

I. EJERCICIO DE RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD

1.1 Rendimiento del Tractor Oruga Caterpillar D6M-XL

En la ciudad de Huaraz, localizado a una altura de 3050 m.s.n.m., un tractor Caterpillar modelo D6M, equipado con una hoja topadora 6SU, excava un material arcilloso muy compacto a una distancia de acarreo de 90 m, en una pendiente positiva del 4%. El peso volumétrico suelto del material a trabajar es de 1650 kg/m^3 y el tractor trabaja 50 min por cada hora; es conducido por un operador mediano y se considera un talud de reposo del material 2:1. Determine el rendimiento de la maquinaria por el método de reglas y fórmulas.

Datos:

- Modelo
- Masa
- Potencia:
- Hoja Topadora: 6SU
- Material: arcilla muy compacta; $\gamma_m = 1650 \text{ kg/m}^3$
- Distancia de acarreo: 90 m
- Talud de reposo: 2:1
- Pendiente: + 4.00 %
- Eficiencia: 51.25 min/hr
- Sistema de rodadura: orugas
- Coeficiente de rodamiento: 40 kg/ton
- Atura: 3050 m.s.n.m.

1. Elegir un modelo de tractor y hoja topadora

- Características de la máquina

a) Potencia: 140 Hp.

b) Peso total del tractor: 15,530 kg.

Peso del tractor: 13103 kg.

Peso de la hoja 8SU: 2427 kg.

Para este caso no se considera el peso del desgarrador.

2. Determinar el volumen de la hoja y el peso de material excavado.

VOLUMEN DE LA HOJA

Del catálogo del fabricante:

Longitud: 3.93 m.

Altura : 1.69 m.

Si el talud de reposo tiene una relación 2:1

$$v = l h^2 = (3.93) \times (1.69)^2 / 2 \text{ tang}(30)$$

$$9.721 \text{ m}^3 \text{ sueltos}$$

Peso del material excavado

$$\gamma_m = 1,650 \text{ kg/m}^3$$

Capacidad de la hoja : 9.721 m³

$$\text{carga útil} = \gamma_m * v = (1650 \text{ kg/m}^3) (9.721 \text{ m}^3) = 16,039.12 \text{ kg}$$

3. Determinar la resistencia total (Rt) a la que se enfrenta el tractor cargado

Del tractor:

$$R_t = 10 \times (15.53 \text{ ton}) \left(\left(\frac{40}{10} \right) + 4 \right) = 1242.4 \text{ kg}$$

De la carga útil:

a) Masa de la carga útil

b) Resistencia al rodamiento

$$R_r(\text{kg}) = 16039.12 \left(\frac{40 \text{ kg}}{1000 \text{ kg}} \right) = 641.56 \text{ kg}$$

Resistencia total = Carga útil + Rt + Rr = 17923.0848 kg

Resistencia total x 2.2 = 39430.7865 lb

4. Para Calcular la velocidad de ida.

De la fórmula de la fuerza de tracción disponible, despejando la velocidad obteniendo:

$$: T_d = \frac{375 \times Hp \times r_t}{v}$$

$$v = \frac{375 \times H_p \times r_t}{T_d}$$

Por la altitud de la obra tenemos que el coeficiente de reducción de la potencia en el volante es del 100% (de gráfica, por lo que la potencia $Hp=310$; Considerando un rendimiento de la transmisión del 80%, tenemos que:

$$v = \left(\frac{375 \times 140 \times 0.80}{39730.7865} \right) = 1.065 \text{ millas/h}$$

$$v = 1.065 \frac{\text{millas}}{\text{h}} * 1.6 \frac{\text{km}}{\text{milla}}$$

$$v = 1.70 \text{ km/h}$$

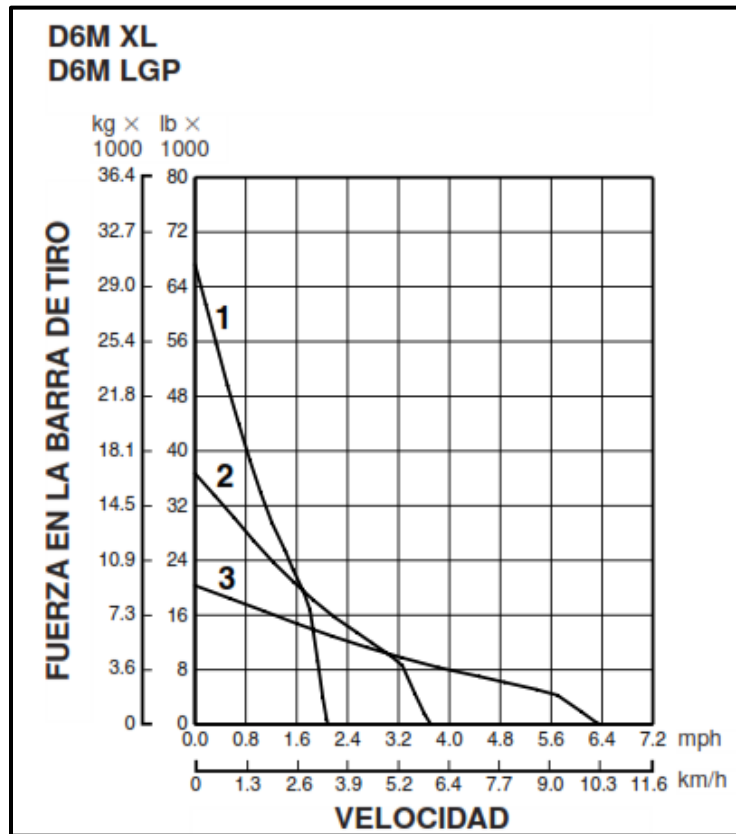
Para calcular la velocidad de ataque del tractor se pueden utilizar las gráficas de “FUERZA EN LA BARRA DE EMPUJE VS VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO”, que son proporcionadas en los manuales del fabricante:

Resistencia total = 9200 kg (De la siguiente figura)

$$= 20240.0 \text{ lb}$$

Velocidad = 1.7 km/hr

Para calcular la velocidad de ataque del tractor se pueden utilizar las gráficas de “FUERZA EN LA BARRA DE EMPUJE VS VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO”, que son proporcionadas en los manuales del fabricante:



CLAVE

- 1 — 1a.
- 2 — 2a.
- 3 — 3a.

Nota: La fuerza de arrastre utilizable depende del peso

5. Velocidad de retorno

Según el manual del fabricante, la velocidad máxima al bajar sin carga es de 12.8 km/hora, de la misma forma se recomienda que en retroceso el tractor opere en segunda velocidad, es decir, para este caso a 7.5 km/hr, para no dañar el tránsito, por lo que ésta se tomará como velocidad media.

MODELO CON SERVO- TRANSMISION	D6M XL	
AVANCE	km/h	mph
1	3,4	2,1
2	6,0	3,7
3	10,2	6,4
RETROCESO		
1	4,2	2,6
2	7,5	4,6
3	12,8	7,9
HIDROSTATICA AVANCE/ RETROCESO	—	—

- Tiempos variables

De ida:

$$t_1 = \frac{\text{Distancia de acarreo}}{v. \text{ avance}} = \frac{90 \text{ m}}{1704.25 \text{ m/h}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} = 3.169 \text{ min}$$

De regreso:

$$t_2 = \frac{\text{Distancia de acarreo}}{v. \text{ retorno}} = \frac{90 \text{ m}}{7500 \text{ m/h}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} = 0.72 \text{ min}$$

- Tiempos fijos

$$t = 0.12 \text{ min}$$

- $T_c = \text{Tiempo Total} = 3.169 \text{ min} + 0.72 \text{ min} + 0.12 \text{ min} = 4.009 \text{ min}$

6. Cálculos de la producción

Sustituyendo valores en la fórmula de la producción:

$$P_{\text{teórica}} = \left[\frac{E \times v}{T_c} \right] = \left[\frac{51.25 \frac{\text{min}}{\text{h}} \times 9.721 \text{ m}^3}{4.009 \text{ min}} \right] = 124.28 \text{ m}^3 \text{ Suelos/h}$$

7. Aplicar factores de corrección

Factores de corrección:

- Operación: 0.75
- Material: 0.80
- Pendiente: $(4\% \times 3) = 12\%$; $1 - 0.12 = 0.88$

- Acarreo: $(90 \text{ m}-30 \text{ m})=(60/30)*5\%=10\%$; $1 - 0.10 = 0.90$

$$P_{final} = 124.28 \text{ m}^3 \times 0.75 \times 0.80 \times 0.88 \times 0.90 = 59.06 \frac{\text{m}^3 \text{Suelos}}{h}$$

8. Revisión de la tracción disponible

Verificar que la fuerza de tracción utilizable sea mayor a la resistencia total:

$$Tu = (kg) * Ct$$

De la tabla de coeficiente de tracción, para tierra firme, $Ct=0.90$, por lo que:

$$Tu = 15530 * 0.90 = 13977 \text{ kg}$$

Del cálculo de la resistencia total, tenemos que: Resistencia total = 20495 kg

Entonces, la fuerza de tracción utilizable es mayor que la resistencia total

$$13977 \text{ kg} > 9200 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

II. EJERCICIO DE COSTO HORARIO

2.1 Costo horario del Tractor Oruga Caterpillar D6M-XL

Datos generales

Valor de adquisición (VA) = \$ 726,712.00

Producto = tractor sobre orugas Caterpillar.

Modelo = D6M-XL CAT.

Potencia = 200 HP.

Vida económica útil (VEU) = (5 años = n), 2000 horas. Anuales 10,000 horas.

Valor de rescate (VR) = 25% del valor de adquisición.

VR = \$ 181,678.00

2.1.1 Cálculo de costo horario de posesión (Costo Fijo):

1) Cálculo de la inversión medio ANUAL (IMA):

$$IMA = \frac{VA * (n + 1) + VR * (n - 1)}{2 * n}$$
$$IMA = \frac{726712 * (5 + 1) + 181678 * (5 - 1)}{2 * 5}$$
$$IMA = 508698.4 \text{ s./Año}$$

2) Costo horario de la depreciación:

$$DEPRECIACION = \frac{VA - VR}{VEU}$$
$$DEPRECIACIÓN = \frac{726712 - 181678}{5 * 2000}$$
$$DEPRECIACIÓN = 54.5 \text{ s./hr}$$

3) Costo horario de los intereses:

$$I = \frac{IMA * \%i}{VEU_{hrs}}$$

Donde:

I : interés horario del capital invertido

IMA : inversión media anual

%i : tasa de interés anual vigente para el tipo de moneda a utilizar

VEU_{HRS} : vida económica útil de la máquina expresada en hora totales de trabajo (horas anuales)

$$INTERES = \frac{508698.4 * 0.2285}{2000hrs}$$

$$INTERES = 58.12 \text{ s/./hr}$$

4) Costo horario de: seguro, impuesto y almacenaje.

$$S.I.A = \frac{IMA * (SUMA DE TASA AANUALES)}{VEU \text{ hrs}}$$

$$S.I.A = \frac{508698.4 * 0.055}{2000}$$

$$S.I.A = 14 \text{ s/./hr}$$

Dónde:

Seguros = 25%.

Almacenaje = 1.0%.

Impuestos = 2.0%.

Total = 5.5%.

Total de costo horario por posesión:

Depreciación: 54.5 s/./hora.

Interés capital invertido: 50.4 s/./hora.

Seguros, impuestos y almacenaje: 14.00 s/./hora.

$$CP = D + I + SIA$$

$$CP = 54.50 \frac{\text{S/}}{\text{hora}} + 58.12 \frac{\text{S/}}{\text{hora}} + 14.0 \frac{\text{S/}}{\text{hora}}$$

$$CP = 126.61 \frac{\text{S/}}{\text{hora}}$$

2.1.2 *Calculo de costo horario de operación (Costo Variable):*

- **Combustibles:**

Consumo de petróleo (promedio 3.5 gal/hora).

- **Lubricantes:**

Consumo de aceite de motor Grado 40 (gal/hora) = 0.035

Consumo de aceite caja de cambio grado 140 (gal/hora) = 0.00435

Consumo de aceite Toma fuerza, reductor, dirección grado 140 (gal)= 0.0026

Consumo de aceite dirección (gal/hora) 0.001

Consumo de aceite de transmisión (gal/hora) = 0.03.

Grasa: (lib/hora) = 0.22

Refrigerante=

- **Filtros:**

Filtros 20% (combustible + lubricantes).

- **Carrileria:**

Reemplazo a las 8000 horas.

- **Operador:**

Operador de equipo pesado: 1.5 h-h de operario de construcción civil.

- **Cotizaciones:**

Galón de petróleo SAE15W40= S/ 9.58 sin IGV.

Aceite de motor grado 40= S/. 31.09 sin IGV.

Aceite caja de cambio grado 140 = S/. 33.96 sin IGV.

Aceite Toma fuerza, reductor, dirección, grado 140= S/. 33.96 sin IGV.

Aceite Dirección = S/. 38.55 sin IGV.

Grasas (Libra) = S/. 4.67 sin IGV.

Refrigerante (Galón) = S/. 35.0 sin IGV

Operario (H-H)= S/. 12.42 H-H

Costo horario de los gastos de mantenimiento y repuestos:

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO Y REPUESTOS = 90% * VA

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO Y REPUESTOS = 726 712 00 * 0.90%

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO Y REPUESTOS = S/. 654,040.80

Costo de mantenimiento por mano de obra = 25% * 654,040.80/VEU.

S/. 163 510.20/VEU.

Costo de mantenimiento por repuestos = 75% * 654,040.80/VEU.

S/. 490 530.60 /VEU.

Costo horario de mantenimiento por mano de obra y repuestos:

C.H.M.P.M.O = 161,678.00/10000hrs = S/. 16.35/hora.

C.H.M.P.R = 490,530.60/10000hrs = S/. 49.05/hora.

Total de costo de mantenimiento y reparación: S/ 65.40

Total de costo horario de operación:

Petróleo = 3.5 gal/hora * 9.58/gal = S/. 33.53/hora.

Costo de combustible = s/. 33.53/hora.

Calculo de costo de lubricantes:

Aceite de motor grado 40= 0.035 gal/hora *S/.31.09 gal/hora = S/. 1.09/hora

Aceite caja de cambio grado 140 = 0.004gal*S/.33.96 = S/. 0.15 /hora

Aceite Toma fuerza, reductor, dirección, grado 140= 0.026* S/.33.96= S/. 0.09 /hora

Aceite Dirección = 0.01/gal*S/. 38.55 = S/. 0.04 /hora

Refrigerante (Galón) = 0.002 gal/h*S/. 35.01= S/. 0.07 /hora

Refrigerante (Galón) = 0.002 gal/h*S/. 35.01= S/. 0.07 /hora

Lubricantes total = s/. 1.44 /hora.

Calculo del costo de filtros:

Filtros = 20% (combustible + lubricante)

Filtros = 0.2 (S/. 33.53 / hora + S/. 1.36/hora)

Filtros total = s/. 6.98 /hora.

Calculo del costo de las grasas:

Grasas = 0.22 lib/h* S/.4.67

Filtros = S/.1.03/hora

Gasas total = s/. 1.03 /hora.

Calculo del costo de las piezas de desgaste: 0.00 (no tiene)

Calculo del costo de las herramientas de corte: 0.00 (no tiene)

Calculo del operador especializado:

Operador especializado 1.5 (Costo de H-H) * S/. 12.42

Operador especializado = **S/. 18.63**

RESUMEN:

Mantenimiento y reparación	= S/. 65.40 /hora
Combustible	= S/. 33.53 /hora
Lubricantes	= S/. 1.44 /hora
Filtros	= S/. 6.98 /hora
Grasas	= S/. 1.03/ hora
Piezas de desgaste	= 0.00
Herramientas de corte	= 0.00
Neumáticos	= 0.00
Operador de equipo pesado	= S/. 18.63 /hora
Costo total de operación	= S/. 127.02 /hora

Finalmente, el Costo Horario Total:

$$\text{CHT} = \text{CP} + \text{CO}$$

$$\text{CHT} = 126.61 \frac{\text{S/.}}{\text{hora}} + 127.02 \frac{\text{S/.}}{\text{hora}}$$

$$\text{CHT} = 253.63 \frac{\text{S/.}}{\text{hora}}$$



Donde:

CHT : Costo horario total.
CO : Costo de operación.
CP : Costo de posesión.