



Curso de Mecánica Aplicada



Ensayo del motor. Antecedentes.
Construcción de la curva de par motor

Prof. Laura Draghi
2019

Tema : Ensayo del motor

OBJETIVOS de la clase:

** Analizar los resultados de ensayo de motores con el fin de predecir la prestación real a campo.*

** Valorar los datos emergentes de ensayos de homologación de motores, como herramienta de mucha utilidad.*

OBJETIVOS DE UN ENSAYO

- Ensayos de Homologación

repetibles y comparables → *Normas de ensayo*



Antecedentes











Archives and Special Collections, University of Nebraska-Lincoln Libraries

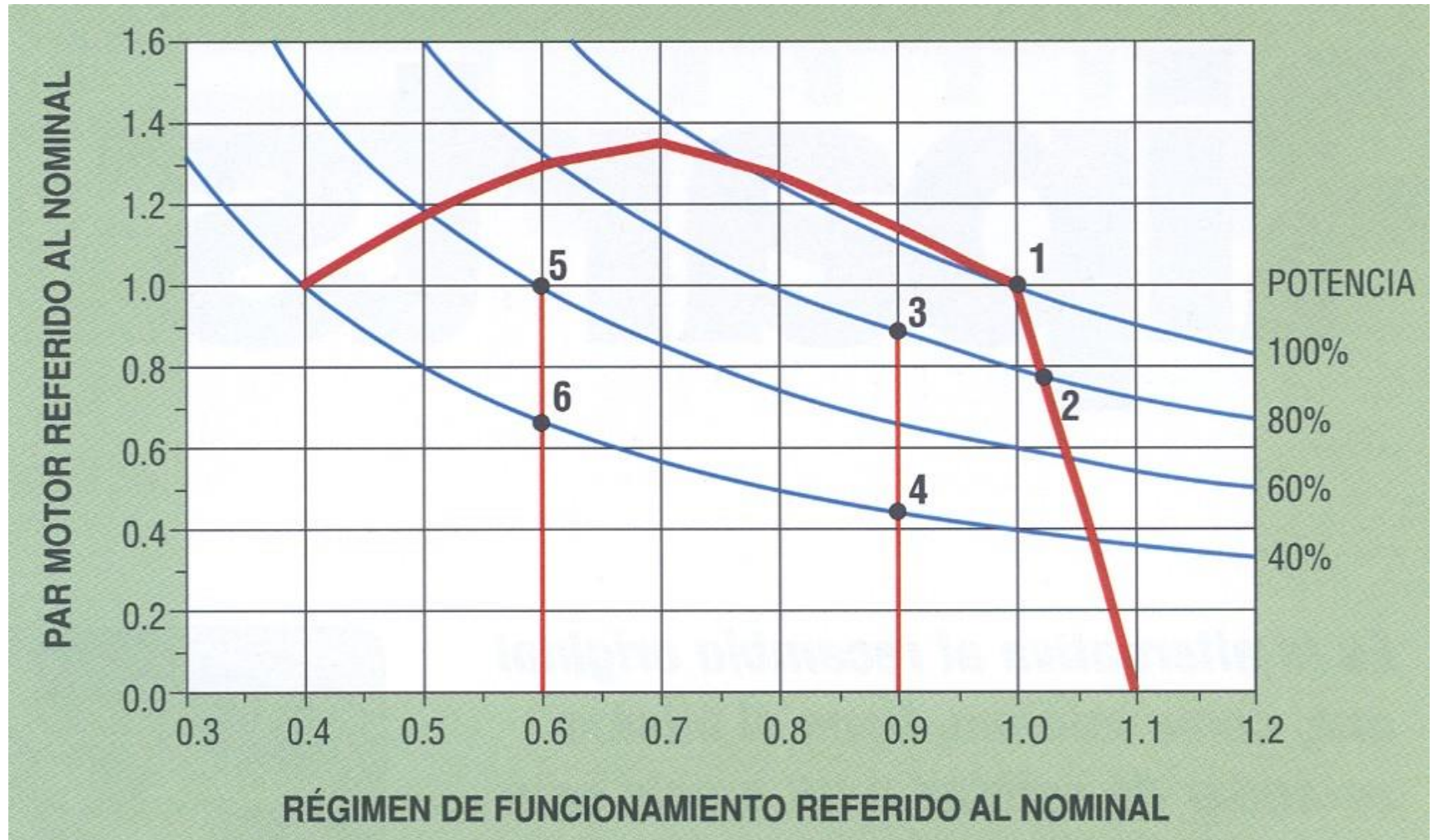
Ventajas de los Códigos OCDE para Tractores

- **Certificado global**
Los números de aprobación OCDE son reconocidos en 26 países, 22 países miembros de la OCDE y 4 países no miembros de la OCDE (China, India, Rusia y Serbia).
- **Red global de estaciones de ensayo**
La OCDE cuenta con 30 estaciones de ensayo en Europa, Asia y América, las cuales garantizan que todos los ensayos se lleven a cabo de acuerdo con las normas establecidas por la OCDE.
- **Tiempo de respuesta rápido**
El tiempo promedio para aprobar un certificado OCDE es de menos de cinco días.
- **Equivalencia con la UE**
Los códigos OCDE para los tractores tienen equivalencia con las correspondientes directivas de la Unión Europea.
- **Mayor credibilidad y comercio leal**
Los ensayos que se llevan a cabo en un país miembro del programa de Tractores de la OCDE siempre vienen validados por el Centro de Coordinación de la OCDE. Esto aumenta la credibilidad de los ensayos para los usuarios de tractores y garantiza que los constructores de tractores cumplan con los mismos criterios en todo el mundo, promoviendo un comercio más transparente y leal.
- **Mayor Seguridad**
La seguridad de los usuarios de tractores es uno de los pilares fundamentales de los Códigos OCDE para tractores. La certificación de las estructuras de protección (ROPS) en el caso de vuelco o de caída objetos sobre la estructura de protección ha contribuido a la reducción del número de accidentes fatales con tractores.
- **Evolución constante**

CODE 2 OECD STANDARD CODE FOR THE OFFICIAL TESTING OF AGRICULTURAL AND FORESTRY TRACTOR PERFORMANCE

- 1.- **Potencia máxima:** luego de seleccionar la posición del acelerador, se deja en funcionamiento en vacío durante al menos 1 hora hasta estabilizar condiciones de temperatura y funcionamiento y la lectura de $N_{m\acute{a}x}$. Se realiza con el promedio de 6 puntos por un intervalo de 1h obtenidos a tiempos regulares.
2. **Construcción de las curvas** de potencia, par motor, consumos, horario y específico y otros consumos si correspondiera en función del régimen, hasta un régimen un 25% menor al equivalente al de $P_{m\acute{a}x}$. ó 50% del régimen nominal según cual sea el menor
3. Determinación **Potencias para carga variable** a dos regímenes: Régimen nominal y régimen estandarizado de la TPP (1000 y/o 540 v/min). En cada uno de esos regímenes se hace **la curva de corte del regulador** de la siguiente manera:
 - a) carga de potencia máxima
 - b) al 85% de la carga correspondiente a potencia máxima
 - c) al 75% de la carga correspondiente en b)
 - d) al 50% de la carga correspondiente en b)
 - e) al 25% de la carga correspondiente en b)
 - f) Sin carga

Puntos de consumo de combustible en el motor



Normas IRAM

- *8005-0 Ensayo general del tractor*
- *8005-1 **Ensayo a la toma posterior de potencia***
- *8005-2 Ensayo a la barra de tiro*
- *8005-5 Sistema de levante hidráulico acoplamiento de tres puntos*
- *8039-1 Estructuras de protección método estático*
- *8039-2 Estructuras de protección método dinámico*

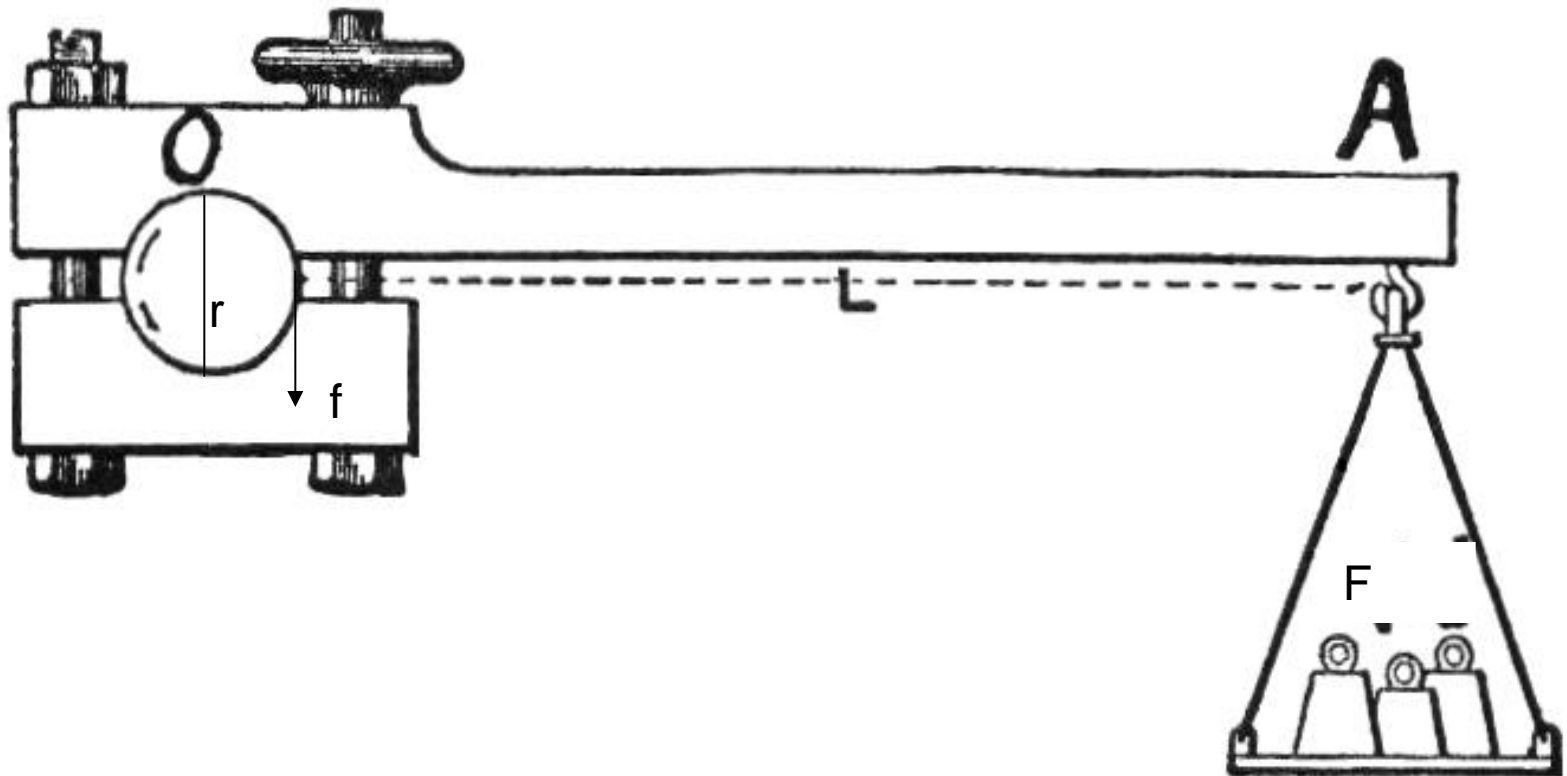
MECANISMO DINAMOMÉTRICO DE ABSORCIÓN

- 1. **Disipador del trabajo (=Freno) y un sistema que permita variar en frenado**
- 2. **Medidor de esfuerzo (=Balanza)**

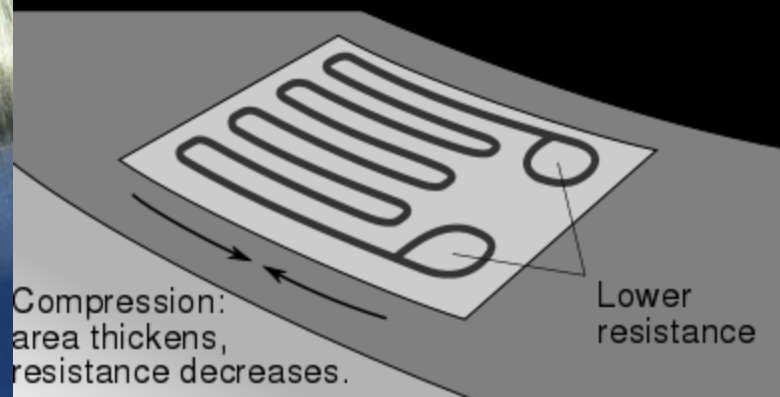
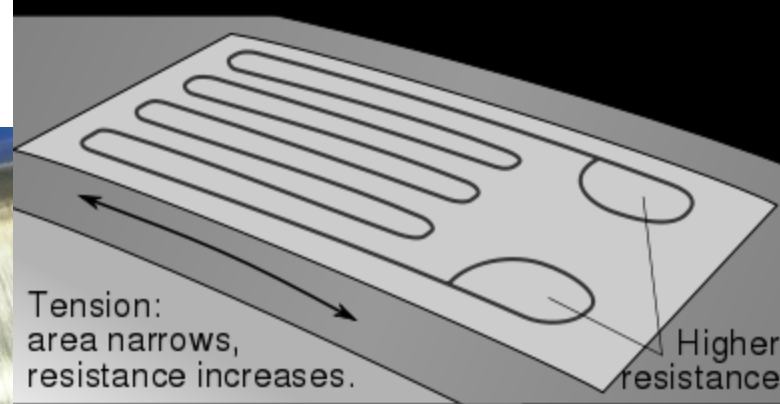
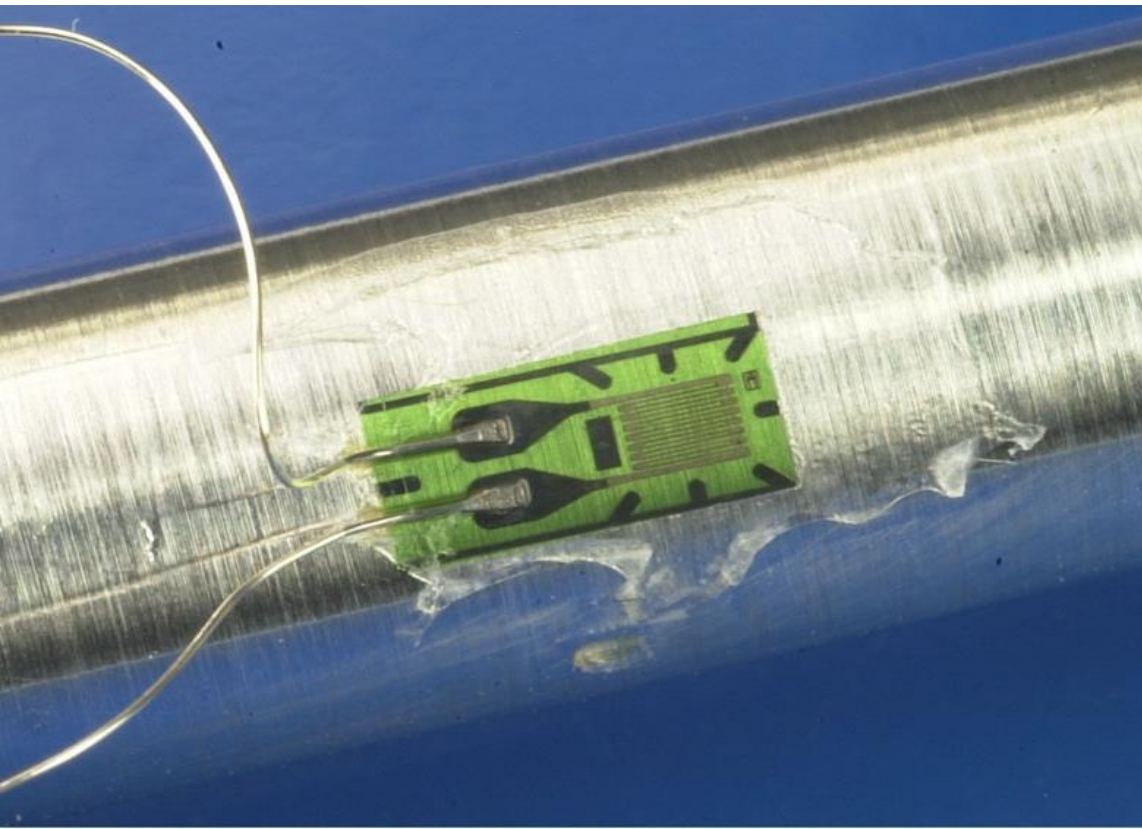
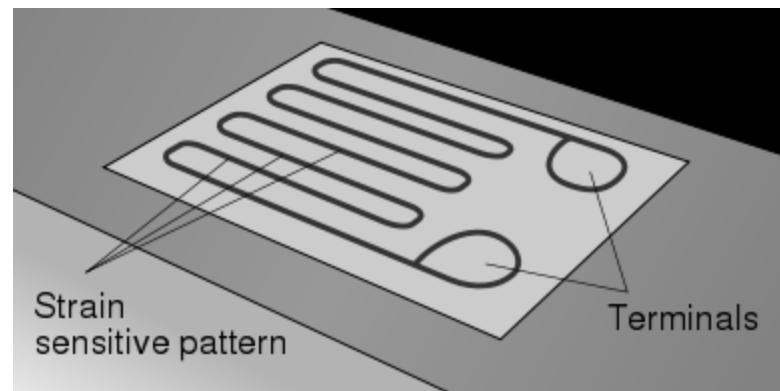
1. Primero mecánicos, luego hidráulicos, luego eléctricos, hoy electrónicos.

2. Primero masadores, luego por principio de Hook, hoy bandas extensométricas o puentes strain gage

Freno de Prony







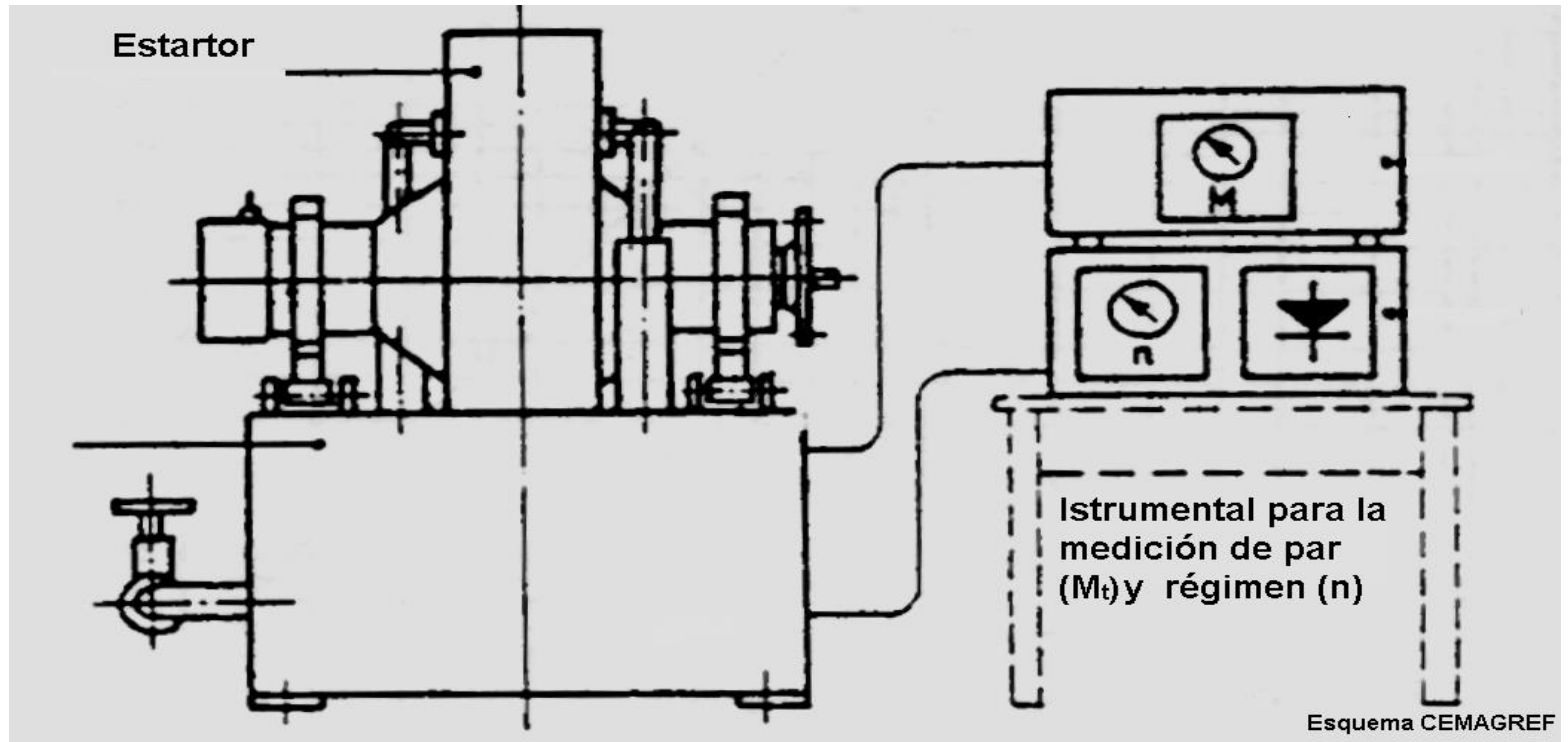
Determinación de la Potencia Rotacional

- Se mide el Par motor (Nm)
- Se mide el Régimen (vmin^{-1})
- **Calculo la Potencia (kW) = Par x Régimen**
- Mido el consumo horario (g/h)
- **Calculo el Consumo Específico: Ch/N (g/CVh)**

PUNTOS ÚTILES QUE PUEDEN OBTENERSE DE LAS CURVAS

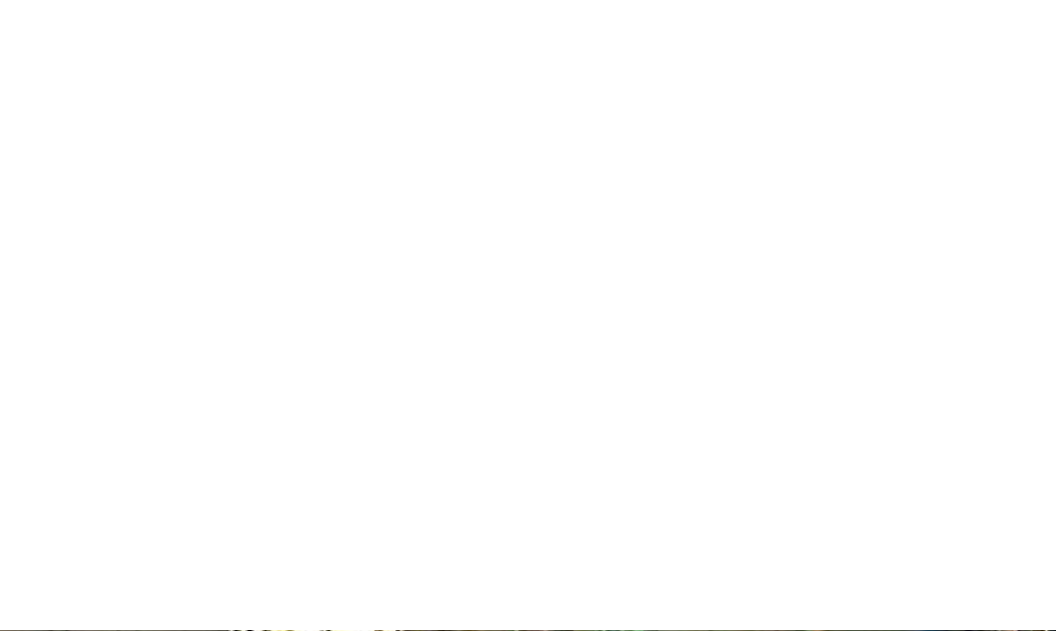
- *Régimen nominal, máximo y ZAR*
- *Potencia nominal - máxima*
- *Par motor nominal*
- *Par motor máximo*
- *Reserva del par y de régimen*
- *Presión media a potencia máxima*
- *Presión media a par motor máximo*

Frenos dinamométricos Eléctricos











0.5 Tn

CBB

CAUTION

SAFETY
INFORMATION
READ



FORBIDDEN
TOBACCO



AVL DYNAMIC FUEL BALANCE

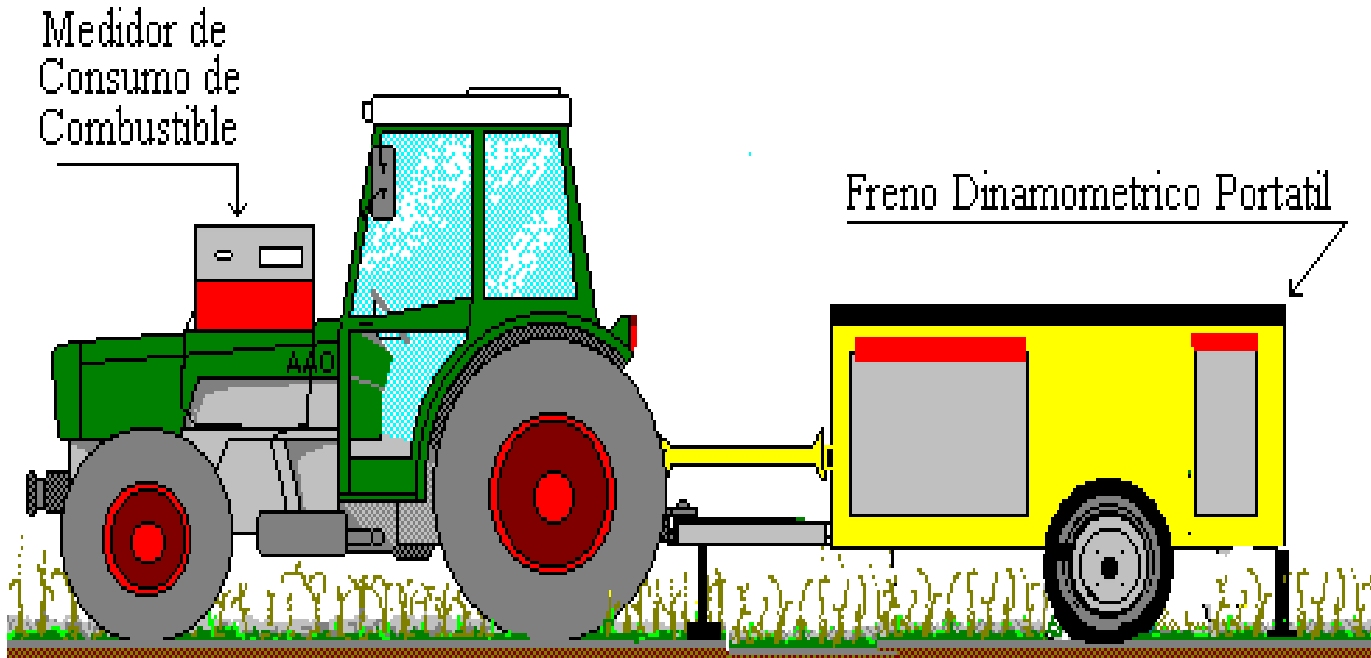




LA POTENCIA DEL TRACTOR

Potencia a la toma de potencia TPP

Ensayo a la Toma de Potencia



$$N_e = \frac{(W)ciclo}{(Tiempo)ciclo} = \frac{F * d}{2/n} = \frac{pme * s * c}{2/n} = pme * Vcil * n / 2$$

Factor
térmico

Factor
geométrico

Factor
dinámico

$$pme = pmi \eta_m$$

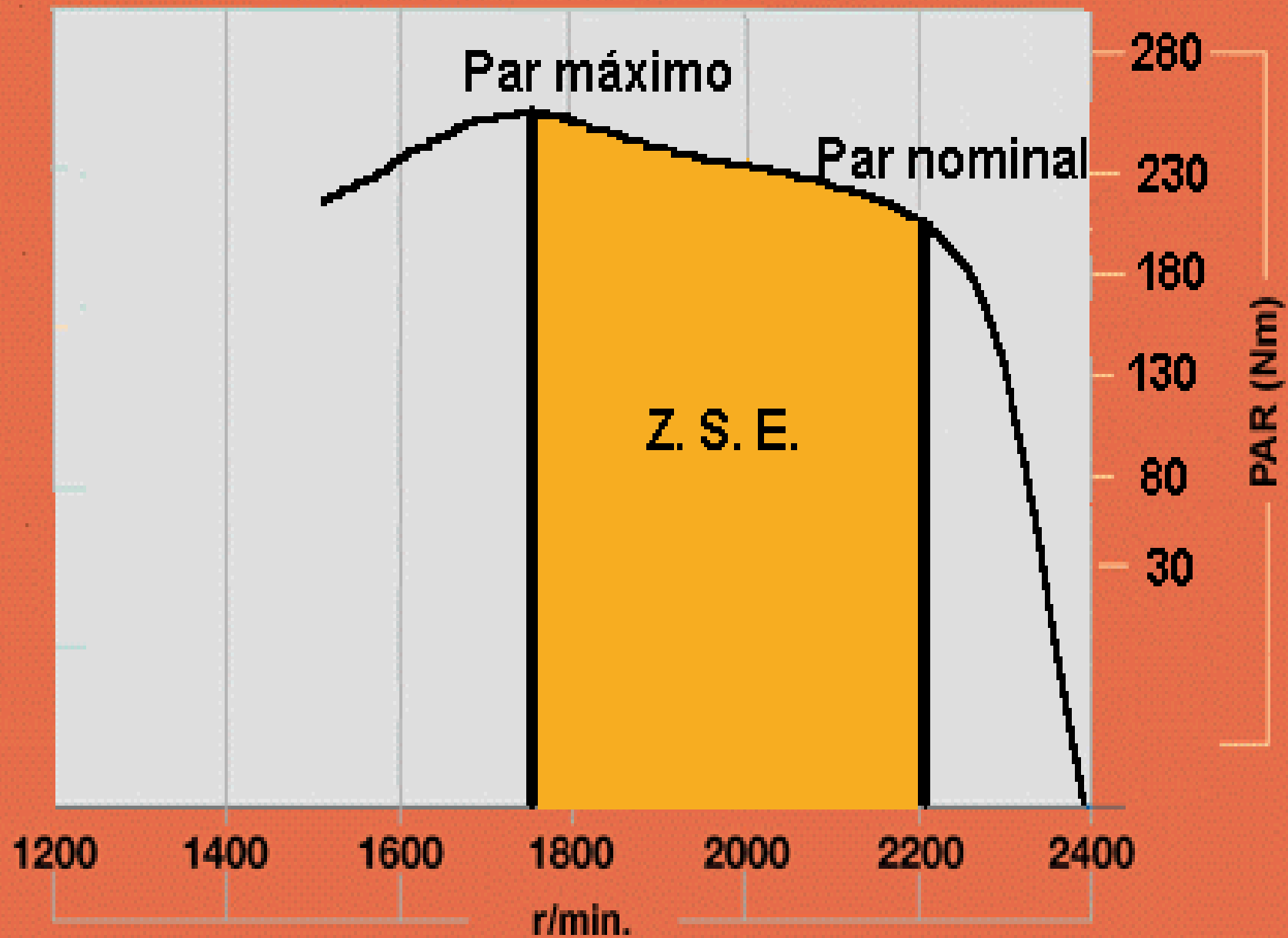
$$pmi = \eta_{t-i} \eta_v \delta_{aire} Pci \frac{1}{r_{a/c}}$$

(El Trabajo)rev = fuerza x distancia = fuerza x $2\pi r$

si gira a n vueltas = $N = Pm 2 \pi n = N(CV) = PM (km) n (v/min) / 716$

$$N = pme \times Vcil \times n / 2$$

Por lo tanto = $pme = 4 \pi Pm / Vcil$



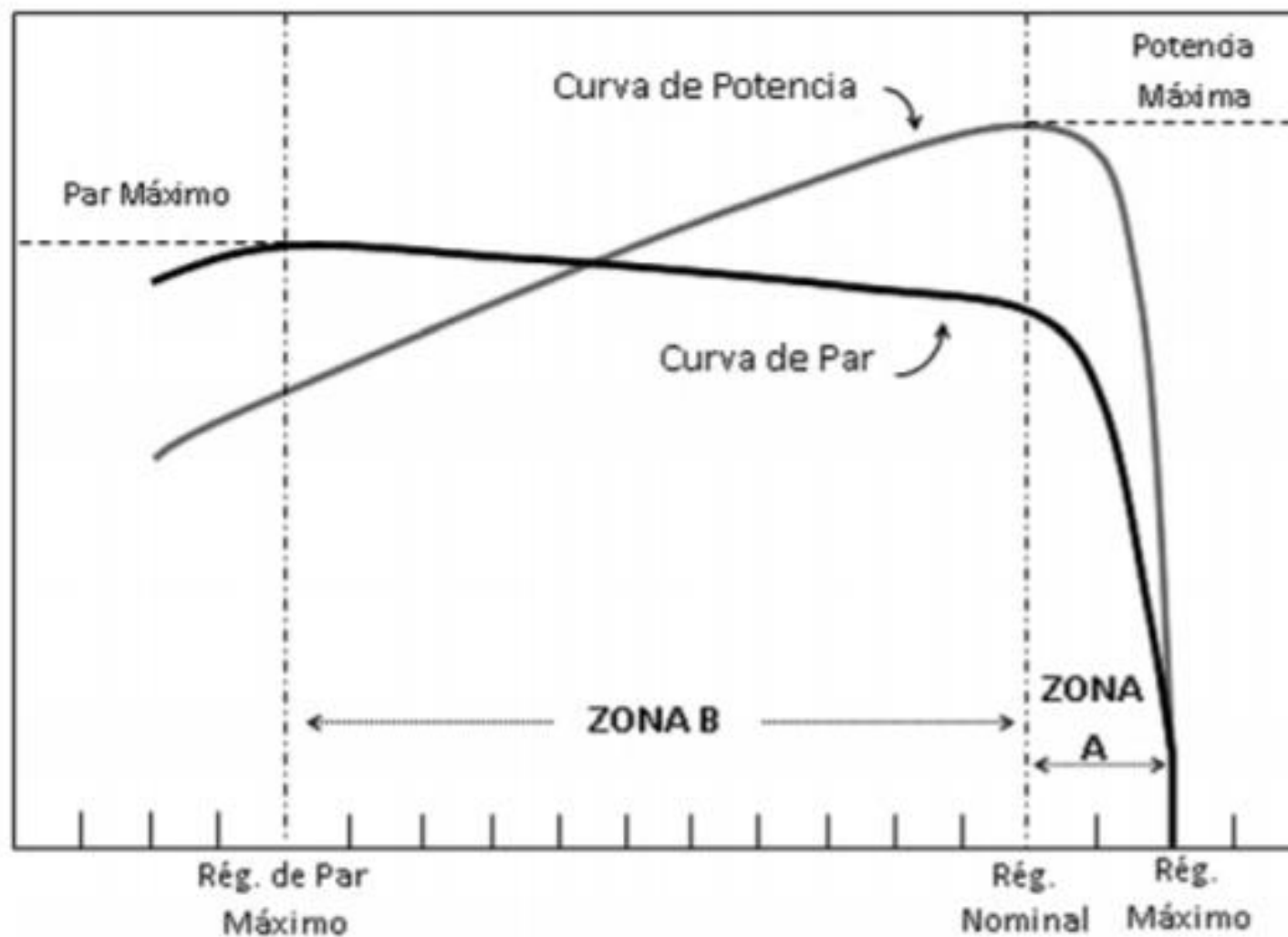
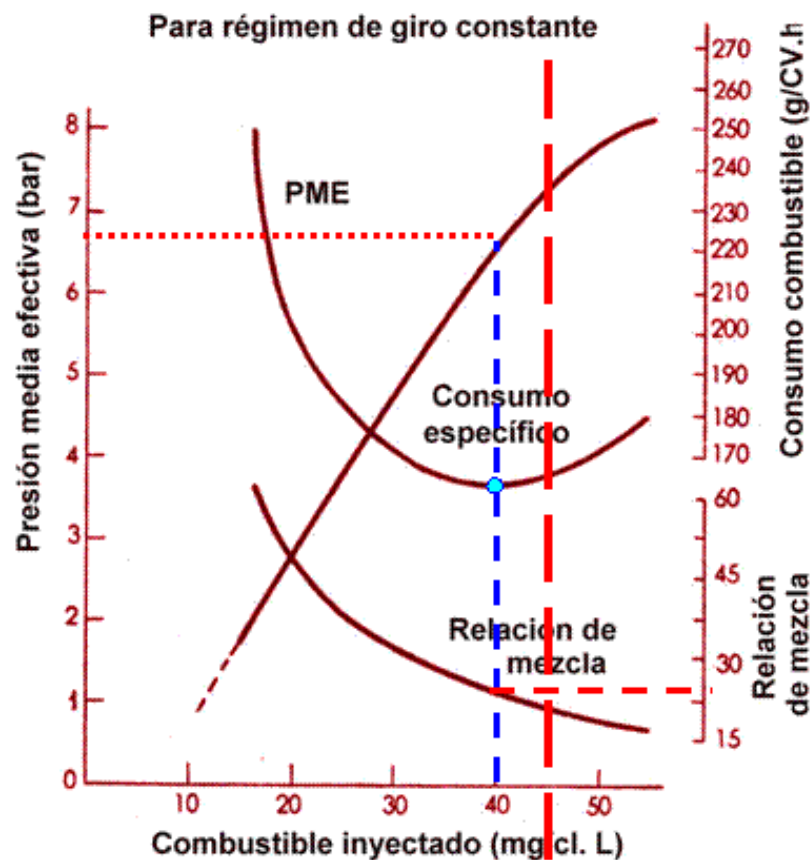
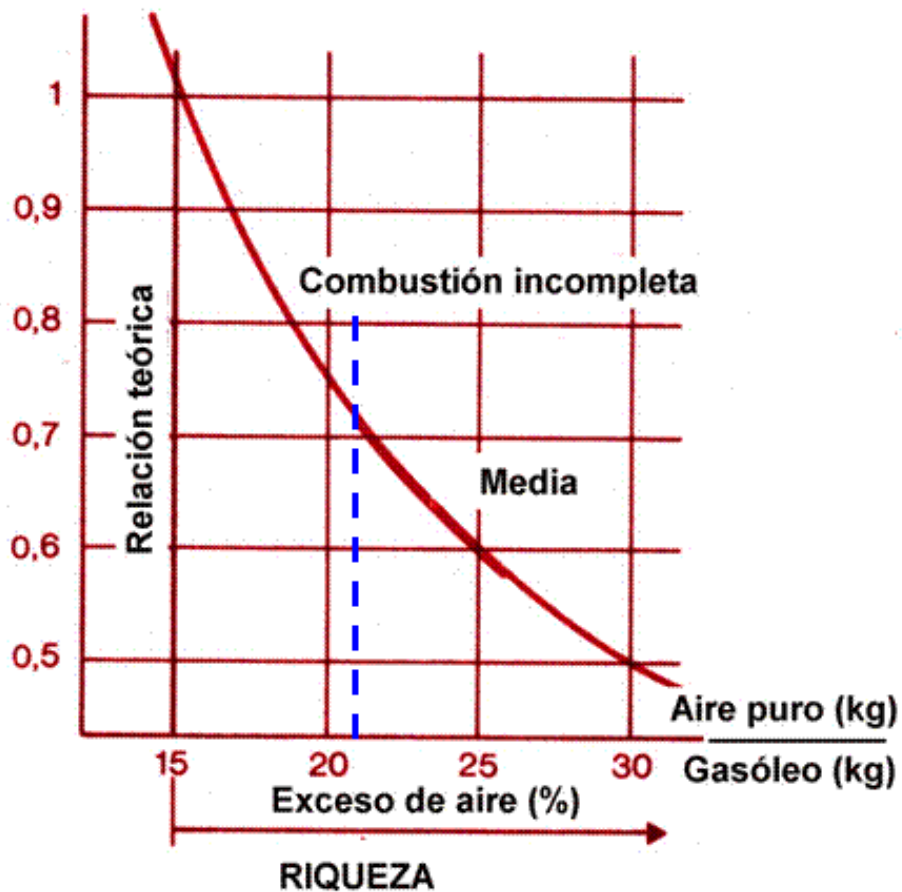


Figura 11. Esquema de las curvas de potencia y par del motor de un tractor.
 A) zona de acción del regulador; B) zona de sobrecarga

Relación aire - combustible

Riqueza = 15 / aire (kg)



humos

EN LA ZSE EL PRINCIPAL FACTOR ES:

Rendimiento volumétrico

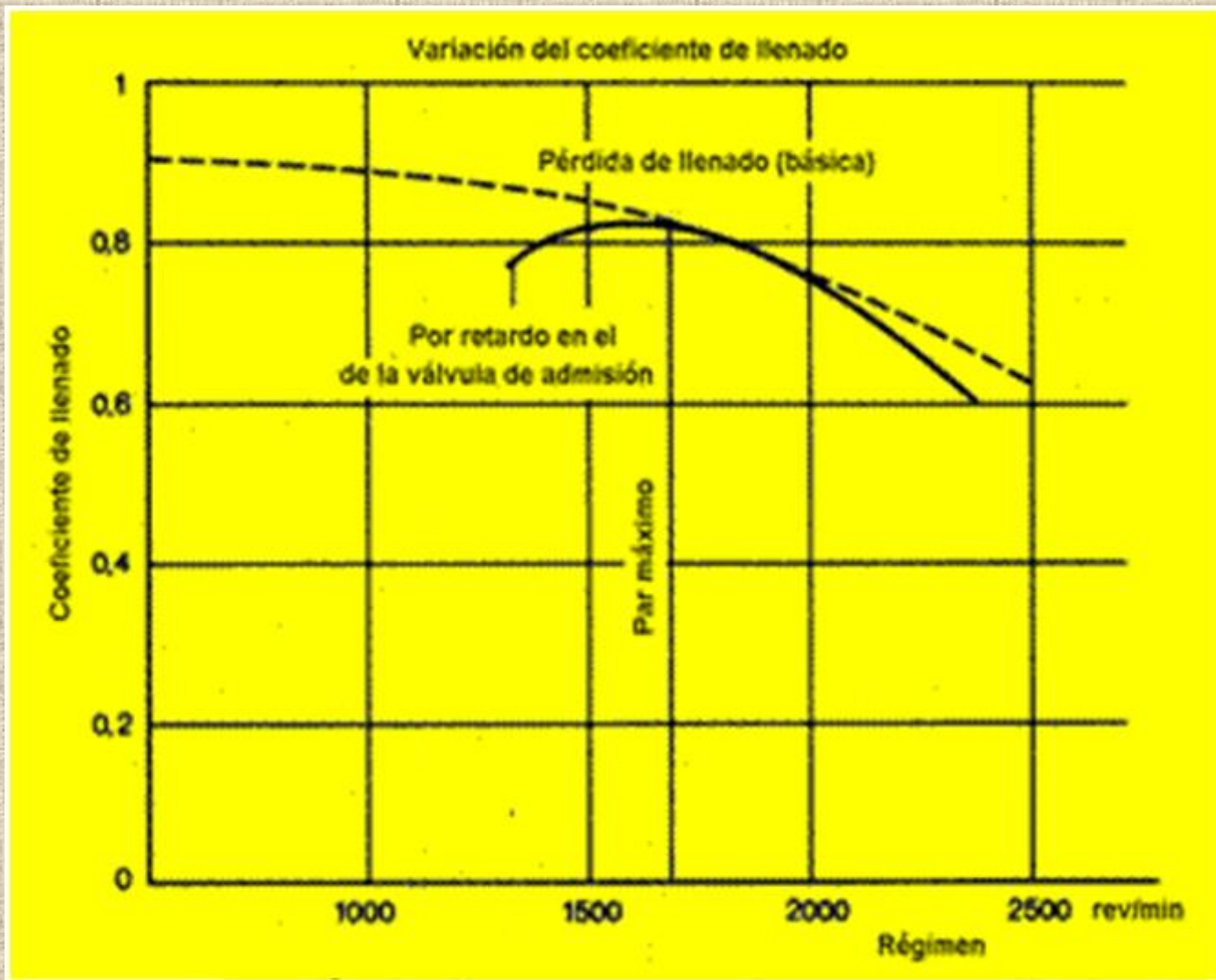
$$\eta_v = \frac{M\dot{a}r}{M\dot{a}t}$$

$$Mat \text{ (kg / h)} = V_{cil} \delta_{aire} n_{act}$$

$$\delta = \frac{M}{V} = \frac{P}{RT}$$

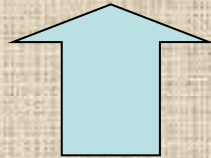
$$\delta_{aire} \text{ (kg / m}^3\text{)} = \frac{P \text{ (kPa)}}{T \text{ (}^\circ\text{K)}} 3.488$$

Rendimiento volumétrico en función del régimen



Rendimiento volumétrico

$$\eta_v = \frac{Mar}{Mat} < 1$$



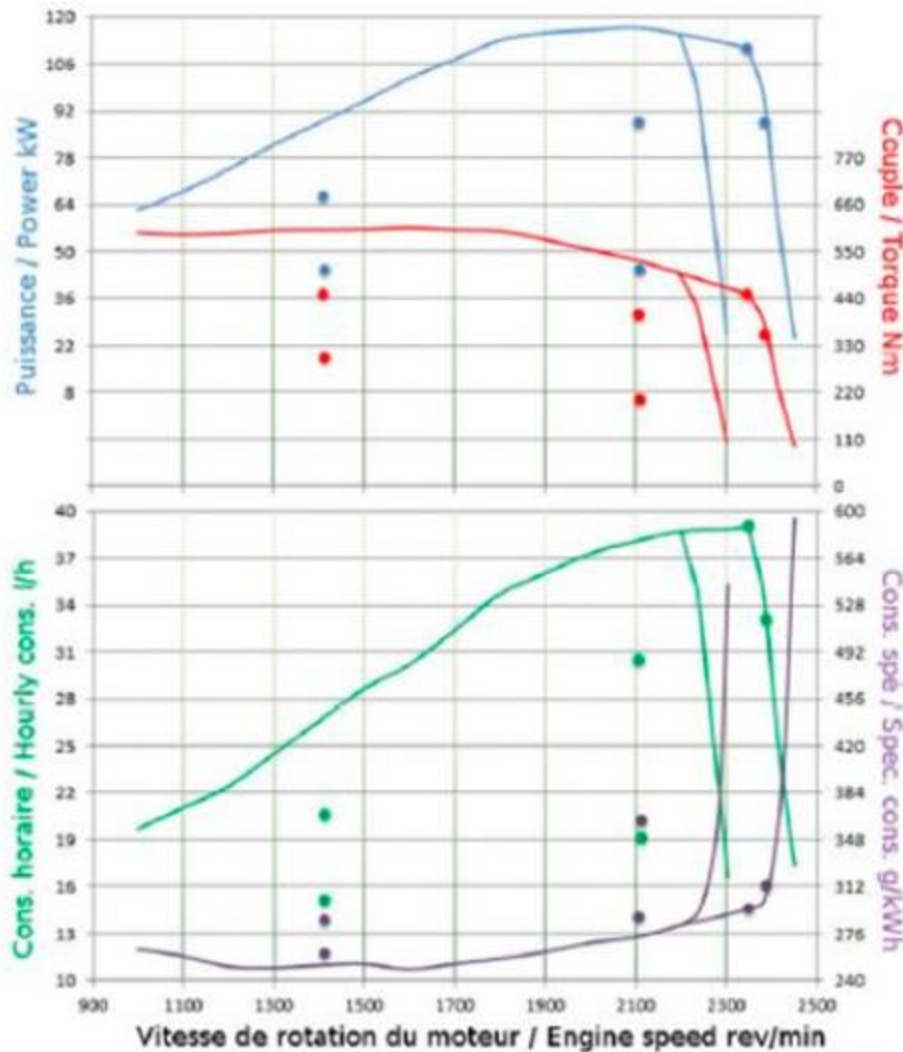
- Pérdidas de carga

Velocidad de
circulación del fluido

Diseño

$$\text{Pérdidas de carga} \sim \frac{L \lambda \mathbf{n}^2}{D}$$

D

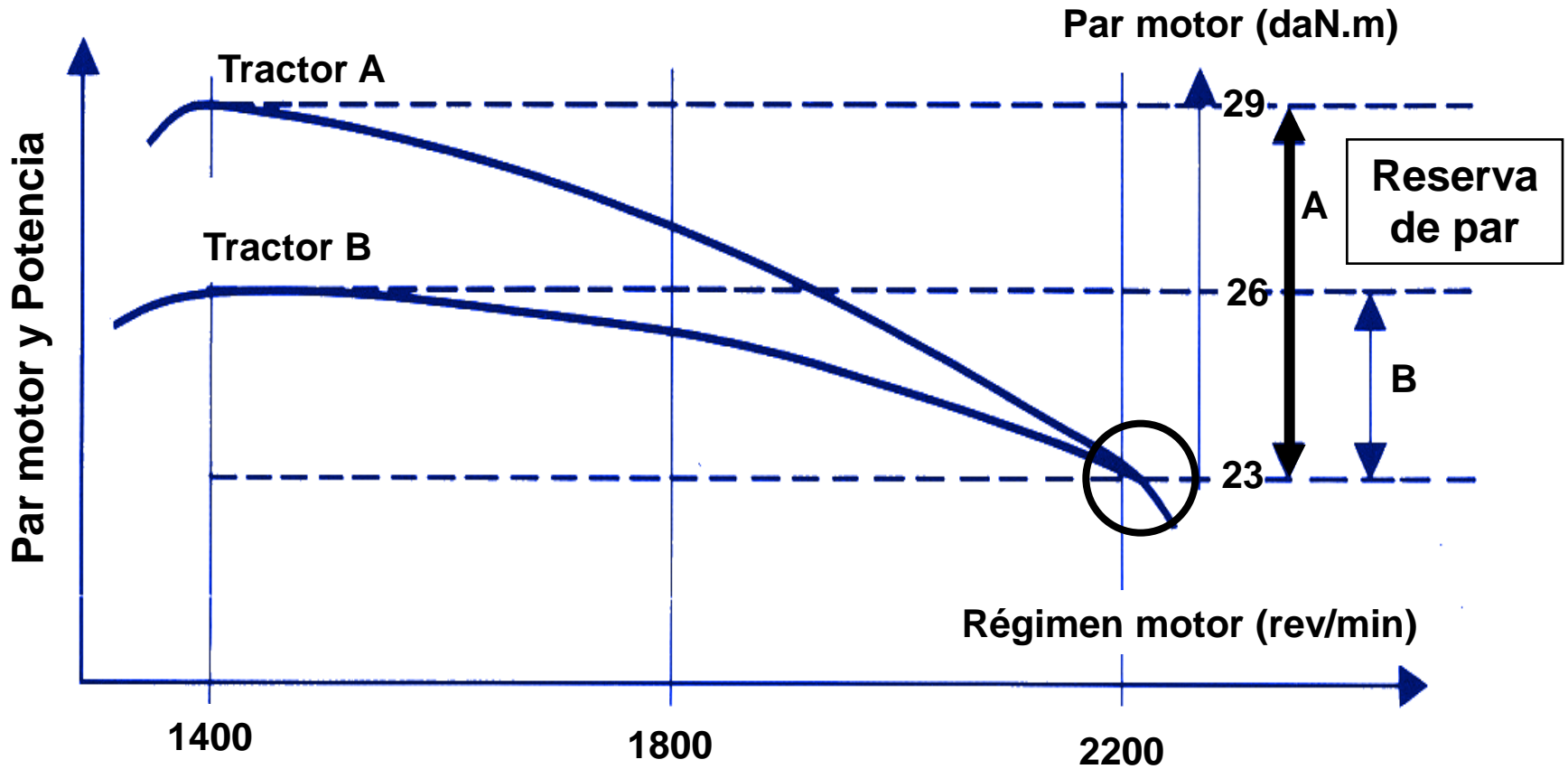


*Curvas características.
OCDE-Nº2/2883 del tractor
Deutz-Fahr Agrottron 180 en
la estación de ensayos de
Italia.*

*En azul, potencia (kW); en
rojo, par (Nm); en verde,
consumo horario (L/h) y en
morado, consumo específico
(g/kWh).*

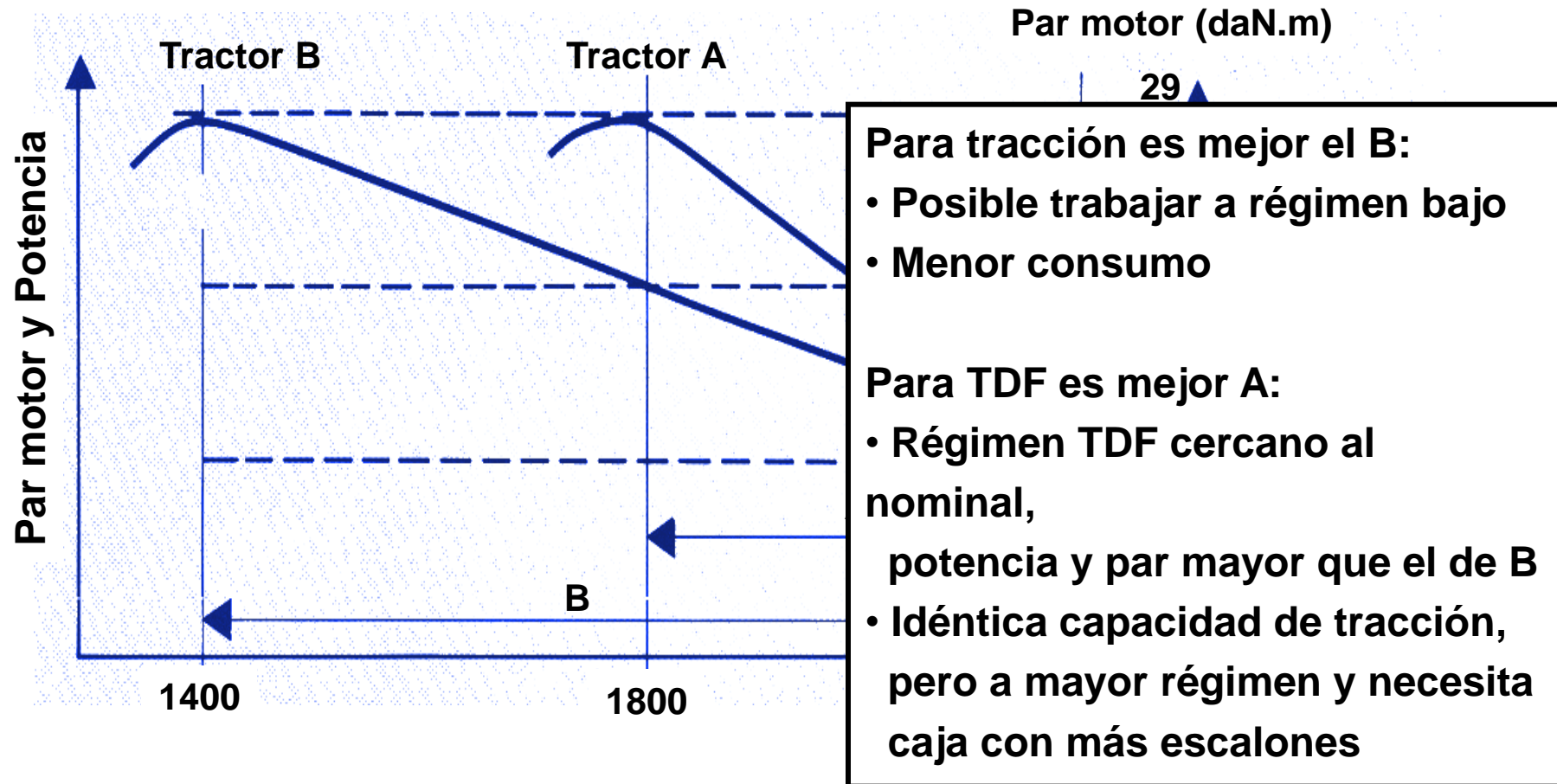
*Los puntos corresponden al
ensayo de consumo en
puntos OCDE normalizados.*

Reserva de par motor

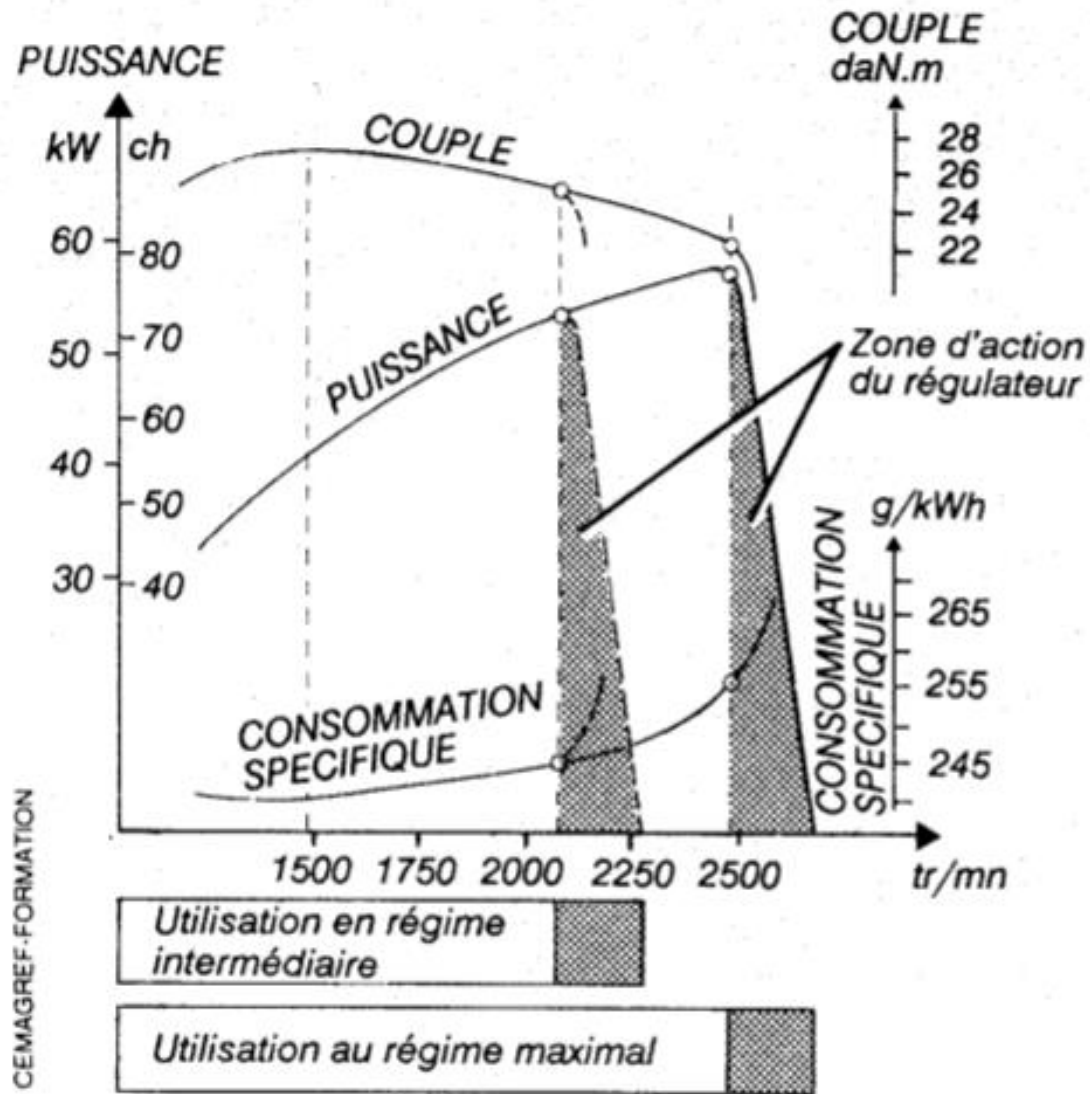


- Mayor reserva de par permite superar esfuerzos suplementarios
- En un tractor polivalente la reserva de par debe de ser $> 20\%$

Reserva de régimen del motor



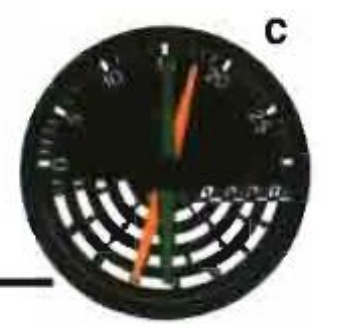
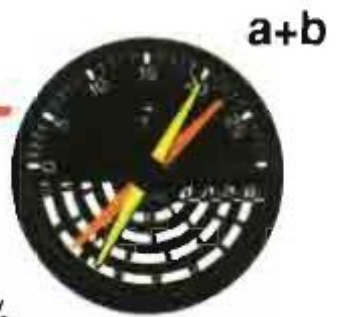
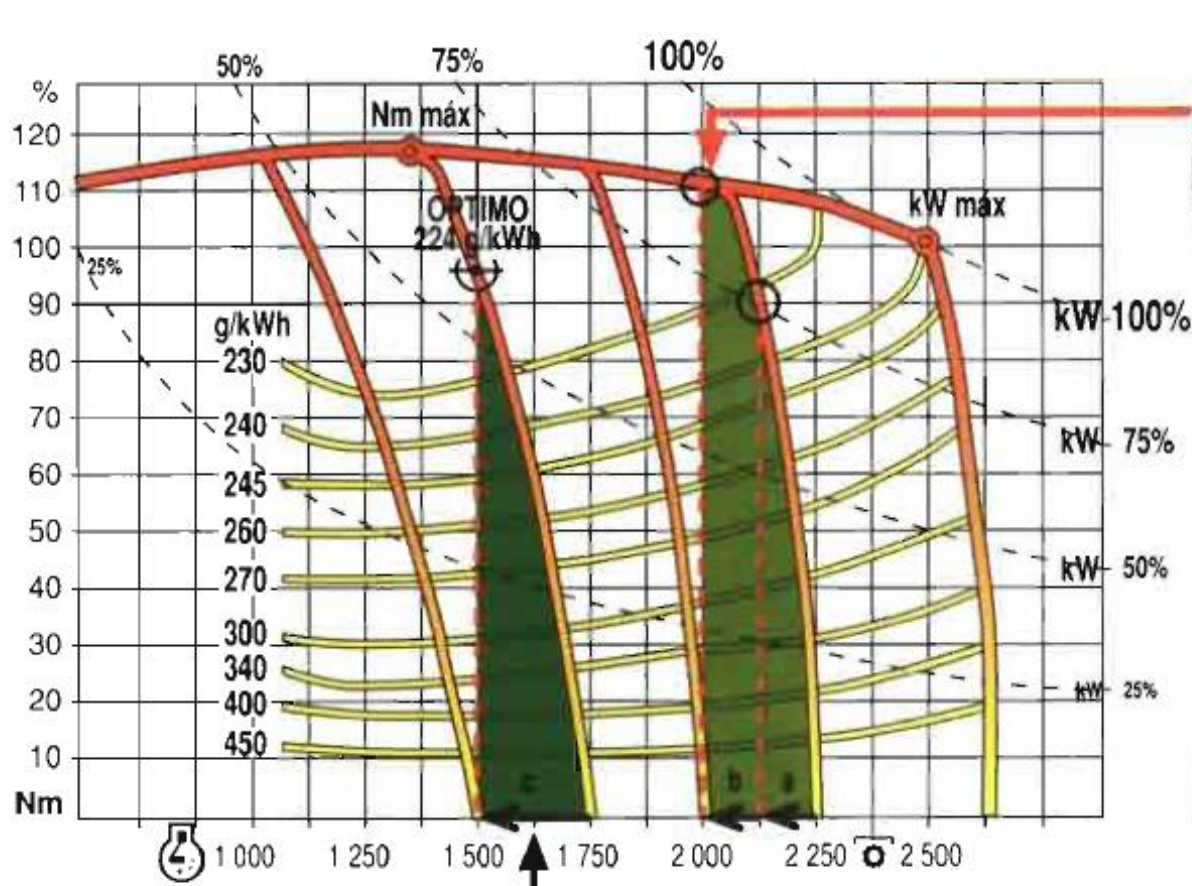
- Trabajar a bajo régimen permite ahorrar combustible
- En un tractor polivalente la reserva de régimen debe de ser > 800 rev/min



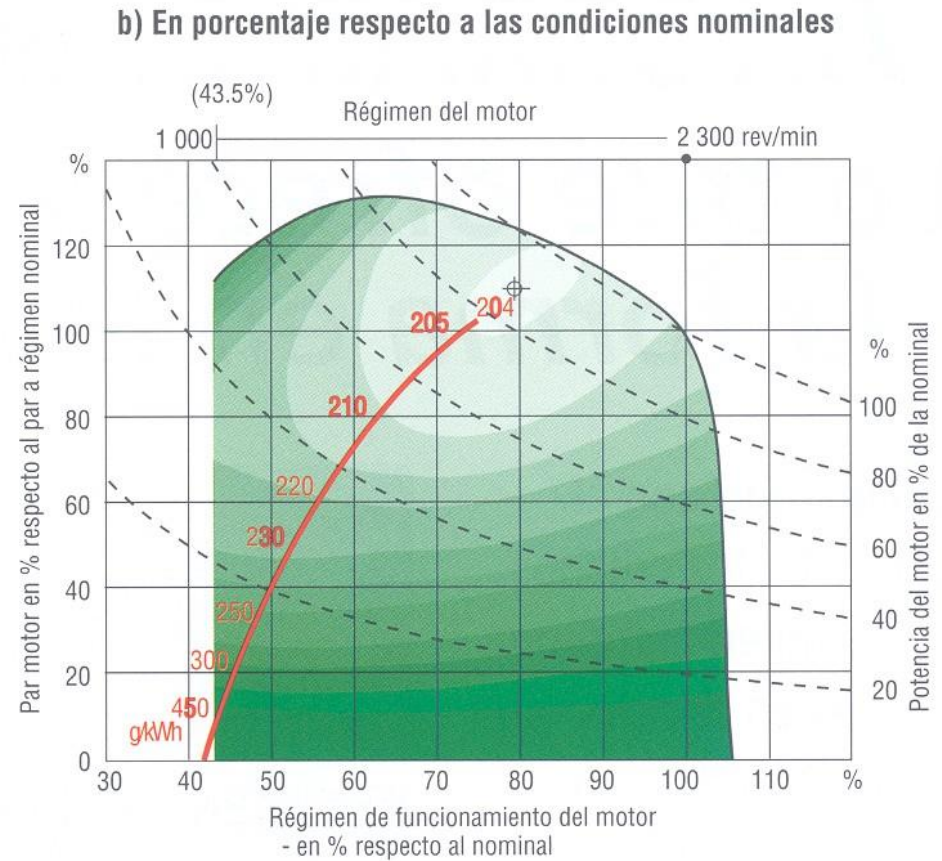
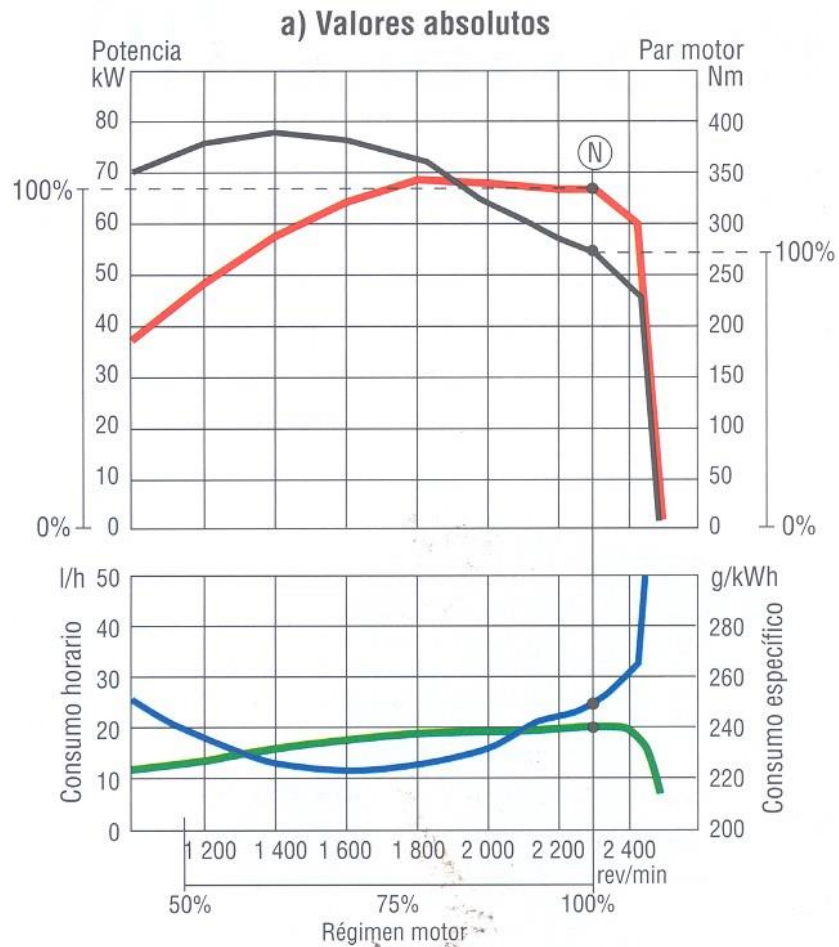
CEMAGREF.FORMATION

“El tractor agrícola, potencia tracción y rodadura” Emilio Gil ESCOLA
 SUPERIOR D'AGRICULTURA DE BARCELONA UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA DE CATALUNYA

CONTROLAR LA CAÍDA DE VUELTAS



Curvas características de los motores



$$\eta_{total} = \frac{\text{trabajo útil para producir 1CVh}}{\text{trabajo equivalente a la energía calorífica del combustible}}$$

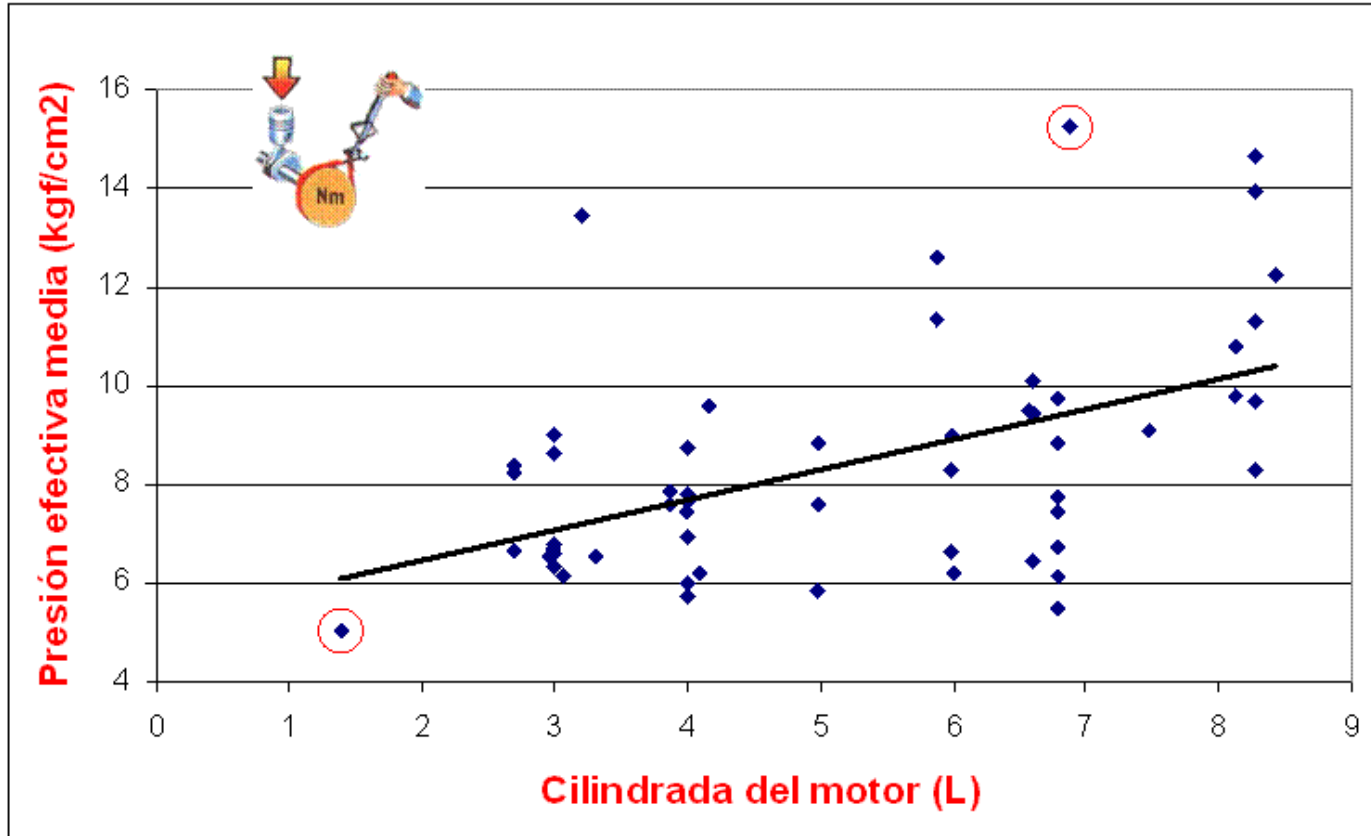
$$\eta_{total} = \frac{270000 \text{ kgm}}{Ce(\text{g / CVh}) Pc(\text{kcal / kg}) E(\text{kgm / kcal})}$$

$$\eta_{total} = \frac{270000}{Ce(\text{g / CVh}) Pc(\text{kcal / kg}) 427(\text{kgm / kcal}) / 1000(\text{g / kg})}$$

$$\eta_{total} = \frac{cte}{Ce}$$

$$Ce = Ch/N = \text{g/CVh} = Ep/Er = 1/\text{rendimiento}$$

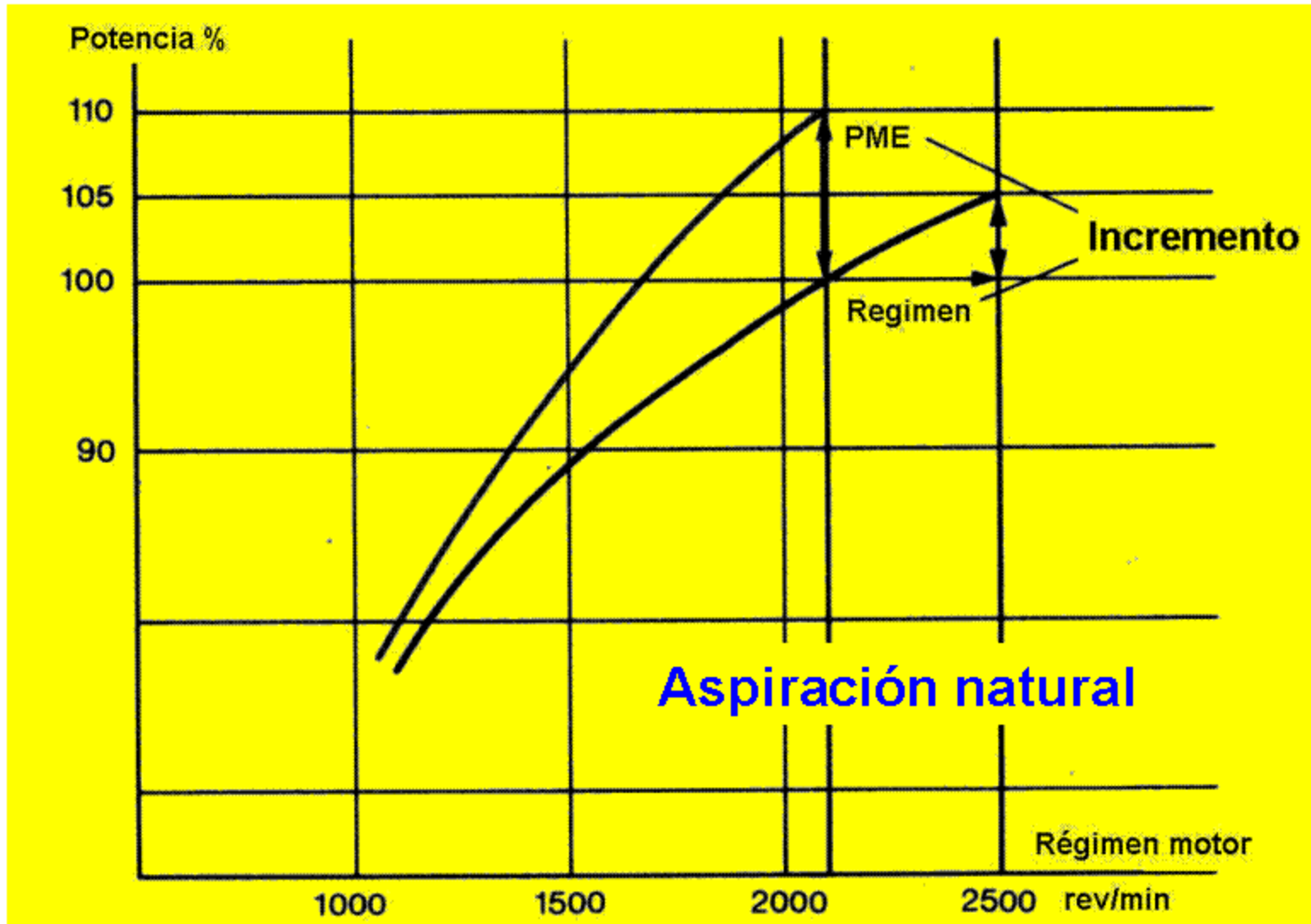
Variación de la presión efectiva media



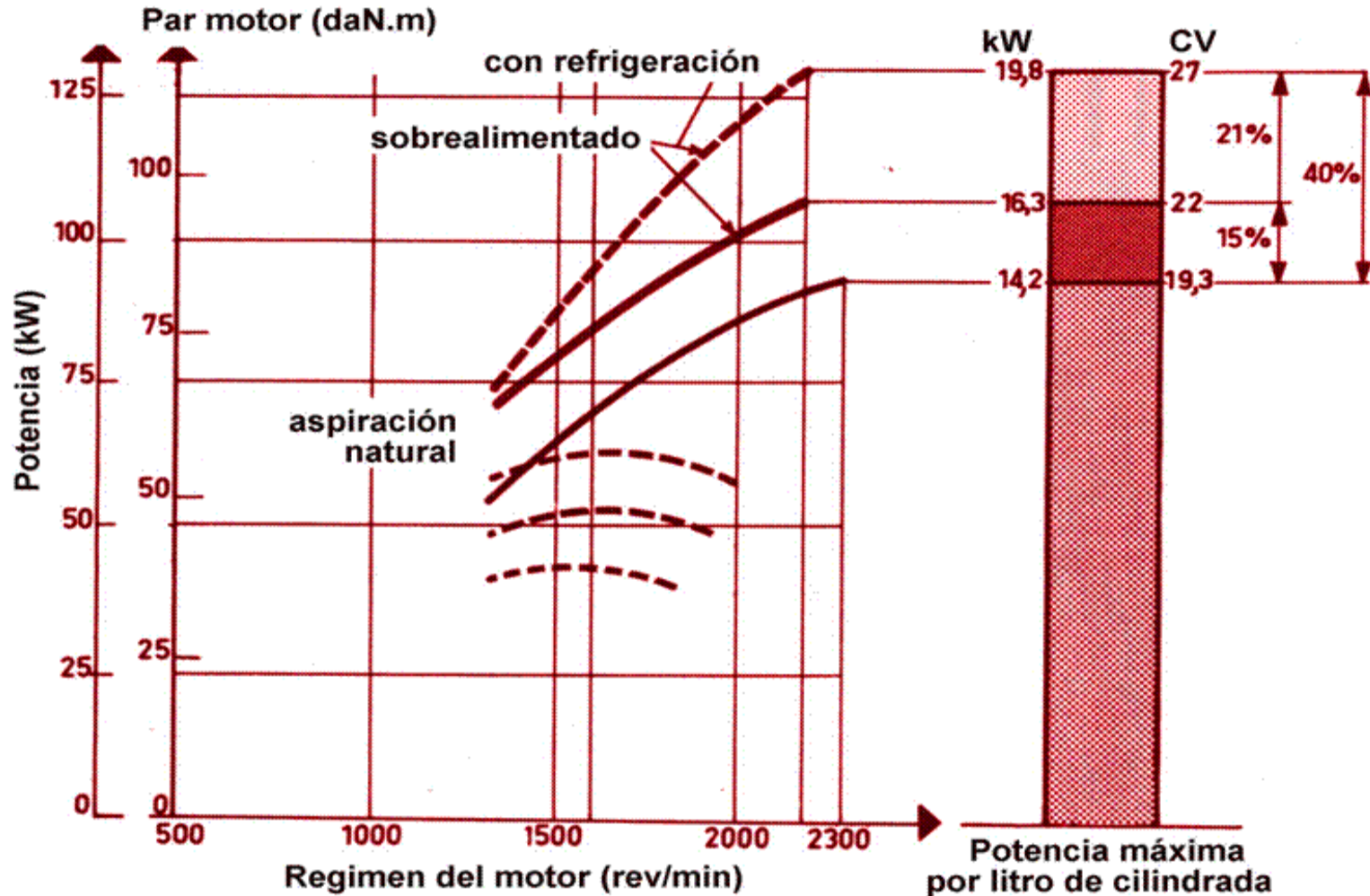
$$Pe \text{ [kgf/cm}^2\text{]} = 1224 \times \text{Potencia [kW]} / (\text{Cilindrada [L]} \times \text{régimen [rev/min]})$$

$$Pme \text{ (kg/cm}^2\text{)} = N \text{ (CV)} 450\,000 / \text{Cilindrada (cm}^3\text{)} \times \text{régimen (v/min)}$$

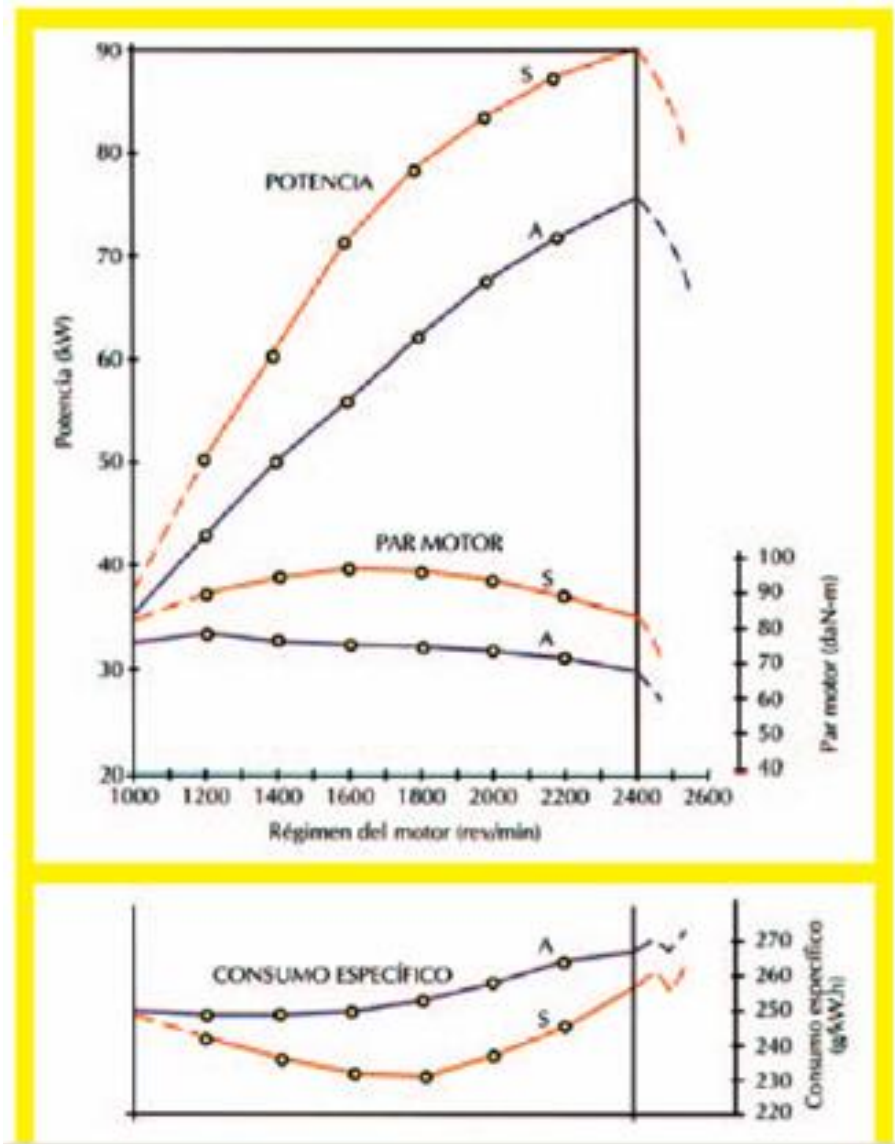
Aumentar la potencia: aire + combustible



Aumentar la potencia: aire + combustible (turbo)



Curvas características de motores turboalimentados (S) en comparación con los de aspiración natural (A)



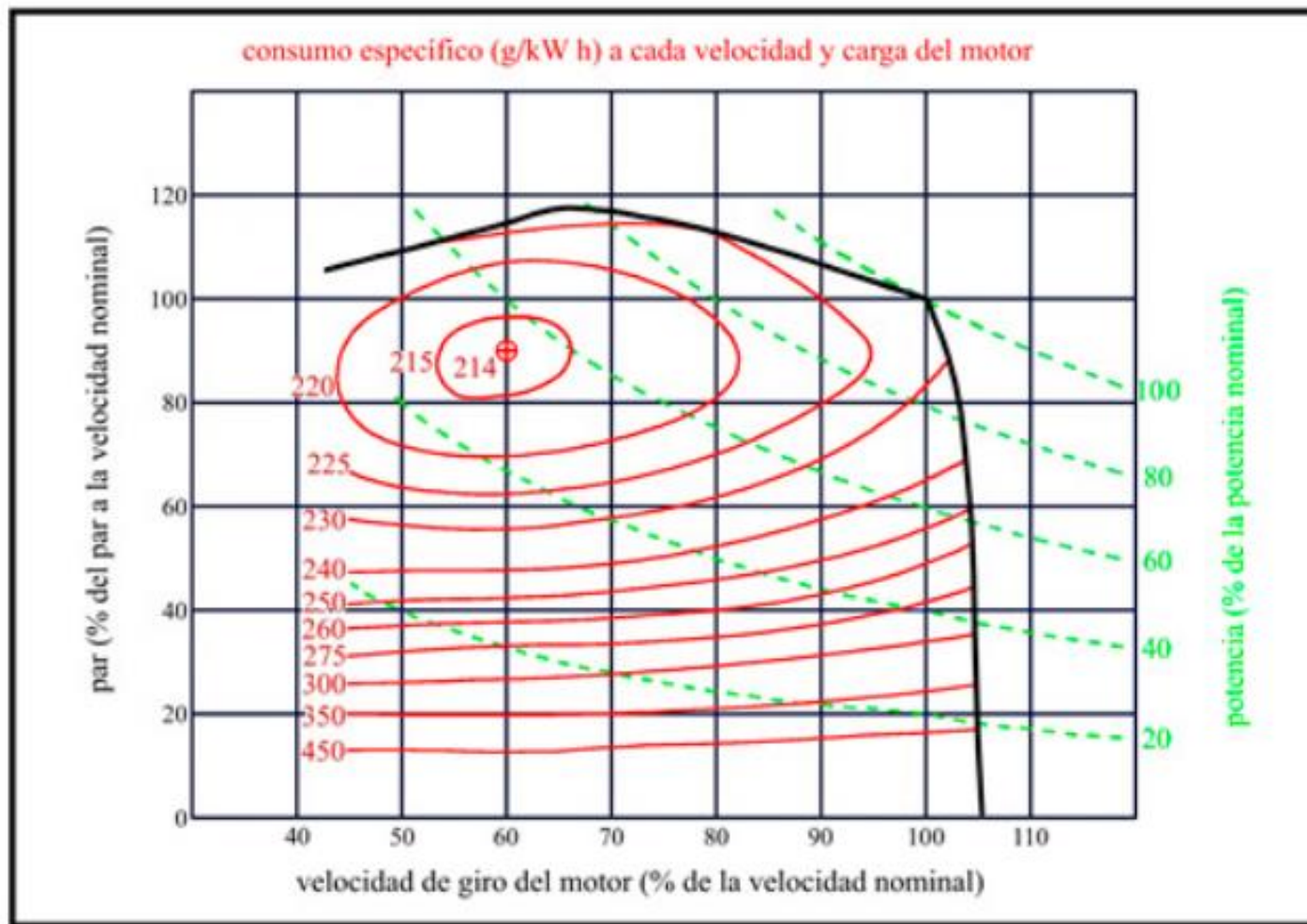
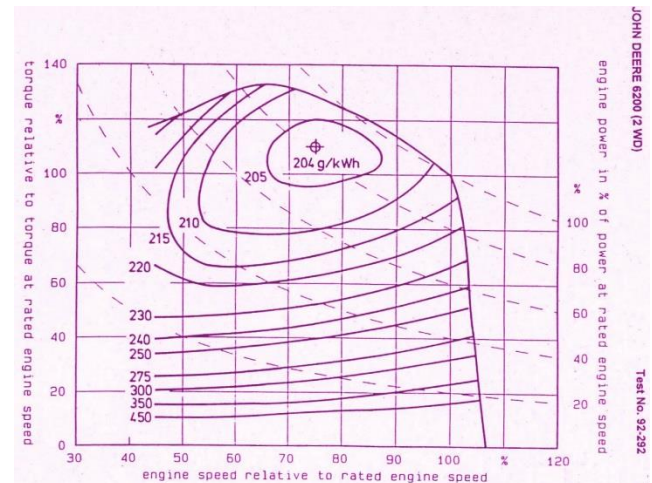
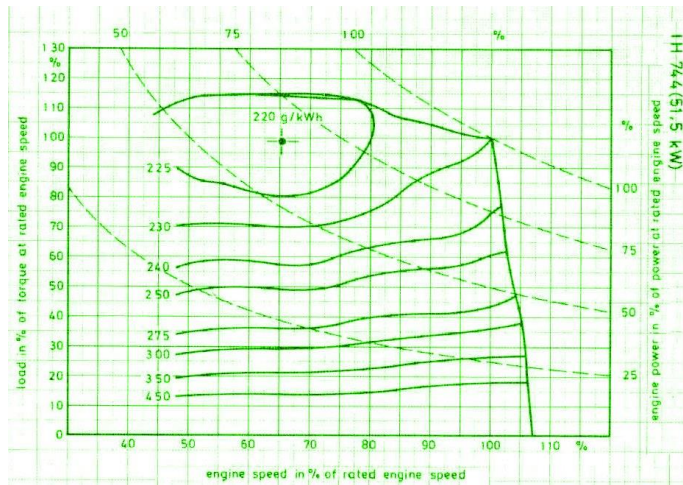
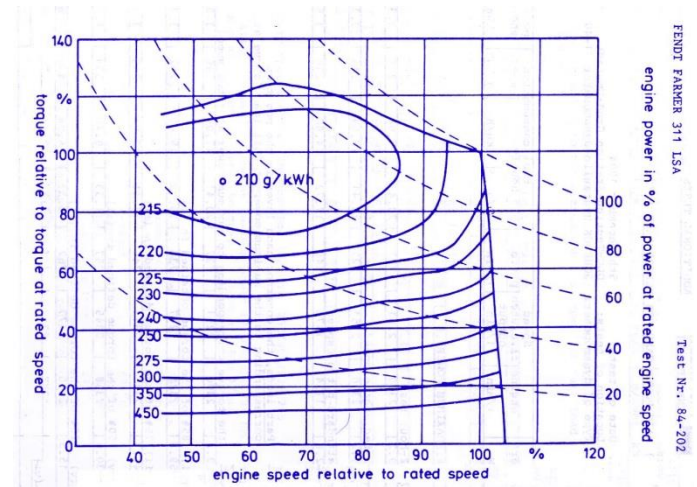
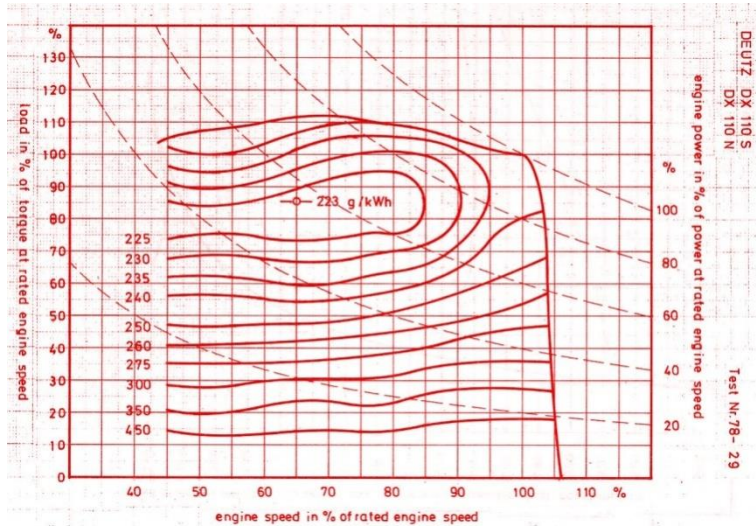
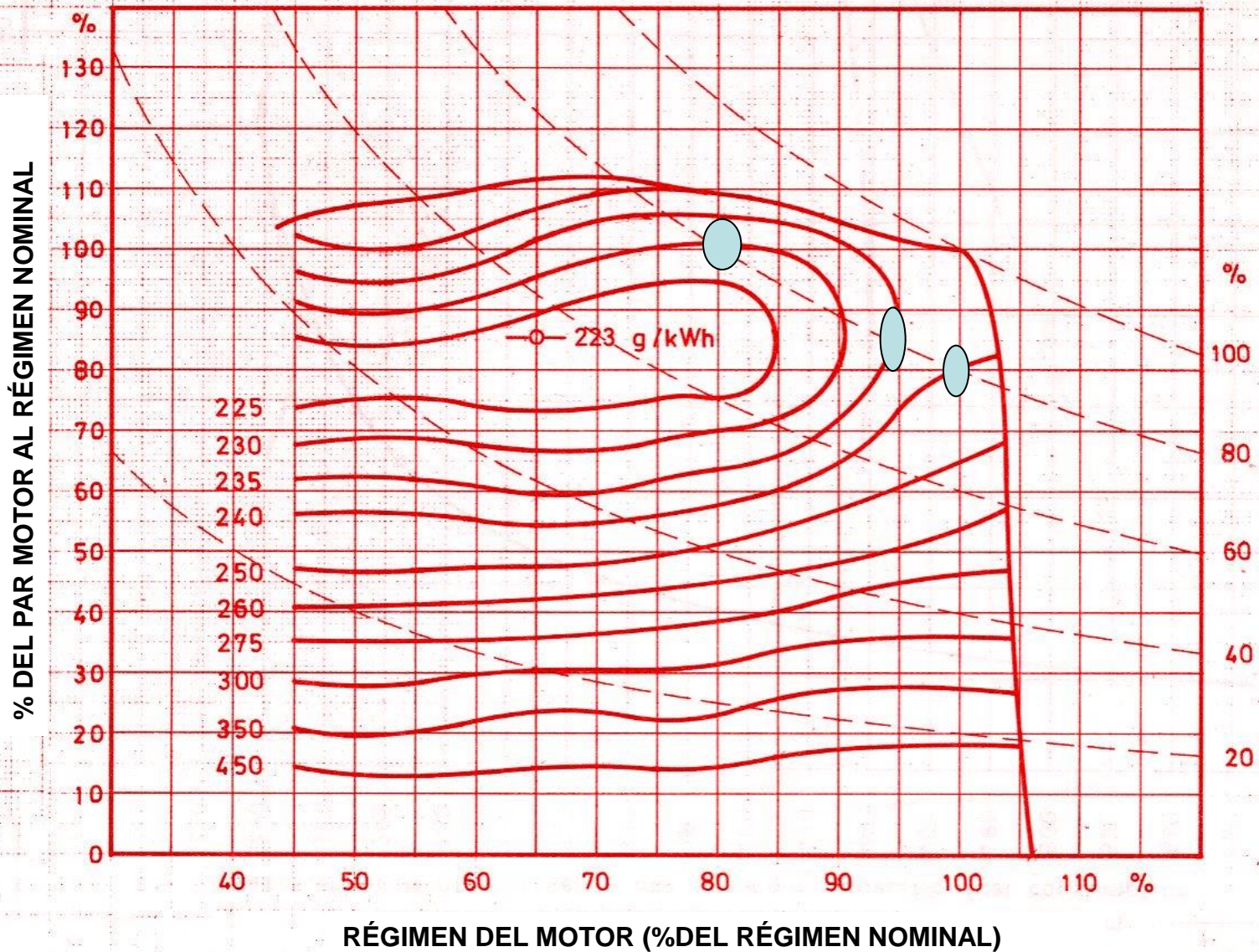


Figura 3.- Curvas características completas. En negro, curva par-régimen; en verde, curvas de isopotencia y en rojo, de isoconsumo. (Gil, J. 2007. Desarrollo de índices para clasificar los tractores agrícolas en función de su eficiencia energética. UPM. Informe para el IDAE).

Curvas de iso-consumo

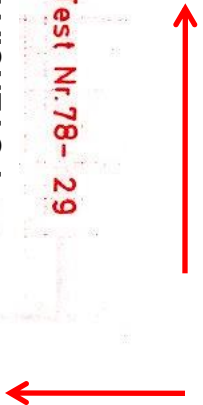




POTENCIA DEL MOTOR (% DE LA POTENCIA NOMINAL)

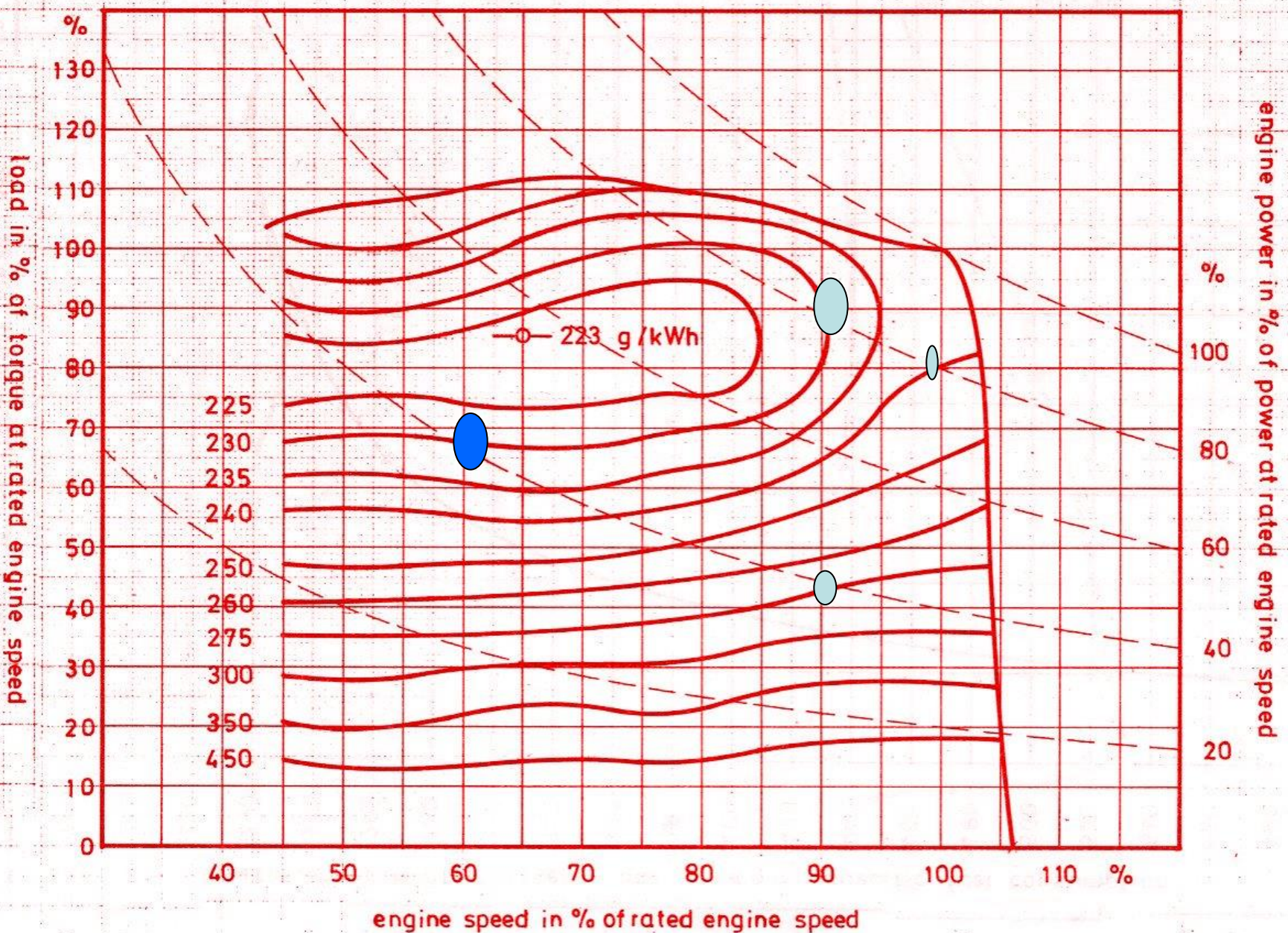
DEUTZ DX 110 S
DX 110 N

Test N.º 78-29

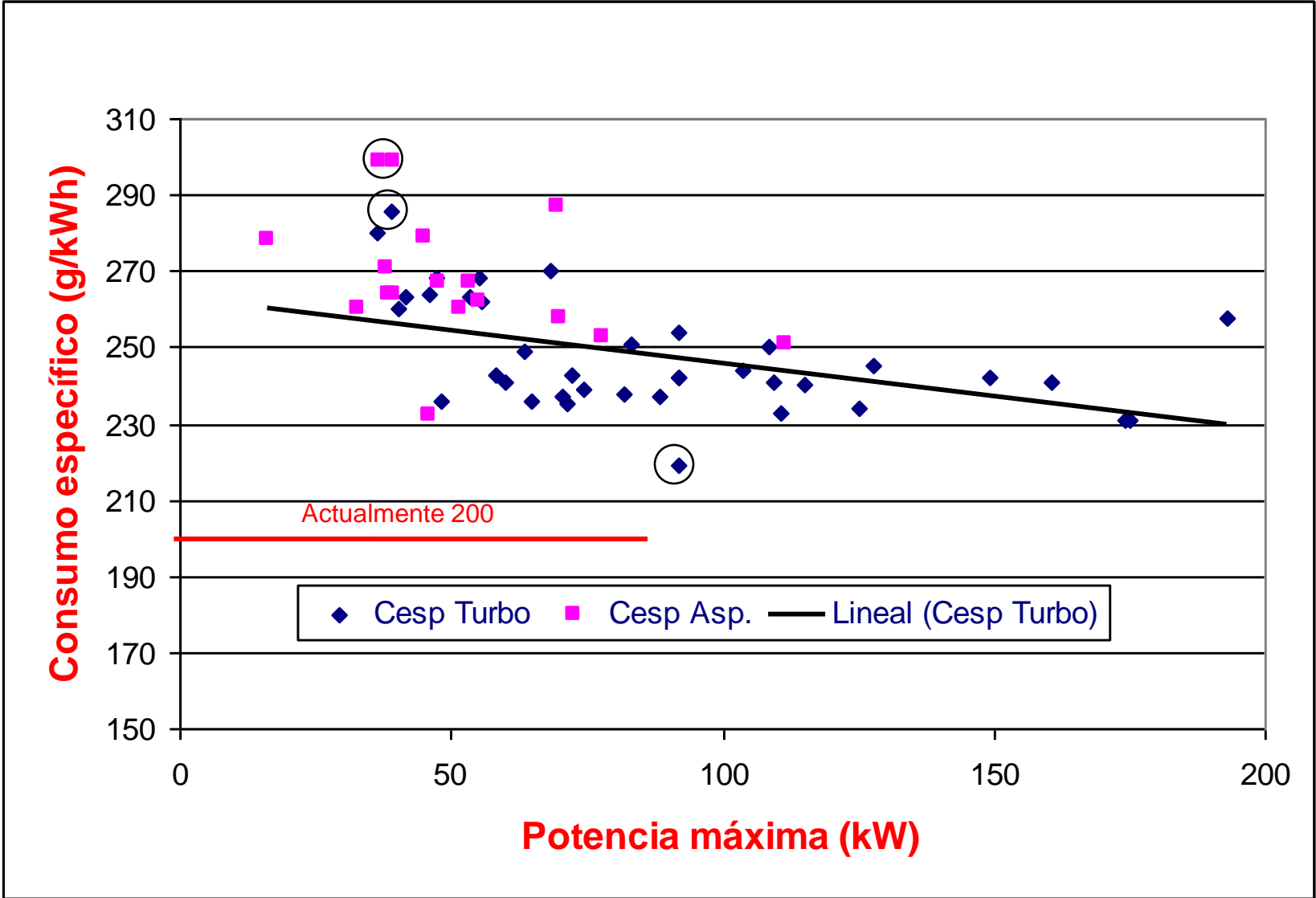


DEUTZ DX 110 S
DX 110 N

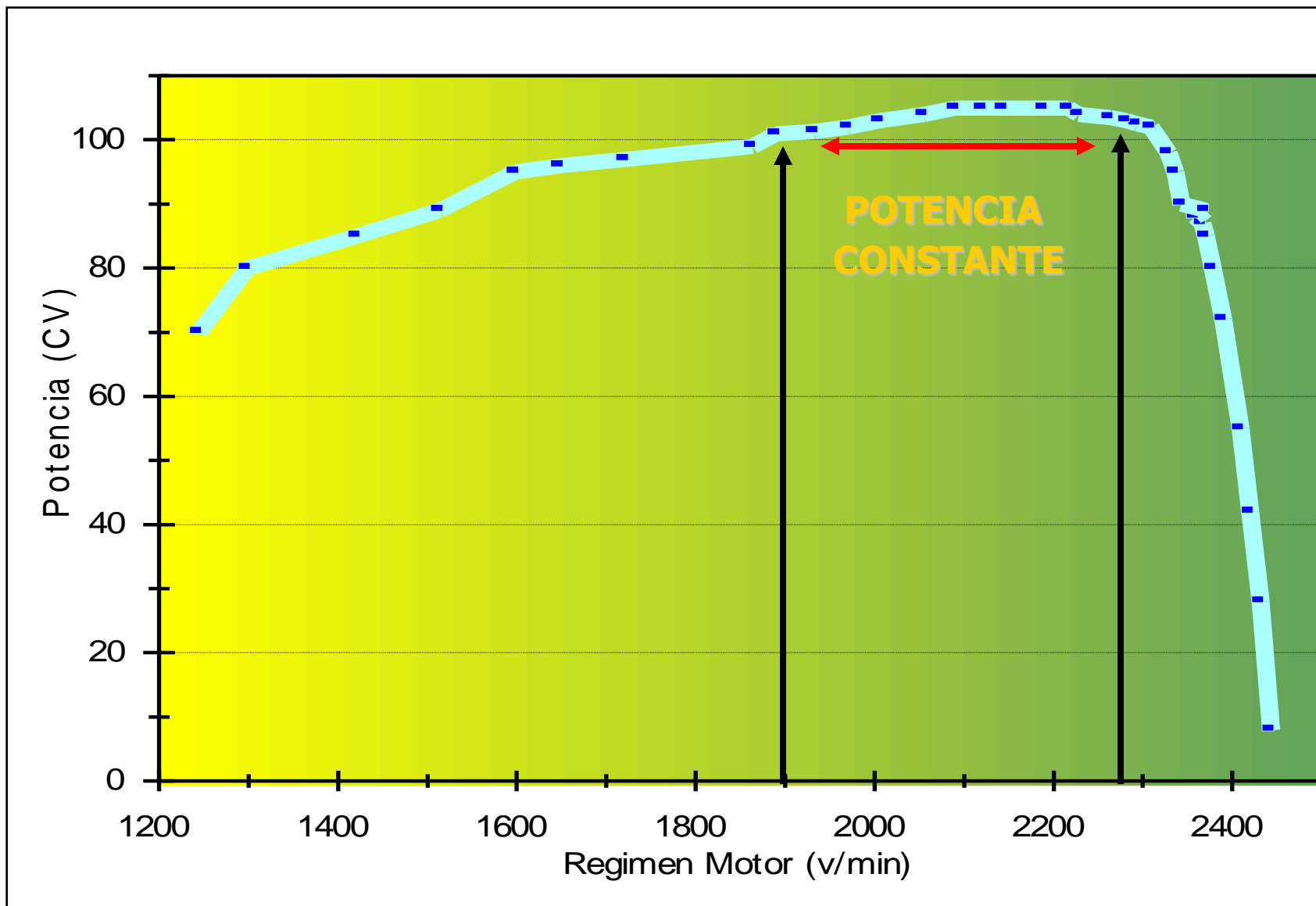
Test Nr. 78-29



Consumo específico a potencia máxima

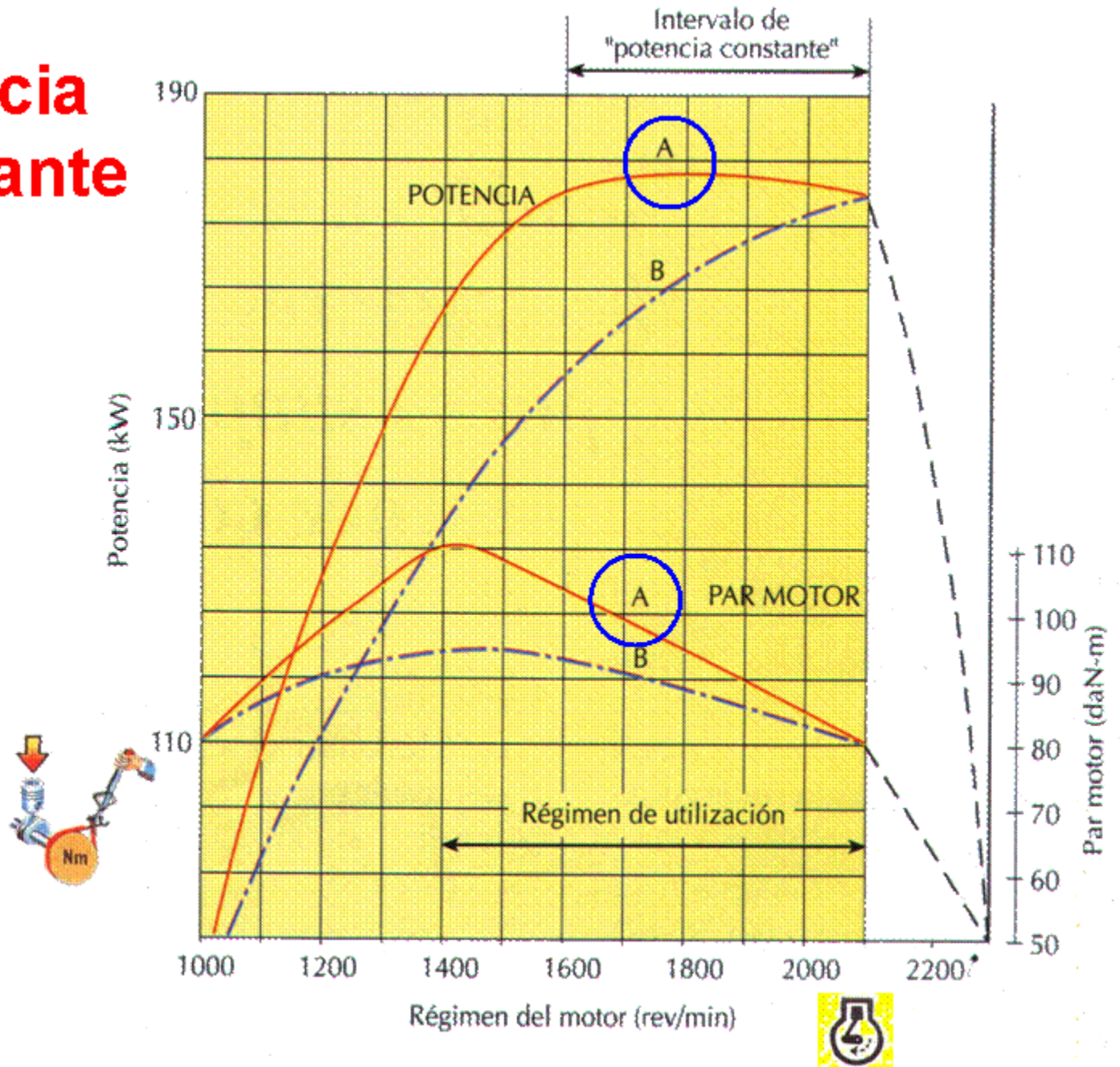
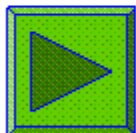


CURVAS DE POTENCIA



Potencia constante

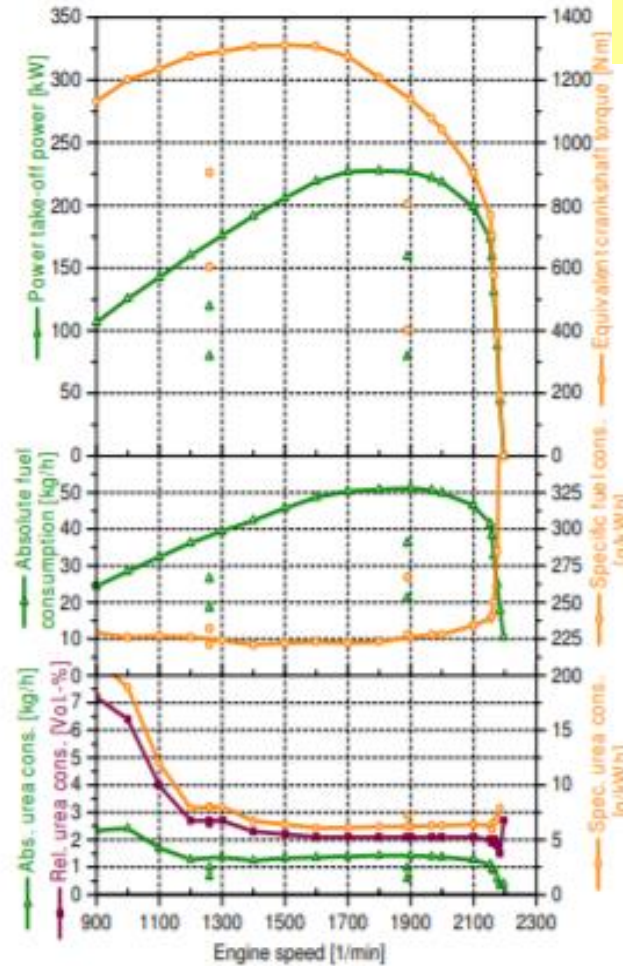
Comparativo
motores



REGULACIÓN ELECTRÓNICA

Cuidado con tener el motor acelerado y no cargarlo

Graphical analysis



Torque rise	45 %
Engine speed drop	29 %
Pulling off torque	133 %

Reserva de par %
 $n_{nominal} - n_{PMmax} / n_{nominal}$
 PMn es el 100%
 Pm Nmáx. Es el 133%

Part load	
Full throttle, 80 % of power at rated speed	
Absolute fuel consumption	38,3 kg/h
Specific fuel consumption	240 g/kWh
Specific urea consumption	5,9 g/kWh
Ratio urea to fuel	1,9 Vol-%
90 % of rated speed, 80 % of power at rated speed	
Absolute fuel consumption	36,2 kg/h
Specific fuel consumption	228 g/kWh
Specific urea consumption	6,2 g/kWh
Ratio urea to fuel	2,1 Vol-%
90 % of rated speed, 40 % of power at rated speed	
Absolute fuel consumption	21,2 kg/h
Specific fuel consumption	267 g/kWh
Specific urea consumption	7,2 g/kWh
Ratio urea to fuel	2,1 Vol-%
60 % of rated speed, 40 % of power at rated speed	
Absolute fuel consumption	18,5 kg/h
Specific fuel consumption	232 g/kWh
Specific urea consumption	8,0 g/kWh
Ratio urea to fuel	2,6 Vol-%
60 % of rated speed, 60 % of power at rated speed	
Absolute fuel consumption	26,4 kg/h
Specific fuel consumption	221 g/kWh
Specific urea consumption	7,9 g/kWh
Ratio urea to fuel	2,7 Vol-%



John Deere 7310R e23

Data sheet DLG PowerMix

Applicant
 John Deere GmbH & Co. KG
 John Deere Straße 90
 68163 Mannheim
 Germany
 www.deere.de

Test performed by
 DLG e.V.
 Test Center
 Technology and Farm Inputs
 Max-Eyth-Weg 1
 68423 Groß-Umstadt
 Germany
 www.dlg-test.de

Test No.
 2014-0437



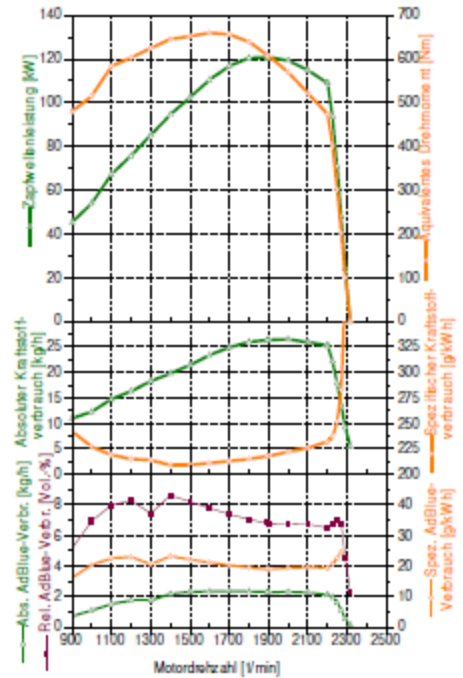
October 2014
 © DLG



REGULACIÓN ELECTRÓNICA



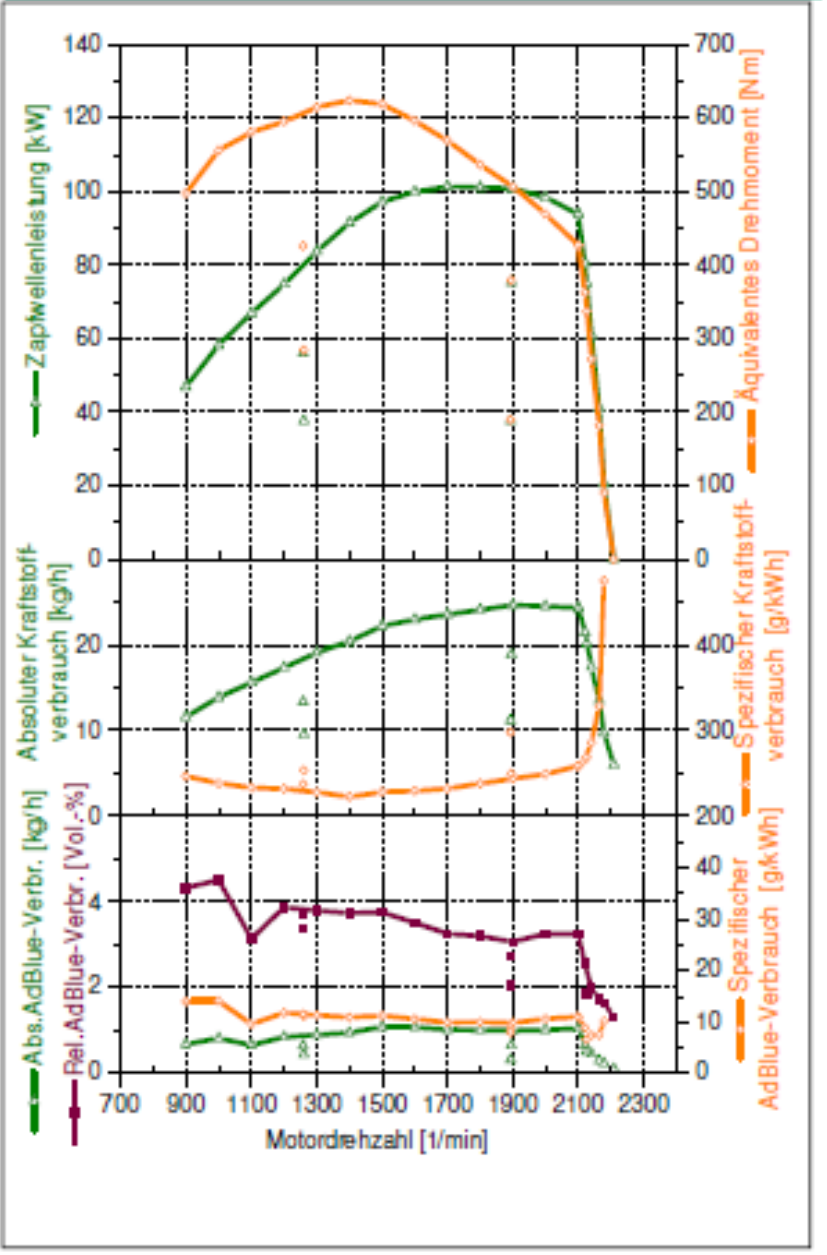
Diagramm



Drehmomentanstieg 39 %



Diagramm



Drehmomentanstieg 46 %

BIBLIOGRAFÍA

- “Los tractores agrícolas”. Botta, Draghi, Jorajuría. Secretaria de Extensión Universitaria, Departamento de Publicaciones e Imprenta. UNLuján. ISBN 987-9285/11/5. Marzo 2004. *(Disponible en Biblioteca Central de la Facultad)*
- “El tractor agrícola. Fundamentos para su selección y uso”. Mario De Simone, Laura Draghi, Jorge Hilbert y Daniel Jorajuría Collazo. Ediciones INTA. 2006. *(Disponible en Biblioteca Central de la Facultad)*.
- Los motores en los tractores agrícolas. Parámetros característicos. Luis Marquez. Agrotécnica. Agosto 2001. *(Disponible en Biblioteca parcial del curso y en la web)*.