



Boletín Técnico No. 31
Departamento de Ingeniería Agrícola
Marzo - 1979

Brian G. Sims
John E. Ashburner
Luis Rodríguez C

**TURBOCARGADORES PARA LA COMPENSACION DE PERDIDA
DE POTENCIA POR ALTITUD EN LOS TRACTORES**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ECUADOR

**TURBOCARGADORES PARA LA COMPENSACION DE PERDIDA
DE POTENCIA POR ALTITUD EN LOS TRACTORES**

*Brian G. Sims**
*John E. Asbburner***
*Luis Rodríguez C.****

* *Asesor del Gobierno Británico.*

** *Jefe del Departamento de Ingeniería Agrícola del INIAP.*

*** *Técnico del Departamento de Ingeniería Agrícola*

RESUMEN

En esta investigación se midió la pérdida de potencia máxima del eje toma de fuerza de un tractor Massey Ferguson 185 con el aumento de altitud sobre el nivel del mar en la Sierra ecuatoriana y la compensación de la pérdida de potencia que dio un turbocargador.

La pérdida de potencia máxima medida del tractor sin turbocargador fue de 10,1 kilovatios (41,8 - 31,7) con un cambio de presión barométrica de 151,6 mm Hg (635,7 - 484,1) que corresponde a un cambio de altitud de aproximadamente 2.225 m entre 1.525 m y 3.750 m. Las potencias máximas, transformadas a una temperatura estándar de 20°C, indican una mayor diferencia de 10,9 kw (42,3 - 31,4) sobre el mismo rango de presión barométrica y altitud.

El aumento de potencia máxima, debido al uso del turbocargador, tiene un promedio de 32,6% en el rango de 478,1 a 575 mm Hg presión barométrica (2.325 m). A los 575 mm Hg la cantidad de combustible inyectada al motor fue el factor limitante de mayores incrementos de potencia.

SUMMARY

The study measured the loss of maximum p.t.o. power of a Massey Ferguson 185 tractor with increase in altitude in the ecuadorean Sierra and the compensation for power loss with altitude due to turbocharging the engine.

The indicated power loss of the tractor without turbocharger was 10,1 kw (41.8 - 31.7) with a change in barometric pressure of 151,6 mm Hg (635 - 484.1) which corresponds to an approximate change in altitude of 2225 m (between 3750 and 1525). Transforming the maximum powers to a standard temperature of 20°C gave a slightly greater difference of 10,9 kw (42.3 - 31.4) over the same range of barometric pressure and altitude.

The average increase in power due to the turbocharger was 32.6% over the range of 478,1 to 575 mm Hg (2325 m) at which point fuel supply to the engine effectively limited further increase.

I. INTRODUCCION

La pérdida de potencia de un tractor de diesel con el aumento de altitud sobre el nivel del mar ha sido investigado en el Ecuador (10) y en el Africa Oriental (7).

La reducción de potencia con altitud no tiene tendencia lineal sino que es una curva que depende de la relación combustible-aire. Los motores con una baja relación combustible-aire, operan al nivel del mar con un exceso de aire y no pierden potencia al bajar la presión barométrica (aumentar la altitud), hasta que la cantidad de aire disponible para efectuarse la combustión llega a ser inadecuada (Figura 1 a). Sin embargo, la gran mayoría de tractores modernos, incluyendo el Massey Ferguson 135 probado por el Departamento de Ingeniería Agrícola del INIAP (10), Figura 1 b, tienen una relación combustible-aire relativamente alta, en general alrededor de 60 mm³/l. La razón para incorporar una baja relación combustible-aire en un motor es para que el fabricante pueda aumentar su potencia para los modelos subsecuentes sólo al inyectar una cantidad mayor de combustible sin la necesidad de rediseñar el motor.

Los motores con una alta relación combustible-aire empiezan a producir humo y pierden aproximadamente el 1% de su potencia al nivel del mar por cada 100 m de aumento en altitud. En cambio los motores de baja relación combustible-aire sólo empiezan a perder potencia en la misma forma desde una altitud donde la cantidad de oxígeno limita la combustión.

Una pérdida de potencia también ocurre debido a un aumento de la temperatura ambiental que disminuye la densidad y, por lo tanto, la cantidad de aire que ingresa al motor (5). Una recomendación aceptada internacionalmente (12) para transformar potencias de los motores con una relación alta de combustible-aire es la siguiente:

$$\text{Potencia a temperatura } T \text{ } ^\circ\text{C} = \text{Potencia a } 20^\circ\text{C} \sqrt{\frac{293}{273 + T}} \quad \text{----- F\acute{o}rmula 1}$$

La Figura 2 demuestra esta relación potencia - temperatura ambiental en el rango de 0° a 40°C.

La pérdida de potencia por razón de una altitud o temperatura ambiental elevada puede ser compensada en dos formas distintas.

- Elegir un tractor con motor más grande y reducir la cantidad de combustible suministrada por la bomba de inyección para no desperdiciarlo como humo.
- Introducir una cantidad mayor de aire al motor por medio de un supercargador

Existen dos sistemas de supercargar un motor, uno es por medio de compresores accionados mecánicamente y el otro por turbocargadores accionados por los gases de escape. Desde el punto de vista de diseño, el desarrollo de turbocargadores representa la única alternativa realística (3).

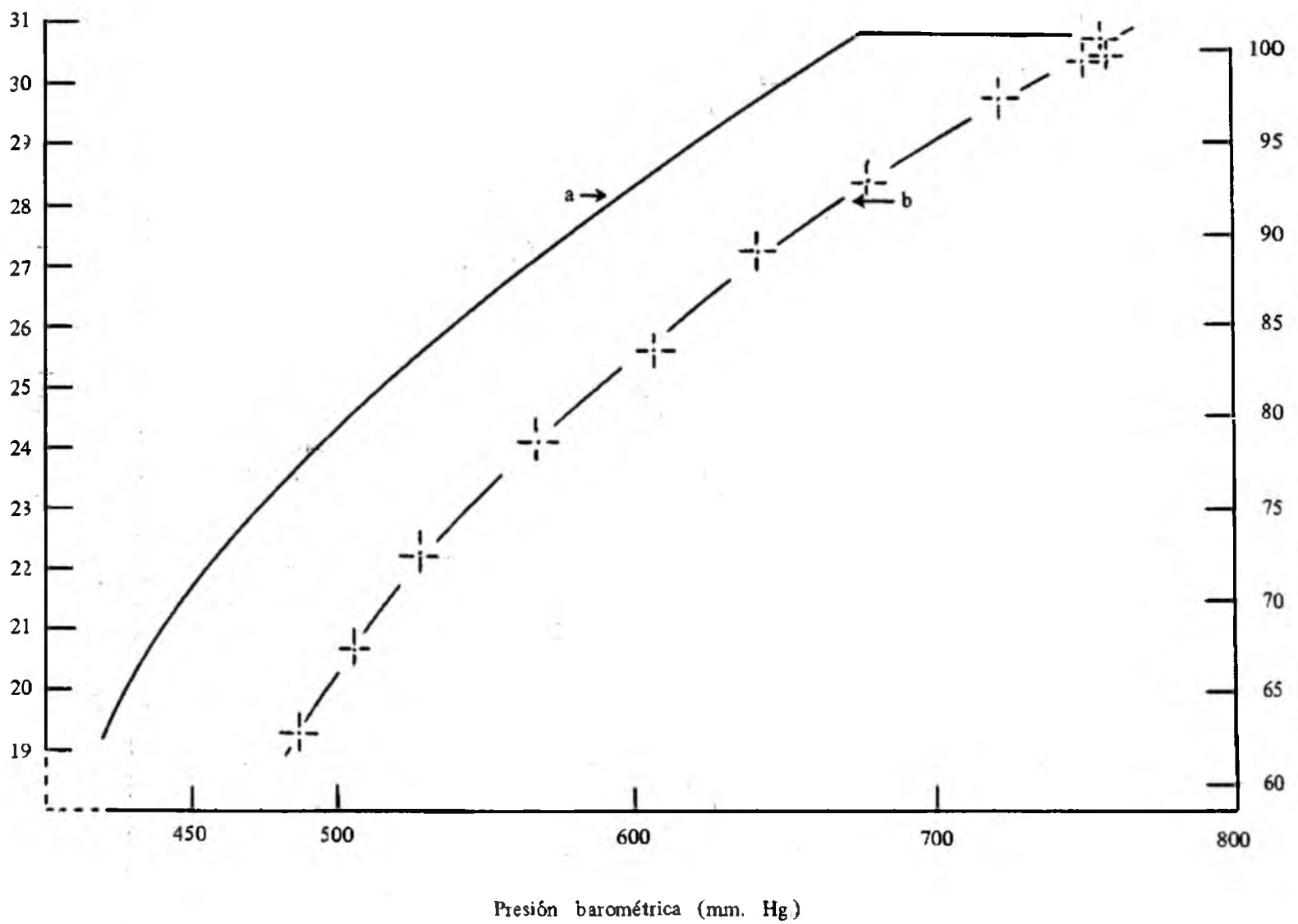


FIGURA 1. Pérdida de potencia por altitud con un tractor con baja relación combustible: aire (a) y un tractor con alta relación combustible: aire (b - referencia 10)

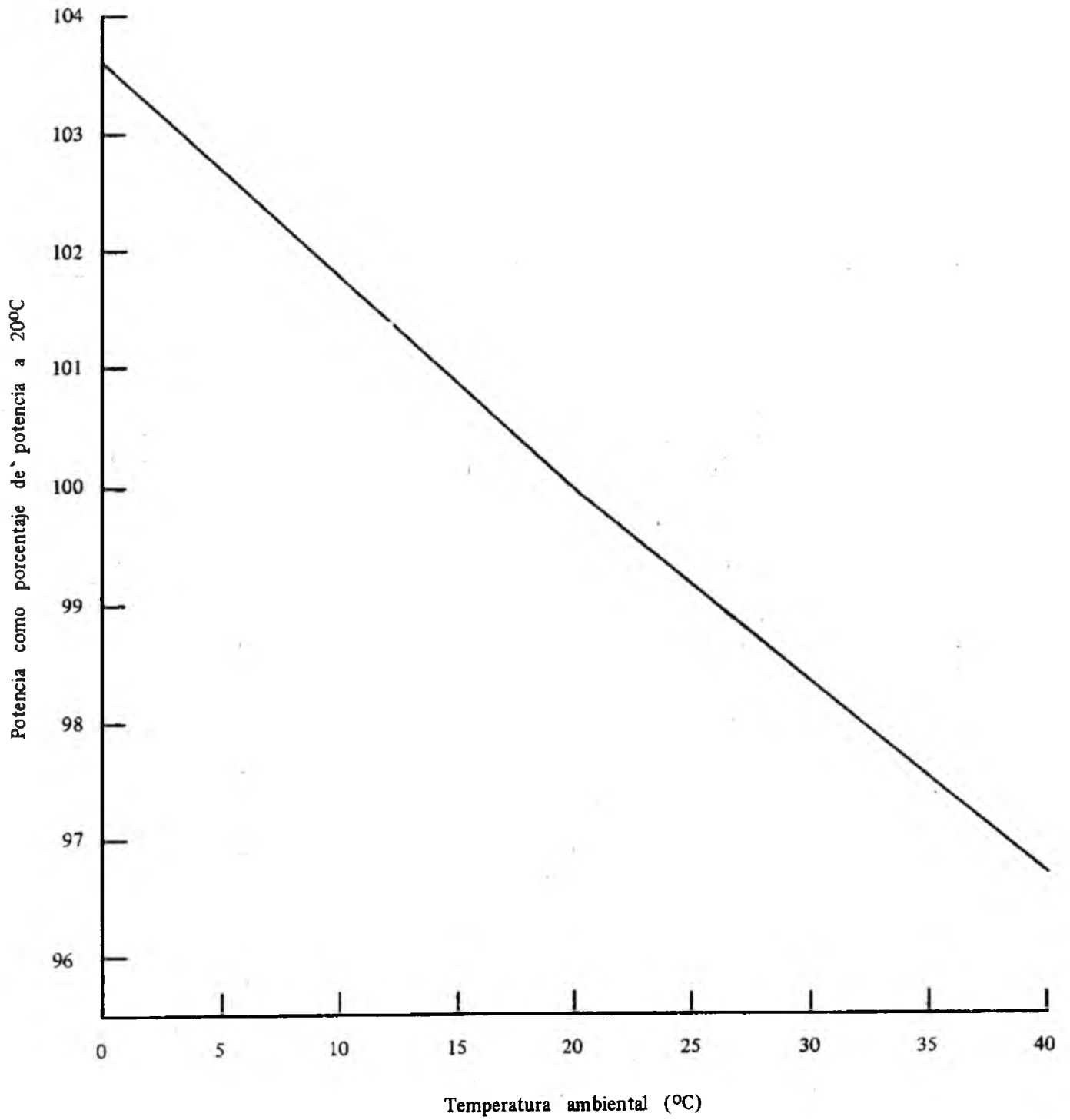


FIGURA 2. Cambio de potencia con temperatura ambiental.

En este trabajo se investigó la pérdida de potencia de un tractor Massey Ferguson 185 al trabajar desde aproximadamente 1.500 hasta 3.700 msnm. Luego se realizó la misma prueba pero con un turbocargador colocado al motor para determinar la forma como este compensa la pérdida por altura.

2. TURBOCARGADORES

2.1. Principios de operación

Un factor clave que limita la potencia que puede desarrollar un motor de diesel es su capacidad de aspiración de aire a sus cilindros. Este a su vez limita la cantidad de combustible que puede oxidarse y, por lo tanto, la potencia desarrollada.

Al presionar el aire que entra al múltiple de inducción se aumenta la cantidad de oxígeno disponible en los cilindros para oxidar el combustible. Esto significa que se puede incrementar la potencia o compensar las pérdidas al trabajar en altitudes o a temperaturas ambientales elevadas.

Si el objetivo de turbocargar el motor es aumentar su potencia al nivel del mar, se debe reforzar el motor en su etapa de diseño (4). La potencia máxima puede subir de 15 a 25% y, por ejemplo, un cierto fabricante ofrece el mismo tractor en dos formas, el uno aspirado naturalmente y el otro turbocargado donde el aumento de potencia máxima es de 22,2% al nivel del mar (8, 9).

En el caso de que se quiera compensar la pérdida de potencia por altitud no se pone más carga al motor porque el objetivo es acercarse a la potencia máxima desarrollada al nivel del mar y no sobrepasarlo. En consecuencia las presiones máximas realizadas en los cilindros no son elevadas.

Otras ventajas del turbocargador son:

- Operación del motor menos ruidosa (1, 6)
- Menos carbón en los gases de escape (1, 6)
- Ahorro de combustible (11)

2.2 Construcción (Figuras 3, 4 y Fotografía 1)

Los turbocargadores básicamente consisten de un compresor ubicado en el múltiple de inducción y accionado por una turbina ubicada en el múltiple de escape que gira por la fuerza de los gases de escape.

La turbina y el compresor están montados sobre un solo eje que gira en una caja. Los rulmanes del eje están lubricados por medio del sistema de lubricación del motor.

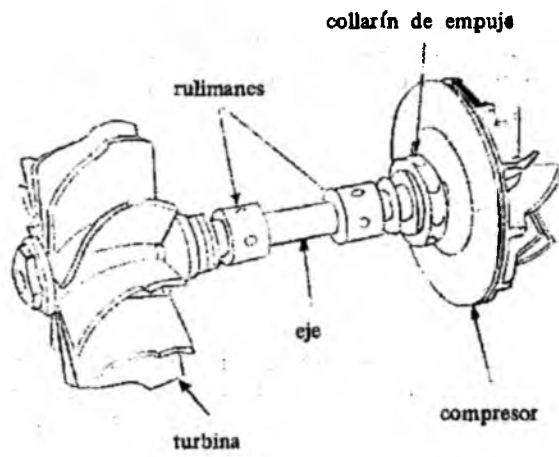


FIGURA 3. El turbocargador. Partes básicas (referencia 2).

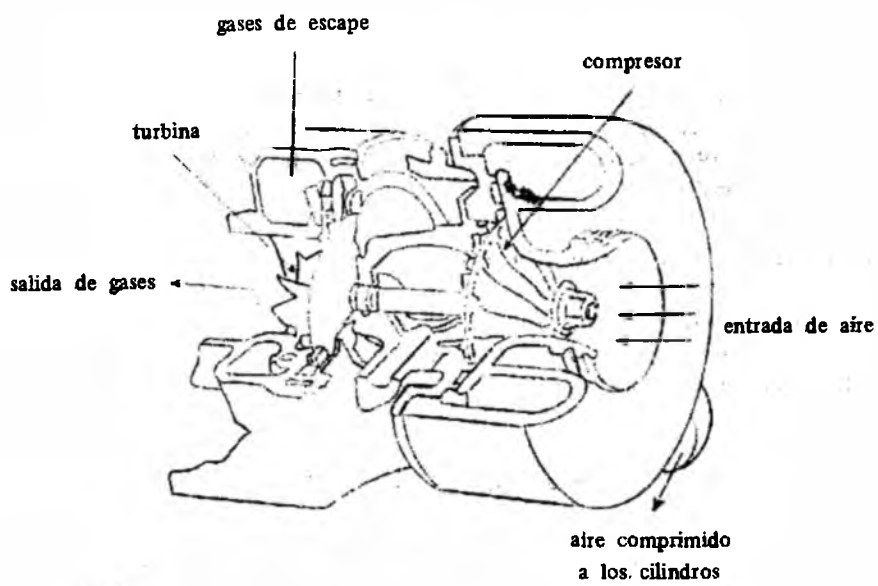
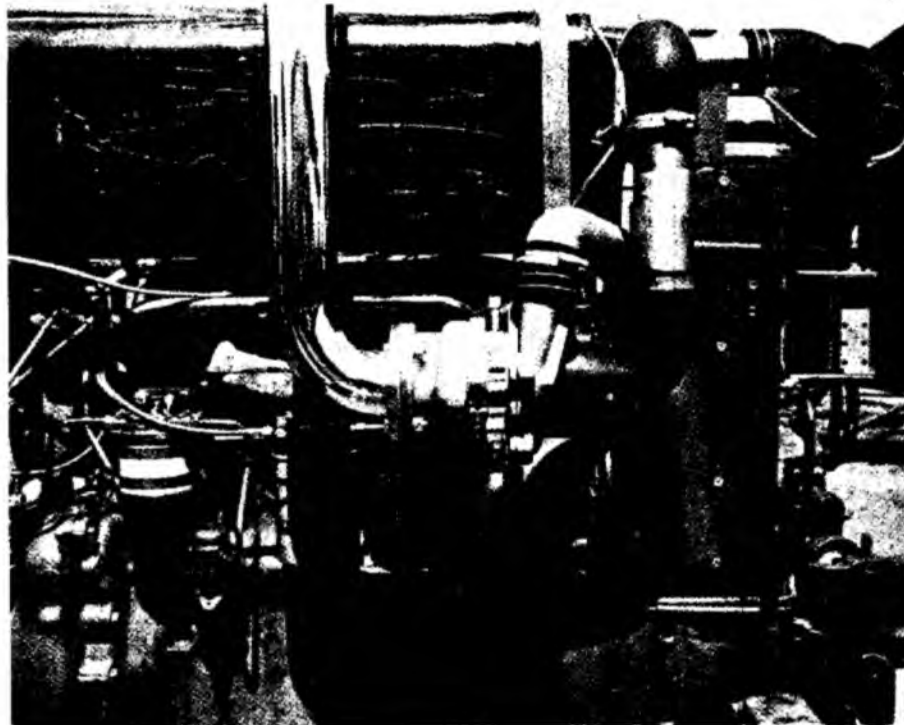
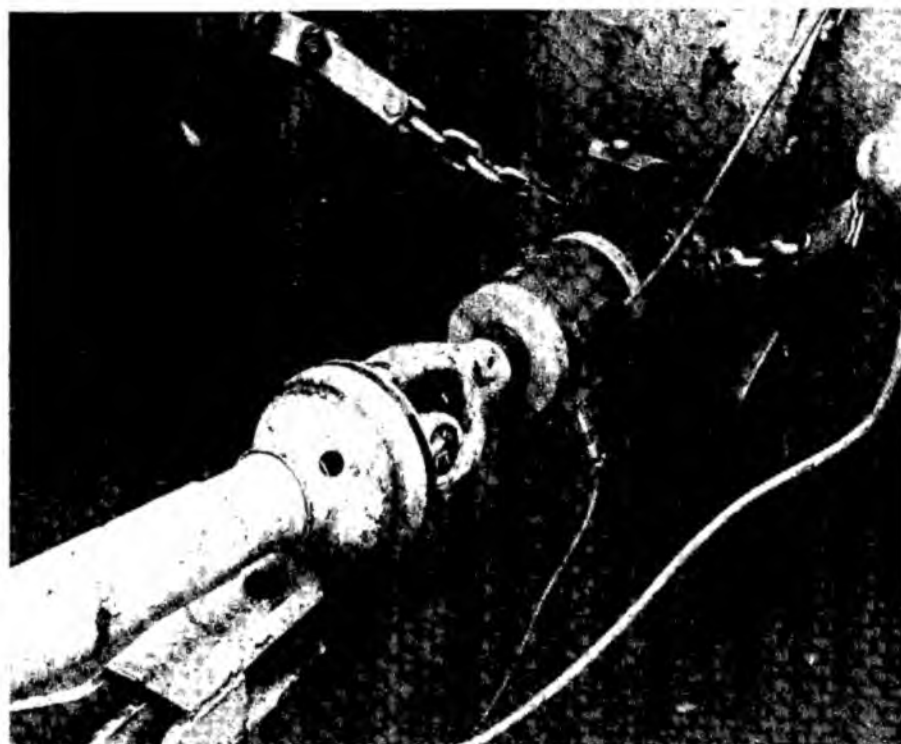


FIGURA 4. El turbocargador (referencia 2).



FOTOGRAFIA 1. El turbocargador colocado al tractor Massey Ferguson 185



FOTOGRAFIA 2. Transductor de torque y tacómetro óptico conectado al eje toma de fuerza del tractor.

2.3. Causas de fallas y recomendaciones de servicio

Al colocar un turbocargador en un motor se requiere más cuidado de parte del operador y del personal de mantenimiento. Las causas más comunes de fallas (4) son:

- Falta de aceite.- Considerando que el sistema alcanza velocidades de hasta 100.000 rev/min, se hace necesario que la cantidad de aceite suministrada para la lubricación, estabilización y refrigeración de los rulimanes tiene que ser suficiente en todo momento.
- Suciedad en el sistema de lubricación.- El filtro de aceite del motor no es capaz de limpiar suficientemente el aceite sucio y entregarlo limpio al turbocargador. Es común incluir un filtro fino adicional en el sistema.
- Suciedad en el sistema de inducción y escape.- En vista de que el compresor y la turbina alcanzan velocidades periféricas de hasta 1.600 km/h, es indispensable que los gases de inducción y escape se encuentren libres de partículas grandes ya que podrían causar daño a las aletas y alterar el balance.
- Materiales, fabricación o instalación inadecuadas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Equipos empleados (Ver Anexo 1)

Se utilizó un tractor Massey Ferguson 185 con un motor de diesel y, en el primer caso, con aspiración natural. Luego se colocó en el motor un turbocargador (Fotografía 1)

Se conectó en el eje toma de fuerza un transductor de torque (Saunders Roe, tipo 2 marca 4), equipado con un tacómetro óptico (British Hovercraft Corporation tipo NP1), para medir el torque, las revoluciones y la potencia del eje. Estos dos instrumentos se conectaron a un indicador electrónico (British Hovercraft Corporation TM 30) en el cual se tomó directamente las lecturas de torque, velocidad y potencia.

Para dar la carga al motor se conectó un dinamómetro hidráulico (M y W Gear, Modelo P-400B) al transductor de torque (Fotografía 2)

3.2. Sistema de medición

Las pruebas se realizaron inicialmente, con el tractor sin el turbocargador y luego se repitió después de colocarlo.

El tractor fue conectado al transductor de torque con tacómetro óptico y al dinamó-

metro hidráulico (Fotografía 2) y fue transportado en un camión. En cada sitio de ensayo se conectó el indicador el cual utilizó como fuente de luz un generador portátil.

En cada ubicación se puso a funcionar el motor del tractor hasta que registró una temperatura normal. Después, con el acelerador completamente abierto, se reguló el dinamómetro hidráulico hasta que se obtuvo la lectura máxima de potencia en el indicador. Cada prueba duró 1 minuto para asegurar el máximo calentamiento del turbocargador y se repitió tres veces en cada sitio, promediando los resultados.

Antes de hacer las pruebas se calibró el tacómetro óptico con tres tacómetros manuales y el transductor de torque con un aparato estático que consistió de una barra de 1 m de largo y una serie de pesos colgados, los cuales dieron un torque conocido. Para evaluar el factor de conversión se graficó el torque actual y el torque indicado por la lectura del indicador.

3.3. Datos tomados

Se anotaron los datos de presión barométrica, temperatura ambiental, potencia máxima del tractor y la velocidad del eje toma de fuerza a la potencia máxima.

Se hicieron las pruebas del tractor sin turbocargador en 7 sitios que varían entre 484,1 hasta 635,7 mm Hg de presión barométrica. Las pruebas del tractor con turbocargador se efectuaron en 10 sitios de 478,2 hasta 648,4 mm Hg.

4. RESULTADOS

Los promedios de potencia máxima, presión barométrica y temperatura ambiental se presentan en los Cuadros 1 y 2 y graficados en la Figura 5. Los datos de potencia máxima se presentan como fueron medidos y luego transformados a una temperatura estándar de 20°C, empleando la fórmula 1 indicada en la introducción.

Los resúmenes de los análisis de regresión aparecen en el Anexo 3.

5. DISCUSION

5.1. Tractor sin turbocargador

La potencia máxima del tractor se midió por un rango de presiones barométricas representativas de las regiones cultivables de la Sierra ecuatoriana. (Anexo 2.)

Hubo una diferencia de potencia máxima medida de 10,1 kw (41,8-31,7) con un cambio de presión barométrica de 151,6 mm Hg (635,7-484,1) o, en otras palabras, un cambio

CUADRO 1. Potencias máximas del tractor M.F. 185 sin turbocargador

Sitio, número y altitud aproximada (msnm)	Presión atmosférica (mm Hg)	Temperatura del aire (°C)	Potencia máxima medida kw	Potencia máxima transformada a 20°C (kw)
1 3.750	484,1	15,0	317,7	31,4
2 3.525	487,8	19,3	33,3	33,2
3 3.250	516,1	22,0	34,1	34,2
4 3.025	530,9	15,5	35,6	35,3
5 2.600	556,0	19,8	36,5	36,5
6 2.050	592,6	23,8	38,9	39,2
7 1.525	635,7	27,0	41,8	42,3

CUADRO 2. Potencias máximas del tractor M.F. 185 con turbocargador

Sitio, número y altitud aproximada (msnm)	Presión barométrica (mm Hg)	Temperatura del ambiental (°C)	Potencia máxima medida kw	Potencia máxima transformada a 20°C (kw)
1 3 850	478,1	16,3	41,1	40,8
2 3 560	495,1	19,5	43,5	43,5
3 3 390	506,2	23,0	43,4	43,6
4 3 320	510,5	21,7	43,6	43,6
5 2 970	531,9	22,0	46,3	46,5
6 2.680	550,9	24,0	48,7	49,0
7 2.120	587,9	23,8	51,0	51,3
8 1.720	618,7	20,7	50,9	51,0
9 1 540	632,2	24,0	50,8	51,1
10 1 320	648,4	27,0	51,4	52,0

de altitud aproximada de 2 225 m (3 150 a 1 525)

Las potencias máximas, transformadas a una temperatura estándar de 20°C, indican una mayor diferencia de 10.9 kw (42.3 - 31.4) sobre el mismo rango de presión barométrica y altitud.

Estas diferencias corresponden a pérdida de potencia máxima, medida de 1.09% cada 100 m de aumento de altitud y 1.16% cada 100 m de potencia máxima, transformada a 20°C en el rango estudiado.

5.2. Tractor con turbocargador

En la Figura 5 se puede observar que la potencia máxima del tractor con el turbocargador aumenta linealmente, con un incremento en la presión barométrica hasta una presión de 575 mm Hg (2 325 m). Para las presiones mayores, la potencia máxima queda casi igual a 51.0 kw (51.4 kw transformada a 20°C).

Al aumentar la presión atmosférica (bajar la altitud), la potencia máxima aumentó a razón de 1.58% cada 100 m (1.7% cada 100 m con potencias transformadas a 20°C).

El aumento de potencia máxima que produce el turbocargador oscila, ligeramente, entre 31.0% a 480 mm Hg de presión barométrica (3 825 m) y 34.2% a 575 mm Hg (2 325 m). A los 575 mm Hg el turbocargador está oxidando todo el combustible suministrado por la bomba de inyección y para lograr mayor potencia, al aumentar la presión barométrica (bajar la altitud), es necesario incrementar la cantidad de combustible inyectado. Cabe señalar que este incremento da más esfuerzo al motor porque supera la potencia máxima que se podría desarrollar sin el turbocargador al nivel del mar.

6. CONCLUSIONES

Se ha demostrado que la pérdida de potencia que sufre un tractor con aumento de altitud sobre el nivel del mar puede compensarse por medio de un turbocargador.

El aumento de potencia máxima en el rango de 480 mm Hg (3 825 m) a 575 mm Hg (2 325 m) presión barométrica tuvo un promedio de 32.6% en el tractor probado, lo que quiere decir que un tractor como el Massey Ferguson 185 (que tiene una potencia máxima al e.t.f. de 52.6 kw al nivel del mar) es capaz, en la Sierra ecuatoriana, hacer el trabajo de un tractor de 72 kw de potencia máxima al e.t.f. El costo del equipo turbocargador es aproximadamente de S/ 32 500, mientras que la diferencia en costo entre un tractor de 52.6 kw y uno de 72 kw es en la región de S/ 288.000 (Anexo 4).

Se anota que el uso de este turbocargador a presiones barométricas mayores de 575 mm Hg (2 325 m) requiere de un ajuste a la bomba de inyección para evitar que el mo-

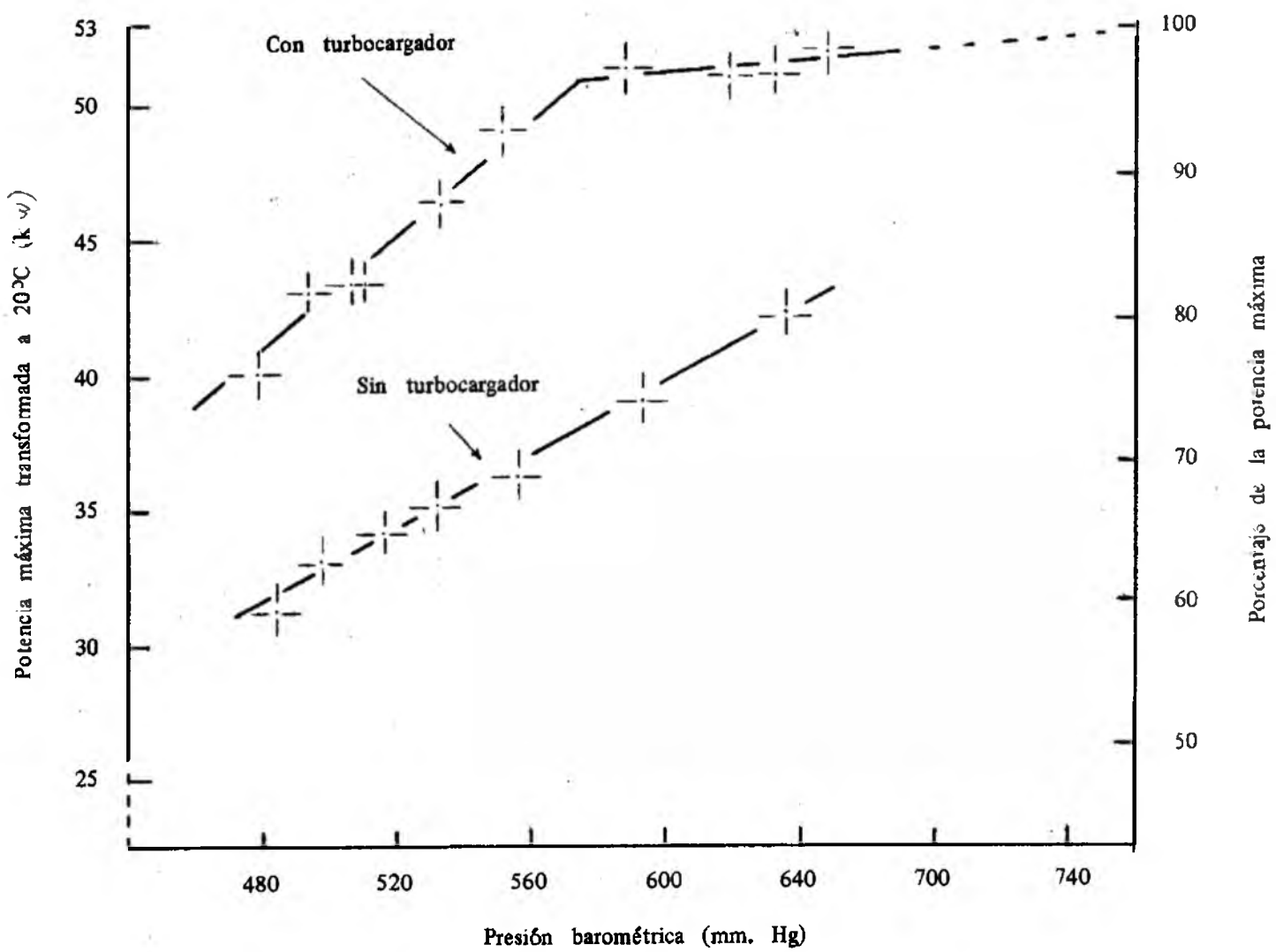


FIGURA 5. Potencia máxima del tractor MF 185 con y sin turbocargador con cambio de presión barométrica.

tor trabaje con un exceso de oxígeno, lo cual puede resultar en su sobrecalentamiento. Este ajuste permitirá al motor desarrollar una potencia mayor a la que está especificada por el fabricante. Para este tipo de uso, es imprescindible consultar al fabricante del tractor o a su representante para verificar la validez de su garantía en estas circunstancias.

Finalmente se debe tomar en cuenta las revisiones adicionales de servicio y mantenimiento que requiere el uso del turbocargador (Sección 2.3.).

R E F E R E N C I A S

1. **BLACKBEARD, J.** (1976) Farm verdict on the Opico turbocharger. Arable Farming, Inglaterra. Julio 1976.
2. **DEERE & CO.** (1972) Fundamentals of service. Engines. Deere & Co Moline 111. EE.UU.
3. **GOODLET, I.W.** (1974) Turbocharging of small engines. Proc. Instn Mech Engrs 188, (3) 77.
4. **HOLSET ENGINEERING** (sin fecha) An introduction to turbocharging. Holset Engineering Huddersfield. Inglaterra.
5. **JUDGE, A. W.** (1955) The testing of high speed internal combustion engines. Chapman & Hall. Inglaterra.
6. **M & W GEAR CO** (sin fecha) Turbocharging. A new dimension in diesel engine efficiency. M & W Gear Co, Illinois, EE. UU.
7. **MANBY, T.C.D.** (1961) Measurement of tractor and farm machinery performance under tropical agricultural conditions. CTTMA Paris, Marzo 1961.
8. **OECD.** (1976) Report of test in accordance with OECD test code for agricultural tractors. Ford 6600 tractor. Report No. 644 NIAE.
9. **OECD** (1977) Report of test in accordance with OECD test code for agricultural tractors. Ford 7600 tractor Report No. 648 NIAE.
10. **SIMS, B.G. y VERA, V.** (1978) Pérdida de potencia de un tractor por altura. Boletín Técnico 24 INIAP Quito-Ecuador. Enero 1978.
11. **SIMS, B.G.** (1978) Relative efficiencies of naturally aspirated and turbocharged diesel tractor engines of over 80 pto hp Overseas Dept, NIAE.
12. **OECD** (1970) Standard code for the official testing of small engines used in agriculture and commercial horticulture, OECD. Parfs.

ANEXO 1.

Descripción de los equipos empleados:

a) Tractor Massey Ferguson 185

Tractor serie número: 185 321228 MBH

MOTOR:

Número de serie: 248 UA 115166

Marca: Perkins A4 248 inyección directa

Número de cilindros: 4

Diámetro de cilindros: 101 mm

Carrera de pistón: 127 mm

Capacidad: 4,06 l

Relación de compresión: 16:1

Potencia máxima del motor: 55,9 kw (75 Hp) a 2.000 rev/min (B.S. AU 141; 1967)

Potencia máxima del e.t.f.: 52,2 kw (70 Hp) a 641 rev/min (BS)

Filtro de aire: tipo seco

Refrigeración: agua

Reducción motor: e.t.f.: 3, 12:1

b) Equipo de turbocargador

El turbocargador se vende como parte de un equipo completo que consiste de:

- Turbocargador
Tipo: 301B160
Número de serie: 4550
Fabricado por: Rajay Industries Inc. EE.UU.
- Refrigerador de aceite
- Filtro de aceite
- Manguera de filtro de aire
- Manguera del sistema de lubricación
- Adaptador del múltiple de escape
- Tubo de escape

El equipo completo está distribuido por:

OPICO UK Ltda.
47 Westlode Street
Spalding
Lincolnshire
Inglaterra

c) Transductor de torque Saunders Roe, tipo 2, marca 4

Fabricador por:

British Hovercraft Corporation Ltda.
East Cowes
Isle of Wight
Inglaterra.

El torque es transmitido por un eje de acero de alta resistencia (el rotor), al cual están cimentadas una red de medidores de deformación ("strain gauges"). Están cubiertos por cuatro anillos colectores de plata. El estator lleva cuatro escobillas de grafito de plata que, a su vez, están conectadas por cables al indicador.

Una pequeña deflexión del eje (causado por el torque) cambia la resistencia eléctrica de los medidores de deformación y produce un voltaje proporcional al torque.

d) Tacómetro óptico British Hovercraft Corporation, tipo NP1

Fabricado por:

British Hovercraft Corporation Ltda.
East Cowes
Isle of Wight
Inglaterra.

La unidad puede ser conectada directamente al transductor de torque, que consiste de una fuente de luz y un receptor fotoeléctrico..

El rotor del transductor de torque lleva una marca de pintura blanca que, cuando pasa el tacómetro, refleja la luz al receptor. Esto causa una corriente a pasar al indicador y el número de impulsos eléctricos depende de las revoluciones del rotor.

e) Indicador British Hovercraft Corporation TM 30

Frabricado por:

British Hovercraft Corporation Ltda.
East Cowes
Isle of Wight
Inglaterra.

El transductor de torque y el tacómetro óptico están enchufados a éste aparato que

tiene tres lecturas.

Las lecturas muestran:

Torque (kg m)
Revoluciones por minuto (rev/min)
Potencia (kw)

f) **Dinamómetro hidráulico M y W Gear Modelo P-400 B**

Fabricador por:

M y W Gear
Gibson City
Illinois
EE.UU.

Este dinamómetro es una herramienta portátil para mecánicos. Tiene una bomba hidráulica mandada por el e.t.f. del tractor.

La presión del aceite está regulada por una válvula (accionada manualmente) y ésta regula la potencia que el tractor puede desarrollar.

Cuando la válvula se cierra se aumenta la presión, la cual está registrada como potencia.

Esta herramienta se la empleó en el presente ensayo para cargar el tractor y se midió la potencia producida electrónicamente.

ANEXO 2.

Datos primarios

TRACTOR SIN TURBOCARGADOR				
Sitio, número y altitud aproximada (msnm)	Presión barométrica (mm Hg)	Temperatura ambiental (°C)	Potencia máxima medida (kW)	rev/min e.t.f.
1	484,3	16,0	31,8	645
3.750	484,0	14,0	31,8	645
	484,0	15,0	31,5	645
Promedio	484,1	15,0	31,7	645
2	498,0	19,0	33,1	645
3.525	497,4	19,5	33,1	645
	497,9	19,5	33,7	645
Promedio	497,8	19,3	33,3	645
3	516,0	22,0	34,0	640
3.250	516,2	22,0	34,0	640
	516,2	22,0	34,3	640
Promedio	516,1	22,0	34,1	640
4	530,9	15,5	35,6	650
3.025	531,0	15,5	35,6	650
	531,0	15,5	35,6	650
Promedio	530,9	15,5	35,6	650
5	556,0	19,5	36,5	645
2.600	555,9	20,0	36,5	650
	556,0	21,0	36,5	645
Promedio	556,0	19,8	36,5	647
6	592,7	24,0	38,7	650
2.050	592,7	24,0	39,0	640
	592,5	23,5	39,0	650
Promedio	592,6	23,8	38,9	647
7	635,6	27,0	41,8	645
1.525	635,7	27,0	41,8	645
	635,7	27,0	41,8	645
Promedio	635,7	27,0	41,8	645

TRACTOR CON TURBOCARGADOR				
Sitio, número y altitud aproximada (msnm)	Presión barométrica (mm Hg)	Temperatura ambiental (°C)	Potencia máxima medida (kW)	rev/min e.t.f.
1	478,0	17,0	41,5	645
3.850	478,2	16,0	40,9	645
	478,2	16,0	40,9	645
Promedio	478,1	16,3	41,1	645
2	495,1	20,0	43,7	645
3.560	495,1	19,5	43,4	645
	495,1	19,0	43,4	645
Promedio	495,1	19,5	43,5	645
3	506,2	23,0	43,4	645
3.390	506,2	23,0	43,4	640
	506,3	23,0	43,4	645
Promedio	506,2	23,0	43,4	643
4	510,5	19,0	43,7	645
3.320	510,4	23,0	43,6	645
	510,5	23,0	43,5	645
Promedio	510,5	21,7	43,6	645
5	531,9	22,0	46,5	645
2.970	531,9	22,0	46,2	645
	531,9	22,0	46,2	645
Promedio	531,9	22,0	46,3	645
6	553,7	24,0	48,7	640
2.680	549,4	24,0	48,7	640
	549,6	24,0	48,7	640
Promedio	550,9	24,0	48,7	640
7	587,7	24,0	51,2	640
2.120	588,0	24,0	50,9	645
	588,0	23,5	50,9	640
Promedio	587,9	23,8	51,0	642
8	618,7	21,0	50,9	640
1.720	618,7	21,0	50,9	640
	618,7	20,0	50,9	640
Promedio	618,7	20,7	50,9	640
9	632,7	24,0	50,9	645
1.540	632,0	24,0	50,9	642
	632,0	24,0	50,5	640
Promedio	632,2	24,0	50,8	642
10	648,4	27,0	51,5	640
1.320	648,4	27,0	51,5	640
	648,4	27,0	51,2	640
Promedio	648,4	27,0	51,4	640

ANEXO 3.

Resumen de los análisis de correlación

Tractor sin turbocargador $r = 0,9967$ $Y = 0,0684X - 1,2689$

Tractor con turbocargador sitio 1 a 6 $r = 0,9789$ $Y = 0,1052X - 9,4832$

Tractor con $r = 0,5033$ $Y = 0,0088X + 45,8485$

ANEXO 4.

Encuesta de precios de tractores

En el mes de noviembre de 1978 se realizó una encuesta en las casas comerciales de Quito que distribuyen tractores (Informe No. 84-D1A del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Estación Santa Catalina).

Se compararon los precios de dos modelos de cuatro marcas distintas que más se aproximaron a las potencias máximas del tractor Massey Ferguson 185 con y sin turbocargador. Se determinó que la diferencia en precios promedios fue de S/. 288.750.

Se debe anotar que los modelos que difieren respecto a su potencia, también pueden diferir en otros aspectos como peso, capacidad del sistema hidráulico, etc.

PRODUCCION:
DEPARTAMENTO DE COMUNICACION DEL INIAP D-33
Casilla 2600 - Quito-Ecuador
Marzo - 1979 - SIP 010
Boletín Técnico No. 31
Editor: Ismael Tufiño N.
Impresión: INIAP
CdeA.