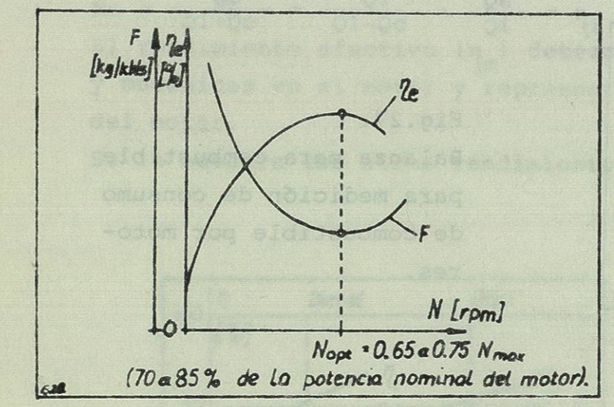

Fig.28.
Dependencia del consumo específico F y del rendimiento efectivo η_e de la frecuencia de revoluciones (rpm) de un motor.

8. SOBREALIMENTACION DE MOTORES.

La sobrealimentación de motores de émbolo reciprocante se hace para aumentar la potencia efectiva (Ne) obtenida de la capacidad cúbica total D_t del motor, y a fin de disminuir su peso específico (del motor) determinado en este caso como G /kg/kW/, /lb/HP/ o /kg/CFm/. La sobrealimentación se logra por precompresión de la carga nueva de mezcla aire-combustible antes de la admisión al cilindro, en un compresor construído especialmente. En este caso se aumenta tanto el rendimiento volumétrico η_v (pto. 9 cap.3) que sobrepasa el número 1, así :

$\eta_v = \frac{ma}{mt} > 1$ para motores sobrealimentados.

Se puede sobrealimentar un motor con dos métodos :

1. por compresor mecánico común o
2. por turbocompresor.

8.1. SOBREALIMENTACION POR COMPRESOR COMUN.

El método de sobrealimentación por compresor centrífugo accionado mecánicamente se muestra en la fig.29. Muy frecuentemente en los motores se usan otros tipos de compresores aunque el más popular es del tipo Roots mostrado en la fig.30. (vease también la fig.19 b.).

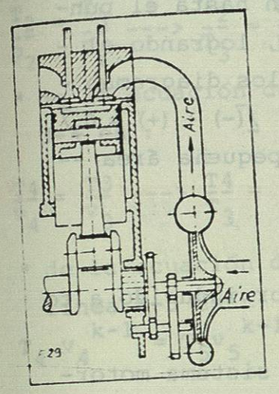

Fig.29.
Compresor centrífugo accionado directamente por el cigüeñal del motor.

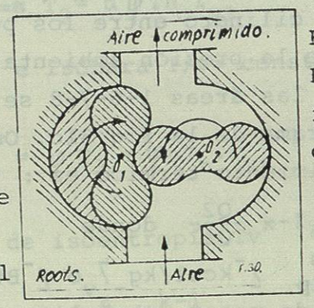

Fig.30.
El principio de funcionamiento de un compresor (soplador) del tipo Roots.

El ciclo de trabajo del compresor se puede mostrar junto con el ciclo Duplex de trabajo de un motor. Esto se muestra en la fig.31.

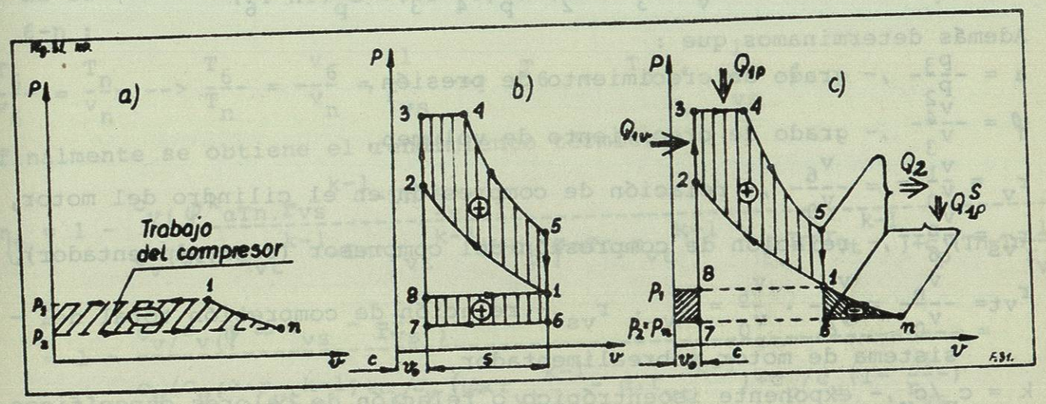

Fig.31. El ciclo Duplex, con compresor mecánico de sobrealimentación.

a) el ciclo del compresor sólo; el signo (-) determina el trabajo negativo tomado del motor por el compresor mecánico.

b) el ciclo Duplex con sobrealimentación; el rectángulo 1-6-7-8 determina el llenado del cilindro con carga nueva por el compresor, por ello el trabajo es positivo (+).

c) el ciclo resultante Duplex sobrealimentado con un compresor (soplador, sobrealimentador) mecánico.

El compresor succiona el aire (o mezcla) a la presión $p_n = p_2$ empezan

do del punto p_2 hasta punto n, aumentando su presión hasta el punto 1 y lo sopla al cilindro entre los puntos 1 y p_1, logrando el punto inicial p_2 de la presión ambiental. Juntando los diagramas de la fig.31a y 31b, las áreas 1-6-7-8 se neutralizan [(-) + (+) = 0] resultando el diagrama de la fig.31c. Omitiendo la pequeña área -- p_2-7-8-p_1, el rendimiento térmico es :

$$\eta_t = \frac{Q1 - Q2}{Q1} = 1 - \frac{Q2}{Q1} \quad \text{donde}$$

$Q_1 = Q_{1v} + Q_{1p} + Q^s_{1p}$ [kcal/kg] o [Btu/lb],-calor inducido a todo el sistema de motor sobrealimentador.

Q_2 = [kcal/kg], [Btu/lb],- rechazo de calor del sistema motor-sobrealimentador.

$$Q_1 = c_v\,(T_3 - T_2) + c_p\,(T_4 - T_3) + c_p\,(T_n - T_6)$$

$$Q_2 = c_v\,(T_5 - T_6)$$

$$\eta_t = 1 - \frac{c_v\,(T_5 - T_6)}{c_v\,(T_3 - T_2) + c_p\,(T_4 - T_3) + c_p\,(Tn - T_6)}$$

Además determinamos que :

$\alpha = \frac{p_3}{p_2}$,- grado de crecimiento de presión,

$\varphi = \frac{v_4}{v_3}$,- grado de crecimiento de volumen,

$r_v = \frac{v_1}{v_0} = \frac{v_6}{v_0}$,- relación de compresión en el cilindro del motor,

$r_{vs} = \frac{v_n}{v_6}$,- relación de compresión del compresor (sobrealimentador),

$r_{vt} = \frac{v_n}{v_0} = \frac{v_n}{v_6} \cdot \frac{v_6}{v_0} = r_v \cdot r_{vs}$,- relación de compresión total del sistema de motor sobrealimentador,

$k = c_p/c_v$,- exponente isoentrópico o relación de calores específicos.

El comportamiento de determinación de η_t es como sigue :

* de la ecuación de condición de isoentropía Tv^{k-1}= const, para la linea n-1-2 es :

$$T_n v_n^{k-1} = T_1 v_1^{k-1} = T_2 v_2^{k-1} \;\text{---->}\; T_2 = Tn\,\left(\frac{v_n}{v_2}\right)^{k-1} = Tn\,\left(\frac{v_n}{v_0}\right)^{k-1} = T_n r_{vt}^{k-1} \quad \text{porque } v_2 = v_0,$$

* de la ecuación de condición isométrica T/p= const, para la linea 2-3 es :

$$\frac{T_2}{p_2} = \frac{T_3}{p_3} \;\text{--->}\; \frac{T_2}{T_3} = \frac{p_2}{p_3} = \frac{1}{\alpha}\,; \quad T_3 = \alpha\, T_2 = \alpha\,\varphi\, Tn \cdot r_{vt}^{k-1}$$

* de la ecuación de condición e isóbara T/v= const, para la linea 3-4 es :

$$\frac{T_4}{v_4} = \frac{T_3}{v_3} \;\text{--->}\; \frac{T_4}{T_3} = \frac{v_4}{v_3} = \varphi \;\longrightarrow\; T_4 = \varphi\, T_3 = \varphi\,\alpha T_n \cdot r_{vt}^{k-1}$$

* de la ecuación de condición de isoentropía Tv^{k-1}= const, para la linea 4-5 es :

$$T_4 \cdot v_4^{k-1} = T_5 v_5^{k-1} \;\text{--->}\; T_5 = T_4\,\left(\frac{v_4}{v_5}\right)^{k-1}$$

pero $\frac{v_4}{v_5} = \frac{v_4/v_3}{v_5/v_3} = \frac{v_4/v_3}{v_1/v_3} = \frac{\varphi}{r_v}$, $r_v = \frac{r_{vt}}{r_{vs}}$, $v_5 = v_1$,

$$T_5 = T_4\,\left(\frac{\varphi}{r_v}\right)^{k-1} = \varphi\,\alpha\, T_n \cdot r_{vt}^{k-1}\,\left(\varphi\,\frac{r_{vs}}{r_{vt}}\right)^{k-1} = \varphi^k \alpha T_n r_{vs}^{k-1}$$

* de la ecuación de condición de isobara T/v= const, para la linea 6-n :

$$\frac{T_6}{v_6} = \frac{T_n}{v_n} \;\text{-->}\; \frac{T_6}{T_n} = \frac{v_6}{v_n} = \frac{1}{r_{vs}} \;\text{-->}\; T_6 = T_n \cdot \frac{1}{r_{vs}}\,;$$

Finalmente se obtiene el rendimiento térmico :

$$\eta_t = 1 - \frac{c_v\left(\varphi^k \alpha Tn \cdot r_{vs}^{k-1} - Tn\,\frac{1}{r_{vs}}\right)}{c_v\left(\alpha Tn \cdot r_{vt}^{k-1} - Tn \cdot r_{vt}^{k-1}\right) + c_p\left(\varphi\,\alpha Tn \cdot r_{vt}^{k-1} - \alpha\, Tn \cdot r_{vt}^{k-1}\right) + c_p\left(Tn - Tn\,\frac{1}{r_{vs}}\right)} =$$

$$= 1 - \frac{c_v/c_v\left(\varphi^k \alpha \cdot r_{vs} - \frac{1}{r_{vs}}\right)}{c_v/c_v\left(\alpha \cdot r_{vt}^{k-1}\right) + c_p/c_v\left(\varphi\alpha r_{vt}^{k-1} - \alpha \cdot r_{vt}^{k-1}\right) + c_p/c_v\left(1 - \frac{1}{r_{vs}}\right)} =$$

$$= 1 - \frac{\frac{1}{r_{vs}}\left(\alpha\varphi^k \cdot r_{vs}^{k} - 1\right)}{r_{vt}^{k-1}(\alpha - 1) + k\alpha r_{vt}^{k-1}(\varphi - 1) + k\left(1 - \frac{1}{r_{vs}}\right)} =$$