeres 4.000 rpm. En canvi a partir de les 4.400 rpm s'intercanvien els papers i la modificada és superior amb un parell màxim de 4,91 kg· m a 6.600 rpm. El fet més destacable és que aquest valor s'assoleix gairebé al mateix règim que la distribució estàndard.

Amb aquests resultats podem dir que serà més fàcil d'arrancar el motor que ens doni més parell a baix règim.





#### 4.9 Conclusions sobre la distribució

En els apartats anteriors hem fet una descripció dels elements i els principis bàsics de la distribució en els motors de 4T de gasolina. Hem assajat dues distribucions diferents les quals hem anomenat *estàndard* i *modificada*, justificant els resultats obtinguts amb els principis teòrics que havíem utilitzat.

Un cop analitzats els resultats podem treure les següents conclusions:

- § La distribució modificada és la que obté una major potència , 5 CV més respecte l'estàndard però a un règim més alt, a 8.900 rpm. La seva superioritat és evident a partir de les 4.500 rpm.
- § La distribució estàndard té un millor comportament per sota de les 4.000 rpm amb potències superiors al voltant de 0,5 CV.
- § La distribució estàndard estaria pensada més aviat per a motoristes menys experimentats, amb parells més alts a règims baixos que facilita l'arrancada i la circulació per pistes forestals lentes.
- § La distribució modificada està pensada en un usuari més expert per a finalitats de caire més esportiu que requereixen una conducció més exigent, si es vol aprofitar tota la potència del motor a règims alts.



## Capítol 5. Lubrificació en el 4T

### 5.1 Necessitats de lubrificació

Quan un cos sòlid llisca sobre un altre es produeix un fregament que s'oposa al moviment. Aquest fenomen és a causa de les imperfeccions de les superfícies en contacte, les quals poden acabar trencant-se o deformant-se en funció de quin material sigui.

L'energia absorbida pel fregament es dissipa en forma de calor. Aquest escalfament es produeix molt localment, en la superfície de contacte, això pot produir la fusió de les dues peces en contacte provocant la seva unió, la qual és coneguda en el món de la mecànica com *gripatge*.

La lubrificació té per objectiu reduir el fregament i el desgast, interposant una fina capa de lubricant entre les dues superfícies, d'aquesta forma en reduïm el contacte. Tal com podem veure a la figura 5.1.

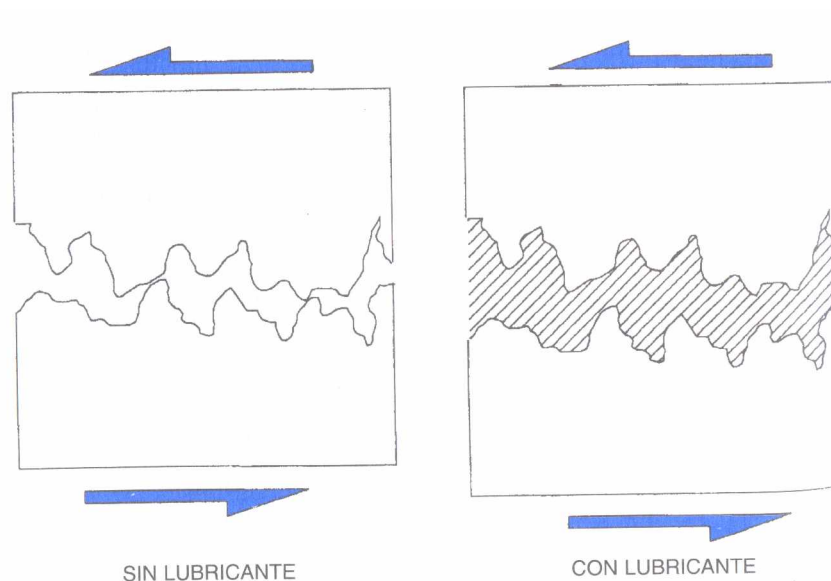


Fig. 5.1

Ens interessa que l'acabat superficial dels elements en contacte permeti l'adherència de l'oli

Fig. 5.1 Arias Paz, *Motocicletas*. Ediciones DOSSAT. Madrid, 2000.



a les parets. D'aquesta forma podrem garantir la presència d'una capa fina de lubricant, que pot arribar a ser mil vegades més prima que un cabell humà.

## 5.2 Tipus de lubricació

Existeixen diferents formes de lubricar de les quals en destacarem dues.

### § Lubrificació hidrodinàmica o fluida

Es produeix quan les peces estant completament separades per una pel·lícula de lubricant suficientment gruixuda per impedir el contacte directe entre les dues parts metàl·liques.

Entre les capes de lubricant existeix un fregament intern que depèn de les forces internes de cohesió del propi fluid. Tot i així la pèrdua d'energia és molt menor a la produïda entre dues superfícies metàl·liques sense lubricar.

Aquest tipus de lubricació s'utilitza especialment en els coixinets del cigonyal i les bieles dels motors de 4T. També és àmpliament utilitzat en els motors sobrealimentats.

### § Lubrificació a capa límit

On la lubricació és menys exigent es poden produir contactes directes entre metalls, a causa que no podem garantir una lubricació hidrodinàmica. Al mateix temps existeixen tres tipus diferents:

#### a) Lubrificació untuosa

En aquest cas s'aconsegueix l'adherència del lubricant a les parets metàl·liques mitjançant un atac químic. D'aquesta forma garantim una capa uniforme en tota la superfície a lubricar.

#### b) Lubrificació antidesgast

En aquest cas aconseguim una capa uniforme de lubricant mitjançant l'addició d'additius.



### c) Lubrificació d'extrema pressió

Per a casos més extrems on necessitem garantir una lubrificació eficient a una pressió elevada ens caldrà utilitzar additius d'alta pressió que tinguin un funcionament òptim a temperatures altes que puguin garantir una capa suficient.

## 5.3 Funcions del sistema de lubrificació

La tasca encomanada a aquest sistema no és només la de garantir una lubrificació òptima sinó realitzar altres tasques també prou importants. Tot seguit en fem la descripció de les més destacades:

### § Refrigeració del motor

La circulació del lubricant permet el refredament dels punts més calents del motor on no pot arribar el sistema de refrigeració. Punts de vital importància com ara interiors de pistons, coixinets d'agulles, etc. poden assolir temperatures de 150° C. Segons el tipus de motor , la quantitat de calor dissipada pot està entre un 10% o 25%.

### § Neteja interna del motor

Aquesta és una de les tasques més importants dels lubricants, si volem aconseguir una bona durabilitat del motor.

- Recull les impureses procedents de la mescla aire-combustible. El filtre d'aire recull la majoria de les partícules de pols que porta l'aire. Tot i així hi ha una part que arriba a l'interior del motor que són eliminades per la pel·lícula de lubricant que les transporta fins al filtre, on queden retingudes.
- Recull les partícules de carbó produïdes per la combustió. Durant aquest procés explosiu es produeixen una sèrie de partícules que queden a l'interior del motor i que s'introdueixen per qualsevol espai, i per tant només poden ser dissoltes i arrossegades pel lubricant cap al filtre de l'oli.
- Partícules generades pel desgast del motor. Són produïdes en la major part durant el període de rodatge, encara que es produeixen al llarg de tota la vida del



motor. Tot aquest conjunt de partícules són recollides pel lubricant i queden atrapades en el filtre o en el tap magnètic del carter.

- Neutralització dels àcids produïts en la combustió. La majoria dels àcids produïts són evacuats a l'exterior, però hi ha una part que resten a l'interior. Aquests han de ser neutralitzats pels lubricants sinó podrien corroir les parts metàl·liques.

#### § Augment de la compressió

La utilització del lubricant provoca una millora de la compressió del motor ja que l'oli s'introdueix entre les parets del cilindre i el pistó actua com un segellador que omple els espais buits entre aquests elements.



## 5.4 Elements a lubricar

El sistema de lubricació pot fer de diferents maneres la seva tasca, depenent en cada cas de l'element a lubricar. Tot seguit destaquem els zones més crítiques:

- Conjunt cigonyal carter i cigonyal – biela. La pressió suportada per aquestes unions mòbils és elevada per tant és necessària garantir una bona lubricació, de vegades se sol utilitzar en aquests punts oli a pressió.
- Conjunt pistó-cilindre. Tota la paret del cilindre és lubricada mitjançant un núvol d'oli produït pels coixinets del cigonyal, el cap de la biela... La utilització d'una anella rascadora permet tenir una capa òptima d'oli.
- Conjunt d'arbre de lleves. És un altre punt on es fa necessari que els seus suports siguin lubricats a pressió.

## 5.5 Sistema de lubricació

El sistema de lubricació és el conjunt d'elements que possibiliten una lubricació eficient. En el nostre cas disposem d'un motor en càrter humit , és a dir, el lubricant es troba dipositat en el seu interior, tot i així té un dipòsit complementari en el xassís.

La utilització d'el càrter humit implica que s'utilitza el mateix oli per lubricar el pistó i els discos de l'embragatge. Aquest fet condiciona l'elecció del tipus lubricant que podem utilitzar. El nostre sistema de lubricació té com a parts principals:

- Bomba d'oli. És la responsable de fer circular el lubricant per tot el circuit amb el cabal i la pressió necessaris. La bomba utilitzada és del tipus rotativa trocoïdal i està accionada mecànicament pel cigonyal.
- Filtre d'oli. És l'encarregat de retenir les partícules abrasives en suspensió (ferritja, cendres ...) que puguin danyar les parts mòbils del motor. El filtre utilitzat és d'un sol ús i de paper especial, el qual té una textura determinada que permeti el pas del lubricant . La seva durada és limitada i està en funció de la superfície de filtrat.
- Distribuïdor d'oli. Condueix el lubricant cap als diferents punts del nostre motor , els quals hem comentat en l'apartat anterior.

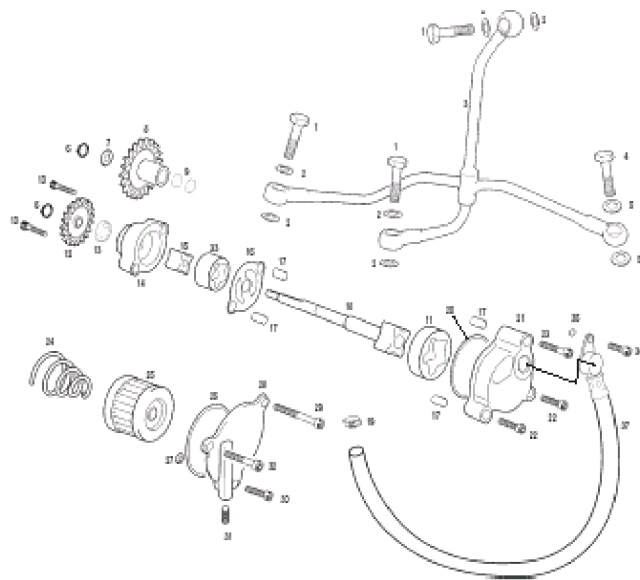


Fig. 5.2

La pressió i la temperatura de treball dels conductes oscil·la en funció del règim del motor. En el nostre cas les pressions varien dels 0,4 bar a 3000 rpm fins a 1.1 bar a 8000 rpm i amb unes temperatures entre 80°C i 100°C en condicions estàndards. La quantitat de lubricant utilitzada és de 1,7 litres. En la figura 5.2 podem veure els components principals del sistema de lubricació.



Fig. 5.2 GASGAS Motos. Manual d'especejament. Girona 2004





## 5.6 Propietats dels lubricants

En el moment de definir un lubricant cal valorar múltiples propietats. Aquesta definició s'ha realitzat al llarg del temps permetent la suma de múltiples experiències que han definit quines propietats són més importants. Tot aquest treball realitzat ha fet possible trobar l'oli més adequat per a cada aplicació.

- § Densitat Es pot definir com la relació de pesos entre el mateix volum d'oli i d'aigua. En el cas d'olis minerals ens permet intuir si es tracta d'un oli de tipus parafínic (de baixa densitat) o aromàtic (d'alta densitat). Les mesures es realitzen a temperatures compreses entre 15° i 20° C .
- § Viscositat. És la propietat física més important en els olis. Podem definir la viscositat com la resistència o fregament intern entre les molècules d'un fluid en lliscar. Aquesta resistència depèn de la força d'atracció mútua entre les molècules. A causa d'això, la viscositat tindrà un determinat valor, en funció de la composició interna i de les condicions de pressió i temperatura.

Existeixen tres formes de mesurar la viscositat:

- § Mesurant la velocitat del flux a través d'un tub capil·lar (Ostwall i Ubbelohé) o través d'un tub curt o orifici (Saybolt, Redwood i Engler).
- § Mesurant els temps de desplaçament d'un objecte sòlid dins del fluid.
- § Mesura de l'efecte cisalla que es produeix en un oli entre dues superfícies amb moviment relatiu entre elles.

Cal utilitzar taules i factors de conversió per fer comparables els valors obtinguts en les diferents formes de mesura.

- Índex de viscositat. La viscositat varia amb la temperatura, en la majoria dels casos el que interessa és que no hi hagi una variació important de la viscositat en modificar la temperatura.



Aquest índex ens indica com varia la viscositat en funció de la temperatura. Els valors oscil·len entre el 0 i el 100. El 0 és el valor associat a l'oli d'origen mineral que té les variacions més importants de la viscositat en funció de la temperatura, mentre que el 100 és l'invers. Però amb el desenvolupament intens dels olis sintètics s'ha aconseguit olis índexs de viscositats superiors a 100.

- Estabilitat a l'oxidació. Quan un lubricant s'exposa a la calor i l'aire té lloc una reacció química anomenada oxidació. Els productes resultants són dipòsits carbonosos, llots, vernissos, resines i àcids. Aquesta oxidació normalment va acompanyada d'un augment de la viscositat.

La rapidesa de l'oxidació depèn de cada oli, de la temperatura, de la superfície de contacte amb l'aire i del temps.

Els assaigs es basen a accelerar l'oxidació en condicions normalitzades i es mesura la quantitat de producte acumulat fruit de l'oxidació en un temps determinat.

- Estabilitat tèrmica. Capacitat d'un oli a no tenir reaccions químiques quan se'l sotmet a altes temperatures.
- Lubricitat. Es tracta d'una propietat purament descriptiva. Dos olis poden tenir la mateixa viscositat, però un pot produir una disminució més important de la fricció que l'altre, llavors tindrà una millor lubricitat. Aquesta és sens dubte una de les característiques més importants en el nostre cas.
- Desmulsionabilitat mesura la capacitat que té un oli de separar-se de l'aigua. A més desmulsionabilitat, menys temps necessari per separar-se l'aigua de l'oli.
- Punt de fluïdesa. Mínima temperatura en què oli fluirà. Sempre s'ha de procurar que l'oli treballi com a mínim 15 °C per sobre del seu punt de fluïdesa.



- Punt d'inflamació. Temperatura en la qual es desprenen suficients vapors combustibles perquè s'encenguin momentàniament en passar una flama per sobre la superfície de l'oli.
- Punt de combustió. Temperatura en la qual en passar una flama per sobre la superfície de l'oli, els vapors mantenen la flama contínua sobre la superfície del lubricant.
- Punt d'anilina. Es defineix com la mínima temperatura a la qual són completament missibles, volums iguals d'anilina i de l'oli a assajar.
- Corrosió al coure. Serveix per determinar mitjançant la submersió d'una làmina de coure polida en l'oli si els olis estan activats envers la corrosió.
- Capacitat de càrrega d'un lubricant: Mitjançant l'assaig FZG que reproduïx amb força fidelitat les condicions reals de treball, ens permet determinar el comportament sota condicions de lubricació límit.
- El punt d'inflamació (PI) és una de les característiques que ens permet valorar la qualitat dels olis. Com hem descrit anteriorment, el punt d'inflamació d'un lubricant és la temperatura en la qual es produeix una flama en la superfície de l'oli quan s'acosta una flama o salta la guspira. Si aquesta flama es manté més de 5 s. llavors estaríem parlant del punt de combustió. El PI és un índex de volatilitat de l'oli, una major volatilitat provoca un major consum de lubricant. Al mateix temps el volum de gasos emesos serà superior, per tant podem tenir més problemes a l'hora de complir els requeriments mediambientals.
- La untositat és una de les propietats més importants pels motors de 4T . Aquesta propietat defineix la capacitat del lubricant en adherir-se a les parets metàl·liques del motor. D'aquesta forma podem garantir una lubricació adequada a l'hora d'arrancar. Aquesta interacció entre la paret metàl·lica i l'oli es deu a una reacció química produïda pels additius adequats. Aquesta propietat es pot veure millorada per la presència



d'additius d'alta pressió, els quals ajuden a garantir una capa de lubricant adequada tot i l'existència de pressions elevades.

### 5.6.1 Viscositat

Viscositat absoluta és el cas si entre dues superfícies planes amb moviment relatiu entre sí hi ha una pel·lícula de fluid. El punt  $P$  és un punt de la superfície inferior, mentre que el punt  $Q$  és la de la superior. Si la superfície inferior està parada, la superior es mou i el fluid està adherit a les parets, i tindrà un gradient de velocitats entre el punt  $P$  i el punt  $Q$ . La velocitat anirà augmentant a mesura que s'acosta al punt  $Q$ . Si es considera que el fluid està format per capes, entre capa i capa apareixerà un esforç de cisalla a causa de la diferència de velocitats. La figura B.1.1 representa aquest concepte i el càlcul de l'esforç de cisalla  $\tau$  es pot quantificar segons l'equació 5.1.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{Equació 5.1}$$

$F$  és la força necessària per aconseguir el lliscament entre capes

$A$  és l'àrea de contacte entre capes

La força  $F$  de fricció entre les dues superfícies de fluid que es desplacen serà proporcional a l'àrea de contacte i a la diferència de velocitats, i inversament proporcional a la distància  $H$  que els separa.

$$F = \frac{\eta \cdot A \cdot \Delta V}{H}$$

Equació 5.2

El coeficient de proporcionalitat  $\eta$  és el que s'anomena viscositat absoluta o dinàmica.

La unitat és el *poise* (g/cm) que equival a la viscositat d'un fluid entre dues plaques paral·leles d'1 cm<sup>2</sup> i separades 1 cm quan tenen una velocitat relativa entre si d'1 cm/s.

Es parla de *fluids newtonians* quan la viscositat absoluta sempre és constant. En aquests fluids la viscositat absoluta és igual al producte de la velocitat de cisalla per l'esforç de cisalla.



*Viscositat absoluta = velocitat cisalla . esforç cisalla*

*Equació 5.3*

Viscositat cinemàtica és la viscositat considerant que el fluid és newtonià, com la relació entre la viscositat absoluta i la densitat.

$$\nu = \frac{\eta}{d}$$

Les unitats de la viscositat cinemàtica  $\nu$  és l'*stokes* ( $cm^2/s$ ), però normalment s'utilitza la centèsima part d'aquesta, el *Cst* (*centistoke*).

Per l'altra banda hi ha el fluids no newtonians, el comportament dels quals es dona en els fluids de tipus sintètic.

## 5.7 Classificació de lubricants

Els lubricants es podem classificar de diferents formes, per tant això podria dur a certes confusions. Cada classificació tracta l'oli des d' una perspectiva diferent però alhora combinable amb la resta. Les tres classificacions més importants són:

1. Segons sigui la seva composició
  - i) De base mineral
  - ii) De base sintètica
2. Segons la seva qualitat
3. Segons la seva viscositat

Aquestes classificacions són descrites en els apartats posteriors.



### 5.8 Segons la viscositat ( lubricants per a automòbils )

L'aplicació extensa dels lubricants en el món dels automòbils va fer necessari l'establiment d'una classificació que facilités la seva utilització. El 1950 la Society of Automotive Engineers (SAE) va establir una classificació basada en el grau de viscositat del lubricant, gràcies a la seva senzillesa i simplicitat és una de les més utilitzades. Per exemple un oli SAE 50 és més viscos que un SAE 40.

La lubricació dels motors requereix un oli de baixa viscositat quan funciona a baixes temperatures exteriors, per exemple a l'hivern; però necessita viscositat alta quan la temperatura exterior és elevada. L'arrancada en fred necessita una baixa viscositat que garanteix la presència d'oli en totes les parts.

Com hem explicat anteriorment la viscositat no és una propietat invariable sinó que variable d'una forma notable amb la temperatura. Per tal de mesurar aquesta variació s'utilitza l'índex de viscositat. En el nostre cas ens interessaria un índex de major perquè ens indicaria una variació més petita de la viscositat amb la temperatura. Per tant, els olis de qualitat tenen índexs elevats. Una forma de combinar les propietats d'un oli d'hivern i un oli d'estiu és utilitzar un oli multigradu que és una combinació dels dos; d'aquesta forma garantim un bon comportament en dins un rang més ampli de temperatures, una mostra de com es combinen és la figura 5.3.

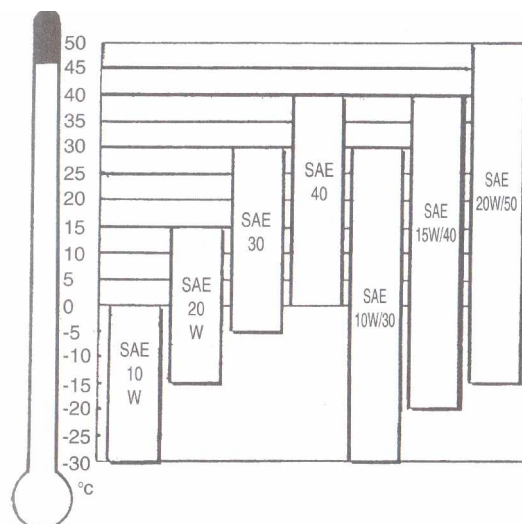


Fig. 5.3

Fig. 5.3 Arias Paz. *Motocicletas*. Ediciones DOSSAT. Madrid, 2000.



La viscositat dels olis de motor de 4T es classifiquen en graus SAE, essent la classificació més utilitzada. Els graus SAE expressen la viscositat de l'oli en dues temperatures extremes, en fred (SAE xW) i en calent (SAE y). Dins d'aquesta classificació podem establir dos grans grups els lubricants monograu i multigrau :

Lubricants monograu : són els olis que s'han formulat perquè adquireixin una viscositat determinada a una sola temperatura i sempre a la mateixa. Per exemple SAE 10W per a temperatures de servei baixes, inferiors al 0°C. Per SAE W40 per a temperatures de servei altes, normalment al voltants o superiors a 100°C .

Lubricants multigrau : són els olis formulats per mantenir-se el més estable possible dins d'un rang de temperatures , les quals són les més habituals de servei del motor, entre la més freda de l'arrancada i la més calenta del motor. Per exemple: SAE 15W40, SAE 20W50,...

En la taula 5.1 relacionem els graus SAE amb les viscositats i les temperatures corresponents.

VISCOSITAT EN FRED		xSAEy		VISCOSITAT EN CALENT	
Temp. [°C]	Viscositat [cP]	xW	y	Viscositat [cSt]	temp. [°C]
-5	6.000	25W	60	26,1 – 21,9	La temperatura de referència de treball en calent és 100°C
-10	4.500	20W	50	21,9 – 16,3	
-15	3.500	15W	40	16,3 – 12,6	
-20	3.500	10W	30	12,6 – 9,3	
-25	3.500	5W	20	9,3 – 5,6	
-30	3.250	0W			

T.5.1



## 5.9 Segons la composició (lubrificants minerals i sintètics)

Els lubricants es podem dividir en dues gran famílies: els olis sintètics i els minerals. Cadascun tenen propietats i característiques diferents, que detallem ens els apartats següents.

### 5.9.1 Lubrificants d'origen mineral

La majoria dels lubricants d'origen mineral són el resultat d'un refinament inicial del cru del petroli, el qual se li afegeix diferents tipus de compostos orgànics que determinaran la funcionalitat del lubricant.

Després de passar el cru per diversos processos i depenent alhora del seu origen i tipus de cru s'obtenen el que es coneixen com a bases dels lubricants d'origen mineral.

Tot i així, la base del lubricant és insuficient per mantenir les seves propietats en condicions de treball normal i és per això que se li afegeixen additius. Aquests s'escullen en funció de les característiques que volem garantir al llarg de la vida útil del lubricant. Un exemple són els milloradors de la viscositat, antioxidants, antiespumants, d'alta pressió, etc.

En funció dels seus compostos majoritaris, els crus es poden classificar en:

- Parafínic

Les bases d'olis parafínic contenen una quantitat important d'alcalens. Aquestes bases estan caracteritzades per la seva excelent relació viscositat - temperatura, amb un elevat índex de viscositat. Al mateix temps té un bon comportament a baixes temperatures i una bona estabilitat en el seu comportament al llarg del temps.

Naftalínic mitjana densitat

- Naftalènic

La seva principal característica és la seva capacitat de servei a baixes temperatures, en canvi té una pitjor relació temperatura / viscositat, per tant té un índex de viscositat inferior als parafínic i com a conseqüència el seu ús és més limitat.





### 5.9.2 Lubricants d'origen sintètic

Aquests tipus de lubricant estan constituïts per la barreja de fluids bàsics sintetitzats amb additius convencionals. La majoria d'aquests fluids bàsics provenen de la síntesi de productes derivats del petroli, però en l'actualitat cada cop més tendeix a utilitzar altres orígens, com poden ser vegetals o animals.

Els lubricants de base sintètics es poden classificar en :

Hidrocarburs sintètics

- Polialfaoleofinics (PAO)

Els polialfaolínics tenen un elevat grau de branques en la seva composició, aquest fet provoca un excel·lent comportament a baixes temperatures, especialment en els productes lliure de ceres. A més a més el seu pes molecular es pot preveure.

Mantenen la viscositat a altes temperatures, alta resistència a l'oxidació i altes qualitats antidesgast. Una altra característica important a nivell pràctic és la seva capacitat de barrejar-se amb els olis minerals. Com a punts en contra tenen una escassa polaritat i una capacitat de segellament baixa. Això es deu a una capacitat inferior per adherir-se al metall. Per solucionar aquests problemes se'ls afegeix "aliphatic" ésters, més endavant d'aquests components.

- Alquilaromàtics

Característiques semblants a les polialfaoleofines però el seu ús es limita a temperatures més baixes.

- Poliglicols

Permeten l'obtenció d'un rang molt ampli de viscositats i són incompatibles amb olis minerals.

- Polibutens

Són compatibles amb els refrigerants R22 i R502

Són més útils per al 2T per la seva volatilitat



- Ésters sintètics

L'efecte directe de la utilització dels ésters en els lubricants és la variació de les propietats físiques ; disminueix la seva volatilitat i l'augment de la temperatura d'inflamació. Això a causa de les Forces de London que uneixen l'éster amb el lubricant.

La utilització dels ésters també té efectes sobre les següents propietats:

- § Estabilitat tèrmica
- § Estabilitat hidrolítica
- § Solubilitat
- § Lubricitat
- § Biodegradabilitat

#### Propietats fisicoquímiques

Tot seguit destaquem les propietats més destacades que tenen una incidència més important.

- Viscositat

La viscositat en un ester lubricant pot ser alterada mitjançant:

1. L'increment del pes molecular de la molècula mitjançant
  - i) Augment de la llarga de la cadena de carbons de l'àcid
  - ii) Augment de la llarga de la cadena de carbons de l'alcohol
  - iii) Augmentant el nombre de l'éster
2. Incrementant la mida a el grau de les branques moleculars
3. Maximitzant les intereccions dipolars

- Index de viscositat (VI)

Es pot fer variar en l'índex :

- § Augment de la llarga de la cadena de l'àcid
- § Augment de la llarga de la cadena de l'alcohol
- § Incrementant la linealitat de la molècula
- § La no utilització de grups cíclics en la cadena de la molècula perquè presenten VI més baixos.

- Punt de congelació

El punt de congelació decreix variant :



- Incrementant la quantitat de branques
  - Situant les branques en el centre de la molècula que en els seus extrems
  - Disminuint la llargada de la cadena de l'àcid
  - Disminuint la simetria interna de la molècula
- Lubricitat

Els ésters són grups polars els quals influeixen en l'eficiència dels additius antidesgast . si els ésters són utilitzats sense additius antidesgast ofereixen una millor cobertura de les superfícies metàl·liques. Els ésters tenen una millor lubricitat que els olis minerals ofereixen una capacitat antidesgast més baixa.

Els ésters poden ser classificats mitjançant el seu grau de polaritat utilitzant la fórmula de Van der Waal, 1985.:

$$\text{Índex\_de\_no\_polaritat} = \frac{\text{nombre\_àtoms\_de\_carboni\_totals} \times \text{pes\_molecular}}{\text{nombre\_de\_carboxilics} \times 100}$$

Un índex alt vol dir poca afinitat amb les superfícies metàl·liques per tant poca cobertura.

- Solubilitat

Els ésters són generalment plenament compatibles amb els olis minerals. Al mateix temps ofereixen tres grans avantatges:

1. No ofereixen problemes de contaminació i incideixen en la millora dels olis semisintètics.
2. Molts dels additius dels olis minerals i la seva tecnologia són directament aplicables als ésters.
3. I en el nostre cas un dels més importants, els ésters es poden barrejar amb lubricants sintètics com ara els PAO. Això permet aconseguir lubricants amb millors característiques amb un preu més baix.



### 5.10 Classificació la qualitat ( les normes)

Altres especificacions importants, que determinen la qualitat dels lubricants, són les ACEA ( Associació de Constructors Europeus d'Automòbils ) van ser creades al 1996 per substituir les CCMC ( Comitè de Constructors del Mercat Comú ), a la figura 5.4 podem veure la taula d'equivalències entre les dues especificacions.

També tenim les API (American Petroleum Institute ) , a la figura 5.5 tenim la taula que descriu les seves especificacions.

ACEA	CCMC
A1	-
A2	G4
A3	G4 , G5
B1	-
B2	PD2
B3	PD2, G5
E1	D4
E2	-
E3	D5

Fig. 5.4

A la taula següent descrivim les especificacions de les normes comunitàries ACEA, fig. A .3

Denominació	Característiques
A1	Especificació nova, homologada per a olis de gran qualitat, pensats per obtenir uns consums baixos, per tant la seva viscositat és baixa. Va ser homologada el 1996 i necessita majors requisits que la posterior A2.
A2	Oli de qualitat general per a motors de gasolina , creada el 1996.
A3	Oli de qualitat òptima, substituint la norma anterior. Creada el 1998 és l'especificació més estricta per a motors de gasolina.
B1	Oli de qualitat general per a motors diesel destinats a turismes. com totes les especificacions B data del 1996.
B2	Oli de qualitat òptima per a motors diesel destinats a turismes.
B3	Oli de qualitat màxima per a motors diesel destinats a turismes que preveu les futures mesures antipolució.
E1	Oli de qualitat general destinat a motors diesel de vehicles pesats.
E2	Oli de qualitat òptima destinat a motors diesel de vehicles pesats, que representa una millora respecte de l'anterior.
E3	Oli de qualitat màxima per a motors diesel pesats, que millora totes les anteriors.



E4	És l'especificació més estricta per a motors diesel de servei pesat que està pensat per complir les futures normatives anticontaminació EURO 2, data de 1998
----	--

Fig. 5.4

Classificació API per a motors de gasolina i assimilables.

Denominació	Característiques
SA	Correspon a motors de gasolina i diesel que funcionen en condicions de treball molt lleugeres. Aquests tipus de lubricants se'ls ha afegit com a màxim additius anticongelants i antiespumants.
SB	S'aplica a motors de gasolina que treballen en condicions molt lleugeres. Té els mateixos additius que la denominació anterior afegint-hi antioxidants per l'oli i anticorrosius pels coixinets.
SC	Olis per a motors que funcionen en condicions mitges. En aquesta hi afegim a més dels anteriors agents detergents per a baixes temperatures.
SD	Estant pensats per a condicions de servei més altes que els SC , sobretot en la capacitat detergent tant amb altes com amb baixes temperatures.
SE	Destinat a motors de gasolina en condicions severes. Millora la capacitat de servei de SD.
SF	Té totes les propietats anteriors, però millora el grau de protecció del motor . Va ser creada als anys 80
SG	Correspon a olis dissenyats per a motors de gasolina amb injecció , van ser creats al 1990.

Fig.5.5



## 5.11 Proves realitzades

L'objectiu de les proves és determinar quin lubricant ofereix les millors prestacions pel nostre motor.

En el nostre cas només ens hem centrat en la millora de la potència i del parell. No hem realitzat proves qualitatives (de durabilitat, emulsionabilitat ...) donant com a bons les normes de qualitat que cada fabricant té certificades.

### Classificació per composició

A l'hora de plantejar-nos la recerca del lubricant més adient hem escollit els lubricants en funció del seu tipus segons siguin minerals, sintètics o semisintètics. Per les nostres proves hem escollit els següents:

Nom comercial	Fabricant	Tipus lubricant
5100 Ester 4T	Motul	Mineral
OIL GXS	GRO	Sintètic 100%
MOTO 4 HP ECO	ELF	Semisintètic
300V Competition	Motul	Sintètic 100%

Els costos dels olis són ben diferents i tenen com a preus aproximats; un litre d'oli mineral al voltant de 6 € el litre , un de semisintètic al voltant de 9 € i un de sintètic 100% al voltant de 18€. Aquest preus són orientats en funció sempre dels descomptes comercials . també cal comentar que dins de cada tipus de lubricant existeixen qualitats diferents que provoquen notables diferències de preu.



## Classificació SAE

Ahora d'escollir els lubricants pel nostre motor hem valorat la temperatura de treball dels assajos. En base aquesta temperatura de treball sabem quin grau SAE necessitem com a mínim per garantir un funcionament òptim.

Nom comercial	xWy	Temperatures de treball	
5100 Ester 4T	15W50	-15°C	100°C
OIL GXS	5W60	-25°C	100°C
MOTO 4 HP ECO	10W40	-20°C	100°C
300V Competition	15W50	-15°C	100°C

Com podem veure compleixen perfectament els requisits de temperatura. Les condicions ambientals estan al voltant de 30°C, per tant no tindrem un problema de temperatures baixes on no puguem garantir una viscositat adequada.

Per l'altre costat la temperatura de l'oli no superarà els 100°C .

## Característiques físicoquímiques i normatives aplicades

A la taula inferior fem una descripció de les característiques físicoquímiques més importants. Aquesta informació és subministrada pels fabricants i queda recollida en la corresponent fitxa tècnica de cada lubricant. També hi són presents les normes tècniques que compleixen.

Nom comercial	Densitat a 15°C (ASTM 1298) [gr/cc]	Viscositat cinemàtica a 40°C (ASTM D445) [mm <sup>2</sup> /s]	Viscositat cinemàtica a 100°C (ASTM D445) [mm <sup>2</sup> /s]
5100 Ester 4T	0,878	131,5	17,5
OIL GXS	-	130	22
MOTO 4 HP ECO	0,87	89,1	13,4
300V Competition	0,89	140	18



Nom comercial	Index de viscositat (ASTM 2270)	Punt d'inflamació (ASTM D92) [°C]	Punt de congelació (ASTM D97) [°C]
5100 Ester 4T	147	230	-33
OIL GXS	200	225	-50
MOTO 4 HP ECO	152	232	-36
300V Competition	154	272	-30

Normatives aplicades de caràcter general per a cada lubricant.

Nom comercial	Normes aplicades
5100 Ester 4T	API SG ; CCMC G4; JAMO MA
OIL GXS	API-SL/CF ; ACEA A3/B3/B4
MOTO 4 HP ECO	API SG; JAMO
300V Competition	API SG/SH; CCMC G4/PD2;

En les pàgines següents veurem les gràfiques resultants de cada assaig anomenades pel tipus de lubricant utilitzat.





Prova 1. Lubricant 5100 Ester

Nom comercial	Fabricant	Tipus lubricant
5100 Ester 4T	Motul	Mineral

Condicions atmosfèriques:

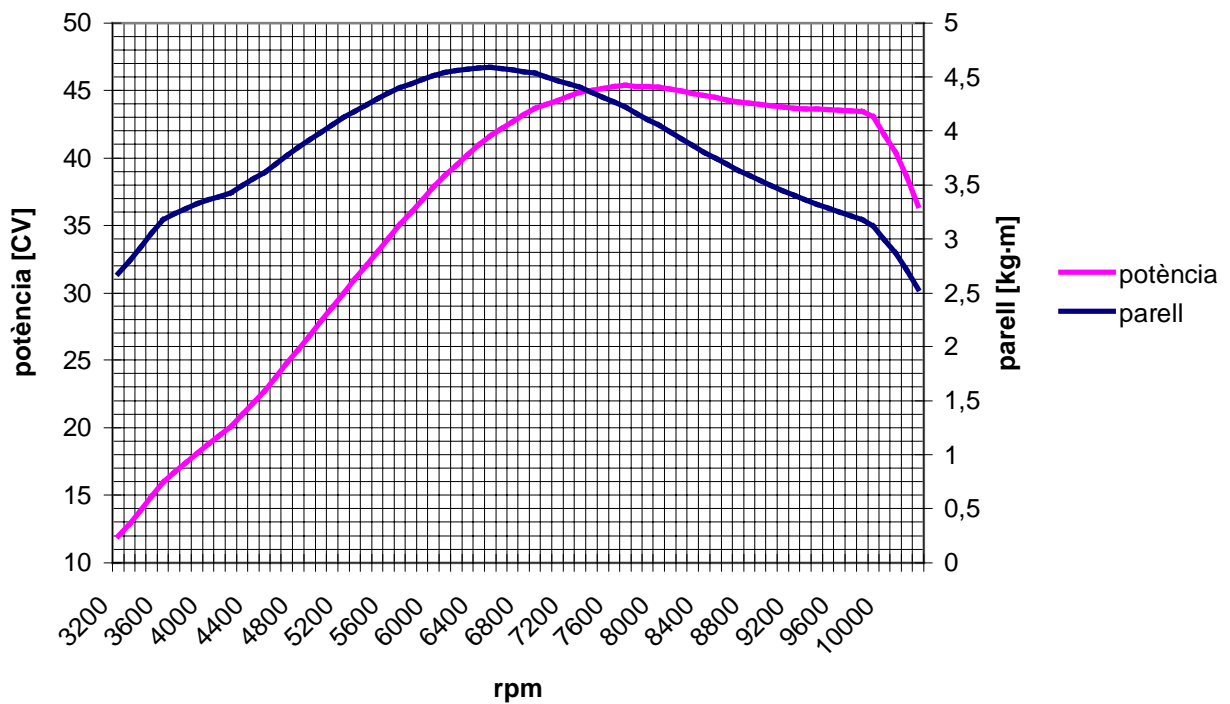
Temperatura [°C]	Pressió atmosfèrica [mbar]	Humitat relativa [%]
29	984	55

Resultats obtinguts:

Potència màxima [CV]	Parell màxim [Kgm]
45,38 a 7800 rpm	4,59 a 6500 rpm

Gràfica de la prova

Prova 637 - Motul 5100 ESTER





### Prova 2. Lubricant OIL GXS

Nom comercial	Fabricant	Tipus lubricant
OIL GXS	GRO	Sintètic 100%

### Condicions atmosfèriques:

Temperatura [°C]	Pressió atmosfèrica [mbar]	Humitat relativa [%]
27	990	60

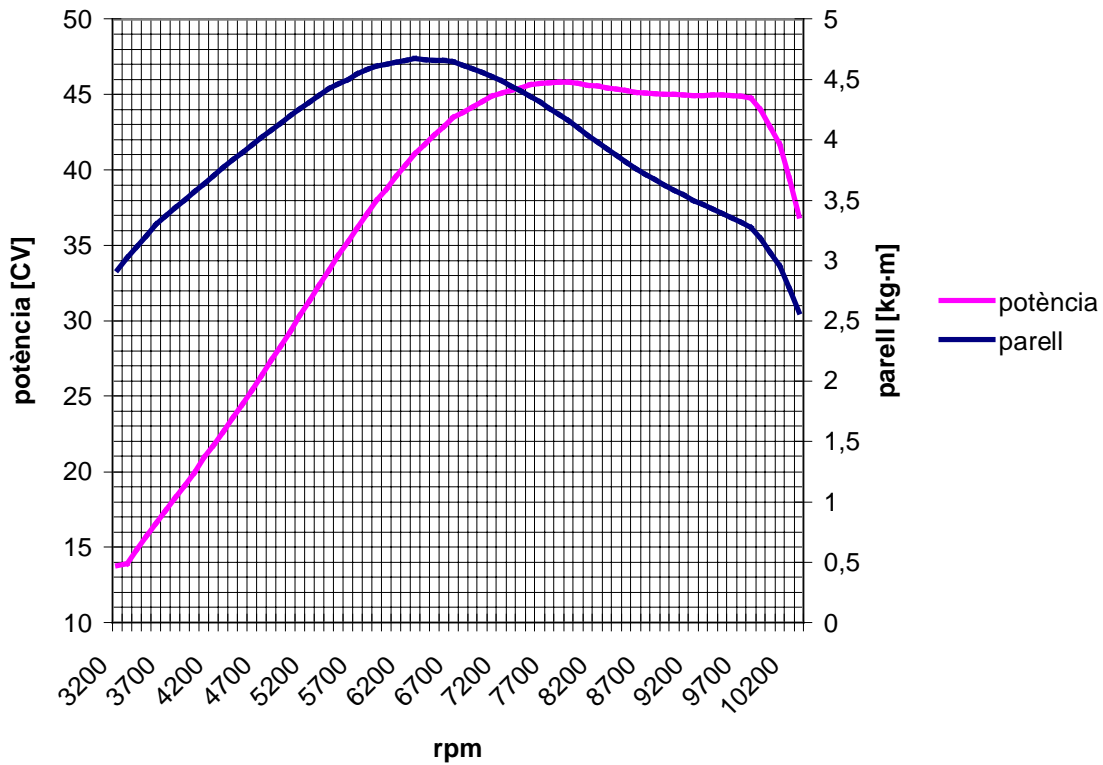
### Resultats obtinguts:

Potència màxima [CV]	Parell màxim [Kgm]
45,83 a 7850 rpm	4,67 a 6300 rpm

### Gràfica de la prova



### PROVA 624 OIL GXS



#### Prova 3. Lubricant MOTO 4 HP ECO

Nom comercial	Fabricant	Tipus lubricant
MOTO 4 HP ECO	ELF	Semisintètic

#### Condicions atmosfèriques:

Temperatura [°C]	Pressió atmosfèrica [mbar]	Humitat relativa [%]
28	984	59

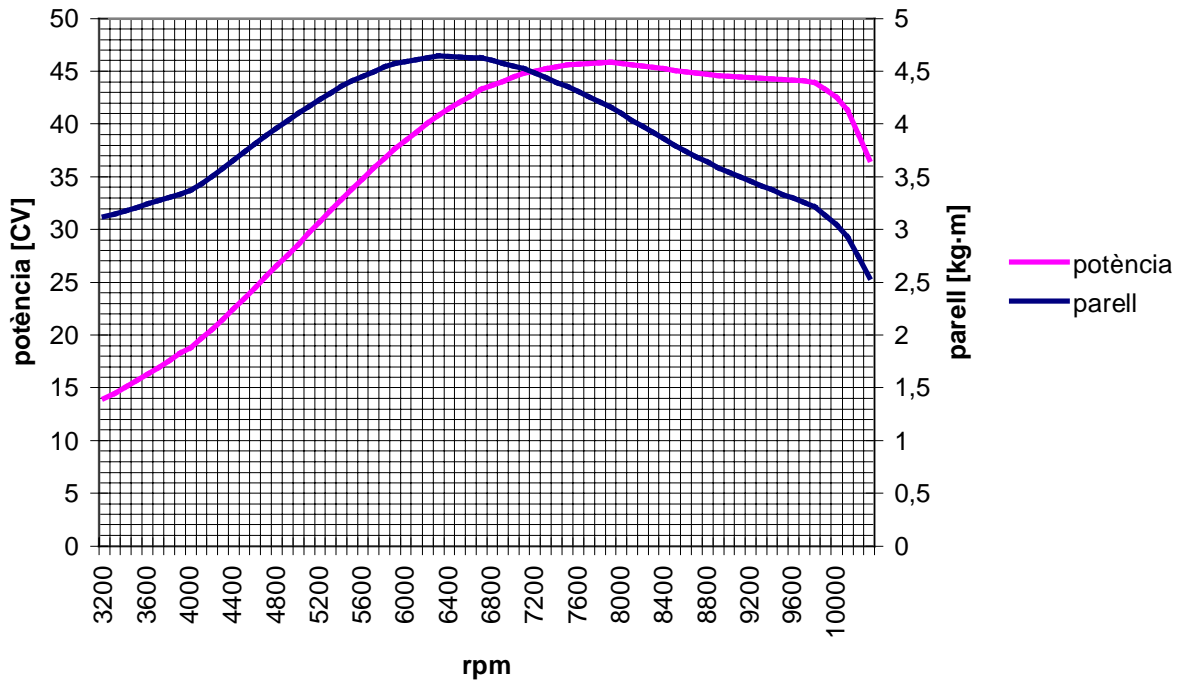
#### Resultats obtinguts:

Potència màxima [CV]	Parell màxim [Kgm]
45,87 a 7850 rpm	4,646 a 6350 rpm



Gràfica de la prova

### Prova 634- ELF



Prova 4. Lubricant Motul 300V Competition

Nom comercial	Fabricant	Tipus lubricant
300V Competition	Motul	Sintètic 100%

Condicions atmosfèriques:

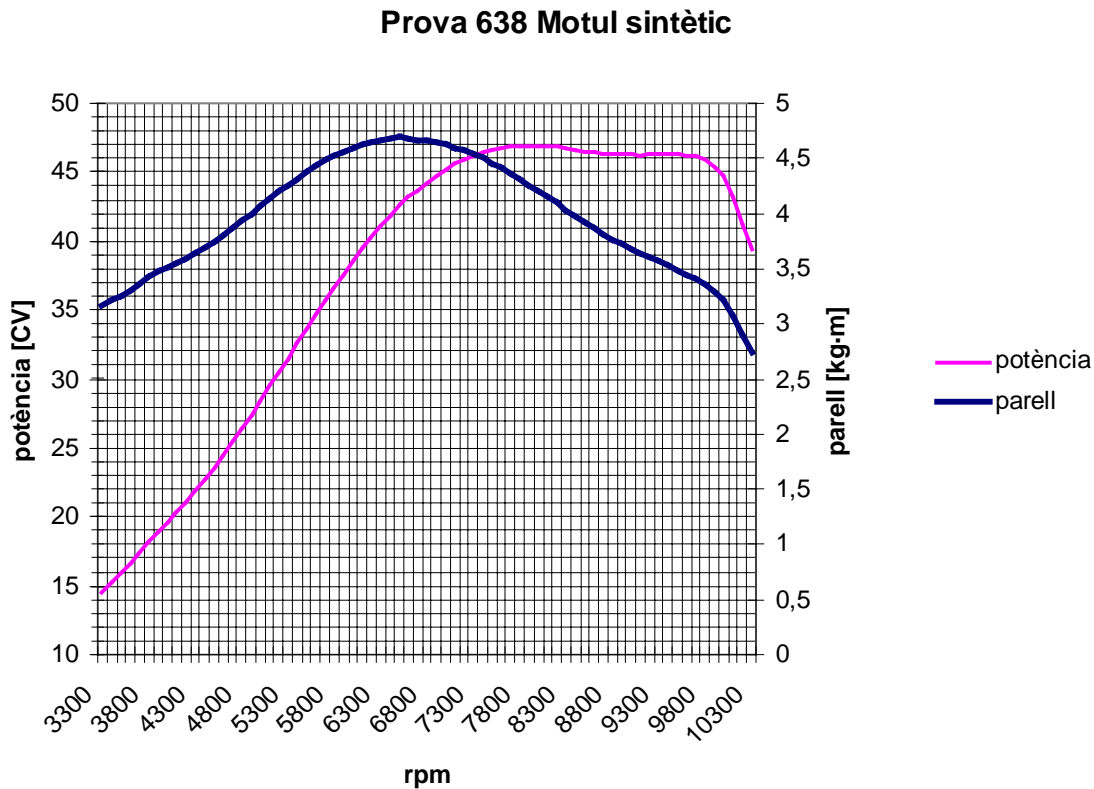
Temperatura [°C]	Pressió atmosfèrica [mbar]	Humitat relativa [%]
29	984	55

Resultats obtinguts:

Potència màxima [CV]	Parell màxim [Kgm]
46,97 a 7800 rpm	4,69 a 6500 rpm



Gràfica de la prova



### 5.11.1 Anàlisi comparativa de parell i potència

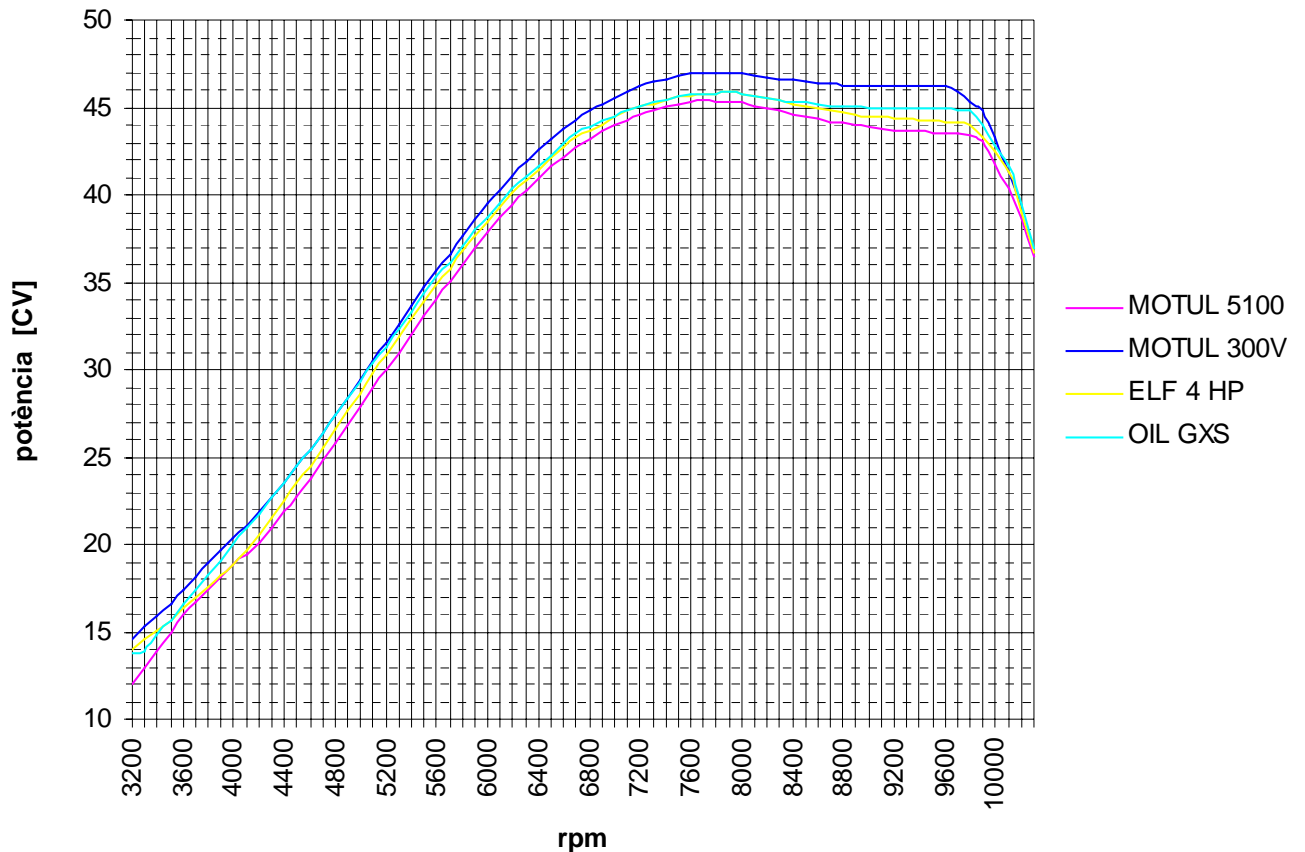
Per valorar adequadament els resultats obtinguts farem una anàlisi comparativa dels valors obtinguts. Primer estudiarem els resultats de potència de totes les proves i en segon terme els parells obtinguts. Per facilitar l'anàlisi hem elaborat unes gràfiques comparatives .

#### Anàlisi de potència

Hem recollit totes les corbes de potència en una sola gràfica per fer l'estudi comparatiu.



## COMPARATIVA POTÈNCIES



En el gràfic anterior podem comparar d'una forma molt pràctica els resultats dels diferents lubricants.

Com es pot veure hem obtingut diferents resultats en cada cas. Aquestes variacions queden justificades per una diferent composició de cada lubricant. El que obté pitjor resultat és el Motul 5100 de base mineral. Per aquest motiu l'agafarem com a base per a comparar la resta, amb una potència màxima obtinguda de 45,4 CV a 7.800 rpm. Tot seguit comparem els tres olis restants:

El lubricant ELF 4HP és el tercer amb prestacions que ofereix una potència màxima de 45,9 CV a



7850 rpm. Durant tota la corba es manté constant un increment aproximat de 0,5 CV. Aquesta diferència està justificada per la composició semisintètica que té aquest lubricant, per tant té una lubricitat major que el de base mineral.

El lubricant OIL GXS és el segon en prestacions tot i que ofereix una potència màxima lleugerament inferior 45,8 CV a 7850 rpm, la seva corba és superior a la resta de règims. Aquest oli és 100% sintètic, per tant presenta una lubricitat superior a l'anterior semisintètic. Aquest fet es pot veure amb claredat en els règims més alts on una millor capacitat d'adherència al cilindre permet extreure un cavall més de potència per sobre de les 9.000 rpm.

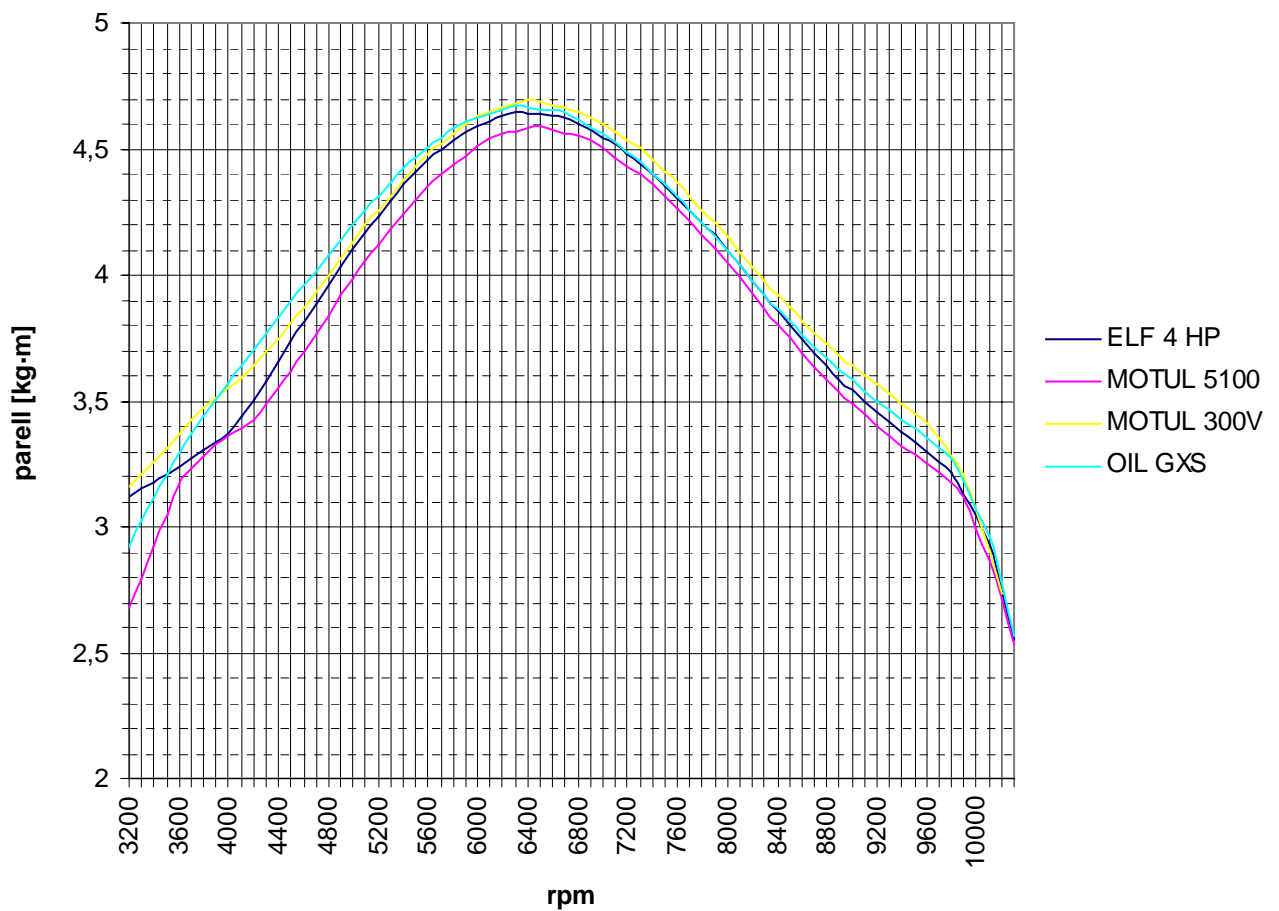
El lubricant Motul 300V és el millor de tots amb una potència de 47 CV a 7.800 rpm. Aquest guany de 1,6 CV respecte el lubricant mineral és molt important. Com era d'esperar la millor lubricitat de l'oli 100% sintètic fa que en els règims alts la diferència de potència arriba als 2,5 CV. També cal dir-ho és superior a l'altre sintètic, OIL GXS, superant en 1,1 CV aproximadament la seva potència màxima.



## Anàlisi de parell

En l'anàlisi de parell hem actuat de la mateixa manera que en el cas anterior. Hem recollit totes les dades en una gràfica.

### COMPARATIVA PARELLS



En aquesta gràfica podem veure com es manté la superioritat. Lògicament, el parell i la potència estan directament relacionats.

El parell dels lubricants de base sintètica és superior clarament al de base mineral en el règim baix - mig .





## 5.12 Conclusions

Un cop vistos els resultats podem dir que el tipus de lubricant no és un tema menyspreable perquè poden haver-hi diferències de potència de fins al 5,5%. Amb l'afegit que el cost de sumar aquests cavalls extres és baix. També cal dir que només hem abordat la utilització d'olis des de la vessant de la potència, no hem parlat de temes de durabilitat, consum...

Si relacionem les potències obtingudes amb el cost per litre de lubricant podem concloure dues coses.

- § Si practiquem una conducció més tranquil·la sense espremer al màxim la potència del motor la utilització d'un oli semisintètic serà el més òptim amb relació al preu.
  
- § Si practiquem una conducció esportiva esprement al màxim les prestacions del motor seria bo utilitzar un lubricant 100% per dos motius:
  - Disposarem d'una mica més de potència.
  - Lubricarem d'una forma més eficient els mecanismes allargant la seva vida útil.



## Capítol 6. Resum del pressupost

Per dur a terme aquest treball ens ha calgut tota una sèrie de material i de recursos humans que queda reflexat en aquests dos pressupostos, un per l'estudi de les millores i un altra per l'aplicació.

§ El pressupost total de l'estudi és de 11.455,46 € .

§ El pressupost total de l'aplicació és de 1.346 € .



## 7. Conclusions generals

En aquest treball sobre la millora d'un motor de 4T ens hem centrat en quatre aspectes principalment:

1. Comparativa entre un motor de 2T i un de 4T.

La comparativa entre el motor 450 cc de 4T i el motor 250 cc de 2T ens ha permès veure la diferència entre les corbes de potència, encara que ofereixin valors màxims semblants. D'una banda, el motor de 4T és més fàcil de portar per tenir un parell superior respecte de la seva equivalent en 2T. De l'altra, la classificació del mundial d'enduro del 2005 en les diferents categories mostra quina és la tendència del mercat, que ens permet assegurar el domini absolut dels motors de 4T en els propers dos anys.

2. Diferències entre el carburador i el sistema d'injecció.

Hem vist que en les proves realitzades amb els dos sistemes d'injecció podem extreure conclusions dividides en dos àmbits:

- a) Relació carburació – injecció.

D'aquí destacaríem dues coses. La primera: la utilització de la injecció no vol dir automàticament més potència que el seu equivalent amb carburació; i la segona: l'obtenció d'una corba de potència més progressiva, per tant l'obtenció d'un parell més constant.

- b) Millora de la injecció.

Un cop centrats en la utilització de la centralita ( ECU) hem pogut veure que variant els reglatges ( settings) programats hem obtingut respostes diferents. Hem endarrerit el tall de la injecció, hem millorat la resposta a partir de les 7.000 rpm -augmentant la potència- i hem allargat el règim d'utilització d'aquest motor.

3. La distribució en el 4T.

En la modificació de la distribució el que hem fet és incidir en la millora del rendiment volumètric. Hem augmentat el temps d'admissió per permetre l'entrada de més mescla d'aire : combustible a la cambra de combustió. Per tant, amb més presència de mescla nova i menys gasos residuals que fan baixar el rendiment.

Aquesta variació hem provocat un guany de 5 CV de potència màxima, en canvi a règims inferiors a 4.500 rpm la distribució estàndard es mostra superior.

En resum, la distribució estàndard és més apta per a un conductor més novell i la modificada per a un motorista de conducció més experta i agressiva.



#### 4. La lubrificació del motor monocilíndric.

En les proves de lubrificació hem pogut veure que no és un apartat gens menyspreable perquè com s'ha pogut veure la utilització d'un lubricant adequat ens ha permès guanyar un 1,5 CV. Aquest guany s'ha aconseguit amb el lubricant 100% sintètic 300V Competition de la casa Motul. L'èxit es deu a la capacitat que té aquest lubricant per adherir-se a les parets del cilindre en condicions més extremes, règims més alts.

El cost d'aquest lubricant sintètic és d'uns 18 €/l i per un de semisintètic de 9 €/l aproximadament. Aquest és el seu principal inconvenient.

En resum podem concloure que un cop fetes les diferents millores en la distribució, injecció i lubrificació la millora de potència ronda el 13%.

Un cop fet l'estudi també s'ha pogut veure que per augmentar més la potència caldria fer un estudi sobre la possible utilització de vàlvules de titani més lleugeres, per reduir les inèrcies i també ressorts d'aquest material perquè tenen un millor comportament que de les d'acer.

Per altres estudis seria bo poder disposar d'un banc de potència estàtic per poder treballar sobre el consum de combustible i la fatiga dels materials.

Xavier Pla i Bancells

Sant Feliu de Buixalleu, 9 de gener de 2006



## Bibliografia

Aquest és el llistat de la bibliografia utilitzada.

- Arias-Paz, M. Motocicletas. Inversiones editoriales DOSSAT 2000. Madrid. 2003
- Blair, Gordon P. Design and simulation of four-stroke engines. Society of Automotive Engineers. Warrendale ( USA) 1999
- Dante Giacosa. Motores endotérmicos. Editorial DOSSAT SA. Madrid. 1990.
- De Castro, Miguel. Inyección de gasolina. Ediciones CEAC. Barcelona. 2001.
- Fritz, Adolf. Automotive Microelectronics. Robert Bosch GmbH. Stuttgart. 2002.
- Jacobs Christopher. Performance ignition systems. HPBooks. New York. 1999.
- Mortimer, R.M. Chemistry and technology of lubricants. Ed. Blackie Academic and Professional. 1997.
- Probst, Charles O. Bosch Fuel Injection & Engine Management. Bentley publishers. Cambridge, Massachusetts. 1991.
- Ruigi L. La distribución. Ediciones CEAC. Barcelona. 1986
- Techno Research Inc. Direct-Link ([www.technoresearch.com](http://www.technoresearch.com), 3 d'octubre de 2005)
- Yamaha. YZ-250F OWNER'S SERVICE MANUAL. Ed. Yamaha Co. Ltd. Juliol 2002
- SAE SP-1131. Two-stroke Engines and Emissions Control. Society of Automotive Engineers. Warrendale. 1996.