

COSTO DE POSESIÓN Y  
OPERACIÓN DE  
EQUIPOS





Camión volquete

Camión batea



Camión fuera de ruta



Camión Articulado





Excavadora a ruedas



Excavadora a oruga



Cargador a cadenas



Cargador a ruedas



Tractor topador de ruedas



Motoniveladora



Tractor de cadena



**Retroexcavadora cargadora**

# Definir el equipo apropiado





Considerar el mantenimiento y  
reparación

Considerar el mantenimiento y  
reparación



# Definir las dimensiones adecuadas de los equipos



# Definir las cantidades necesarias de equipos



21. 09. 2011

# Definir las cantidades necesarias de equipos



21. 09. 2011



Que trabajo es más eficiente?



# Costo óptimo de la maquinaria

Costo mínimo posible por hora  
Productividad máxima posible por hora

Costos de Operación:

Costos de posesión

Costos de operación

Costos de posesión

Amortización

Interés

Seguros

Impuestos

## Costos de Operación

Combustibles

Lubricantes

Neumáticos y tren de rodaje

Reserva para reparaciones

Elementos de desgaste especial

Mano de obra



# Costo de posesión

## ◎ Depreciación y Amortización:

“Un bien físico es perecedero. Desde el momento de la puesta en servicio hasta el de su retiro, transcurre un periodo, llamado **Vida Útil**, durante el cual **pierde**, paulatina y bruscamente, su **aptitud para servir al fin para el que fue habilitado**”

**Depreciación:** es la pérdida de valor del bien.

**Amortización:** artificio por el cual la depreciación se traslada al costo

# Costo de posesión

## ◎ Amortización

### > Orden Físico:

- Deterioro (no depende del uso)
- Desgaste (depende del uso)

### > Orden Funcional

- Obsolescencia (maquinas nuevas)
- Inadecuación (incapacidad)
- Anulación (uso de otro equipo totalmente distinto)

# 1- Costo de posesión:

## Periodo de posesión

<b>GUIA PARA ELEGIR EL PERIODO DE POSESION BASADO EN LA APLICACION Y CONDICIONES DE OPERACION</b>			
	<b>ZONA A Moderada</b>	<b>ZONA B Media</b>	<b>ZONA C Severa</b>
<b>TRACTORES DE CADENAS</b>	Remolque de traillas y en faenas agrícolas con implementos en la barra de tiro, amontonamiento, apilamiento de carbón. Sin impactos. Operación intermitente a plena aceleración.	Trabajo con la hoja en arcilla, arena y grava. Empuje y carga de traillas, desgarramiento en zanjas y la mayoría de aplicaciones de desmonte y arrastre de troncos. Condiciones de impacto medio. Trabajo en rellenos.	Desgarramiento pesado en suelos rocosos. Desgarramiento en tándem. Empuje y carga de traillas y trabajo pesado de la hoja con rocas duras. Trabajo en lugares rocosos. Cargas de impacto pesado y continuas.
D3C-D5C	10.000 Horas	8.000 Horas	NA
D5M-D6M	15.000 Horas	12.000 Horas	NA
D6R-D7R	20.000 Horas	15.000 Horas	10.000 Horas
D8R	25.000 Horas	20.000 Horas	15.000 Horas
D9R	35.000 Horas	25.000 Horas	20.000 Horas
D10R/D11R	50.000 Horas	40.000 Horas	30.000 Horas

# Costo de posesión:

◎ Topadora D6T:	US\$ 330.000
◎ Excavadora 320DL:	US\$ 205.000
◎ Cargadora 938H:	US\$ 195.000
◎ Motoniveladora 140K:	US\$ 225.000
◎ Rodillo Vibratorio CS533:	US\$ 110.000

# Costo de posesión

## 2. Valor residual al reemplazo.

Suponiendo que la duración total de una máquina sea de 18 años, asigne al primer año el valor de 18, 17 al segundo, 16 al tercero, etc. La suma de todas esas cifras es de 171 y si la dividimos por el valor de compra de una máquina nueva, se obtendrá cierta cantidad que utilizaremos como unidad monetaria. El primer año se restan 18 unidades del valor de la máquina, el segundo se restan 17, etc.

La pérdida del valor en el mercado, en los primeros cuatro años de la vida de la máquina, es como indicamos a continuación.

Fin del año	Número restante más alto	Pérdida de valor en el año	Pérdida de valor acumulada	Valor restante
1	18	18/171 ó 10,5%	10,5%	89,5%
2	17	17/171 ó 9,9%	(10,5 + 9,9) 20,4%	79,6%
3	16	16/171 ó 9,3%	(20,4 + 9,3) 29,7%	70,3%
4	15	15/171 ó 8,7%	(29,7 + 8,7) 38,4%	61,6%

# Costo de posesión

3. Valor a recobrar mediante trabajo.

$$3 = 1 - 2$$

= Costo de posesión - Valor residual al reemplazo

## COSTOS POR HORA DE POSESION Y OPERACION

FECHA

	(1)
Máquina .....	<u>Tractor de Cadenas</u>
Periodo estimado de posesión (años) .....	<u>7</u>
Utilización estimada (horas/año) .....	<u>1200</u>
Tiempo de posesión (total de horas) .....	<u>8400</u>

## COSTO DE POSESION

		(1)	
1. a. Precio de entrega (incluyendo accesorios) .....		<u>135.000 (A)</u>	
b. Menos el costo de reemplazo de los neumáticos (si se desea) .....		<u>                    </u>	
c. Precio de entrega menos neumáticos .....		<u>135.000</u>	
2. Menos valor residual al reemplazo .....	(35 %)	<u>47.250 (B)</u>	(
(Ver la subsección 2A en el reverso)			
3. a. Valor a recobrar mediante el trabajo .....		<u>87.750 (C)</u>	
(línea 1c menos línea 2)			
b. Costo por hora:			
Valor	(1)	<u>87.750</u>	(2)
Horas		8400	<u>34.320</u>
			<u>10,45 (D)</u>
		7500	

# Costo de posesión

## 4. Intereses.

$$\mathbf{I} = \frac{\left[ \frac{P(\eta + 1)}{2\eta} \right] \times \% \text{ tasa intereses}}{\text{horas / año}} = \text{\$/h}$$

## 5. Seguro:

$$\mathbf{S} = \frac{\left[ \frac{P(\eta + 1)}{2\eta} \right] \times \% \text{ tasa seguros}}{\text{horas / año}} = \text{\$/h}$$

# Cost

en el siguiente razonamiento:

Sea un bien de \$ 50.000 de costo, amortizable en 5 años, es decir a razón de un 20% anual:

al comienzo del 1er. año el saldo es	\$ 50.000	100%
al comienzo del 2do. año el saldo es	\$ 40.000	80%
al comienzo del 3er. año el saldo es	\$ 30.000	60%
al comienzo del 4to. año el saldo es	\$ 20.000	40%
al comienzo del 5to. año el saldo es	\$ 10.000	20%
sumando	\$ 150.000	300%

Como el número de años es 5, el saldo promedio es:

$$\$ 150.000 : 5 = \$ 30.000$$

o, en porcentaje:

$$300 : 5 = \% \quad 60$$

Puede verse que *todos* los bienes amortizables en 5 años tienen un saldo medio del 60%. Y *todos* los bienes amortizables en  $n$  años tienen un saldo medio igual a

$$\frac{n + 1}{2n}$$

En efecto, llamando  $I$  a la inversión original:

$$4. \text{ Costos de interés } \frac{N + 1}{N = \text{No. de años } 2N} \times \text{Precio de entrega} \times \frac{\% \text{ de tasa de interés simple}}{\text{Horas/Año}} =$$

$$(1) \frac{7 + 1}{14} \times \frac{135.000}{1200 \text{ Horas/Año}} \times \frac{16 \%}{1200 \text{ Horas/Año}}$$

1200 Horas/Año

10,29 (E)

$$5. \text{ Seguro } \frac{N + 1}{N = \text{No. de años } 2N} \times \text{Precio de entrega} \times \frac{\% \text{ de prima de seguro}}{\text{Horas/Año}} =$$

$$(1) \frac{7 + 1}{14} \times \frac{135.000}{1200 \text{ Horas/Año}} \times \frac{1 \%}{1200 \text{ Horas/Año}}$$

1200 Horas/Año

0,64 (F)

# Costo de posesión

## 6. Impuesto a la propiedad:

$$M = \frac{\left[ \frac{P(\eta + 1)}{2\eta} \right] \times \% \text{ tasa impuestos}}{\text{horas / año}} = \$/h$$

## 7. TOTAL COSTO DE POSESIÓN

$$\underline{\text{Suma } 3 + 4 + 5 + 6 = \$ 22.02}$$

# Costo de operación

8. Consumo de combustible.

F ( factor de carga ) : bajo – medio - alto.

9. Consumo de lubricantes:

<u>Costo de Operación</u>						
Dólar				\$	46.00	
Denominación	Cantidad	Unidad		Precio unitario	Total/hora	
Combustible	20	l/h	\$	0.28	\$	5.65
Lubricantes	0.266	l/h	\$	3.04	\$	0.81
Filtros					\$	0.97

## TABLAS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y GUIAS DEL FACTOR DE CARGA

### TRACTORES DE CADENAS

Modelo	Bajo		Medio		Alto	
	litros	gal. EE.UU.	litros	gal. EE.UU.	litros	gal. EE.UU.
D3C y LGP Serie III	4-7½	1-2	7½-11	2-3	9½-13	2½-3½
D4C y LGP Serie III	5½-9½	1½-2½	9½-13	2½-3½	11-15	3-4
D5C y LGP Serie III	5½-9½	1½-2½	9½-13	2½-3½	13-17	3½-4½
D4E	5½-9½	1½-2½	9½-13	2½-3½	11-15	3-4
D5M XL y LGP	6-10½	1½-3	10½-14½	3-4	12½-17	3½-4½
D5B	9½-13	2½-3½	11-17	3-4½	15-21	4-5½
D6M XL y LGP	11-15	3-4	12½-19½	3½-5	17-24	4½-6½
D6G	11-20½	3½-5	15½-21	4-6	23-28½	6-7½
D6R XL, XR y LGP	13-22½	3½-6	17½-25	4½-6½	25-30½	6½-8½
D7G Serie II*	19-25	5-6½	26-34	7-9	32-40	8½-10½
D7R XR y LGP	19-23	5-6	25-28	6½-7½	32-36	8½-10
D8R y LGP	23-28	6-7½	28-38	7½-10	38-51	10-13½
D9R	36-47	9½-12½	47-58	12½-15½	60-76	16-20
D10R	44-59	11½-15½	59-76	15½-20	76-93	20-24½
D11R	62-87	16½-23	87-112	23-29½	112-134	29½-35½

\*La información sobre consumo de combustible del D7G se basa en un motor con cámara de precombustión. El consumo de combustible de un D7G con un motor de inyección directa debiera ser un 10% menos.

### GUIA DEL FACTOR DE CARGA

- Alto:** Desgarramiento continuo, empuje y carga entre operaciones y empuje cuesta abajo. Trabajo agrícola con la barra de tiro a plena aceleración, sobrecarga máxima del motor casi todo el tiempo; muy poco, o nada, trabajo en baja en vacío o en retroceso.
- Medio:** Producción con la hoja, tiro de traillas, pero más empuje y carga. Trabajo agrícola con la barra de tiro a plena aceleración, pero no siempre sobrecargando el motor. Un poco de baja en vacío y algo de desplazamiento sin carga.
- Bajo:** Largos periodos de baja en vacío o de desplazamiento sin carga.

### CONSUMO HORARIO APROXIMADO DE LUBRICANTES

(Cuando se trabaja con mucho polvo, barro profundo o agua, aumente las cantidades en un 25%.)

Modelo	Cárter		Transmisión		Mandos Finales		Control Hidráulico		Cambios de lubricantes*	Conexiones de engrase**
	litros	gal. EE.UU.	litros	gal. EE.UU.	litros	gal. EE.UU.	litros	gal. EE.UU.		
<b>Tractores de cadenas</b>										
D3C/D4C Serie III	0,045	0,012	0,011	0,003	0,009	0,002	0,015	0,004	16	320
D5C Serie III	0,045	0,012	0,011	0,003	0,012	0,003	0,015	0,004	16	320
D4E	0,076	0,020	0,039	0,010	0,018	0,005	0,011	0,003	11	864
D5M	0,076	0,020	0,120	0,032	0,006	0,002	0,018	0,005	12	336
D5B	0,108	0,029	0,076	0,020	0,022	0,006	0,024	0,006	9	916
D6M	0,104	0,027	0,120	0,032	0,007	0,002	0,015	0,004	11	152
D6G	0,108	0,029	0,095	0,025	0,038	0,010	0,025	0,006	12	132
D6R	0,110	0,029	0,148	0,039	0,014	0,004	0,040	0,011	13	32
D7G	0,110	0,029	0,070	0,019	0,034	0,009	0,046	0,012	14	560
D7R	0,110	0,029	0,178	0,047	0,013	0,003	0,030	0,007	10	20
D8R	0,130	0,034	0,144	0,038	0,014	0,004	0,036	0,010	13,7	580
D9R	0,182	0,048	0,164	0,043	0,015	0,004	0,039	0,010	13,3	580
D10R	0,272	0,072	0,189	0,050	0,023	0,006	0,054	0,014	13,3	628
D11R	0,424	0,112	0,344	0,091	0,030	0,008	0,106	0,028	13,3	816

# Costo de operación

## 11. Neumáticos y Tren de rodaje.

### 1. Neumáticos:

- S/ tipo de aplicación
- \$

### 2. Tren de rodaje:

**Impacto:** doblamiento, descascarillado, rajaduras, aplastamiento de las pestañas de los rodillos, etc. y problemas de la tornillería y de retención de los pasadores y bujes.

**Abrasión:** tendencia de las materias del suelo a desgastar las superficies de fricción en los componentes de las cadenas

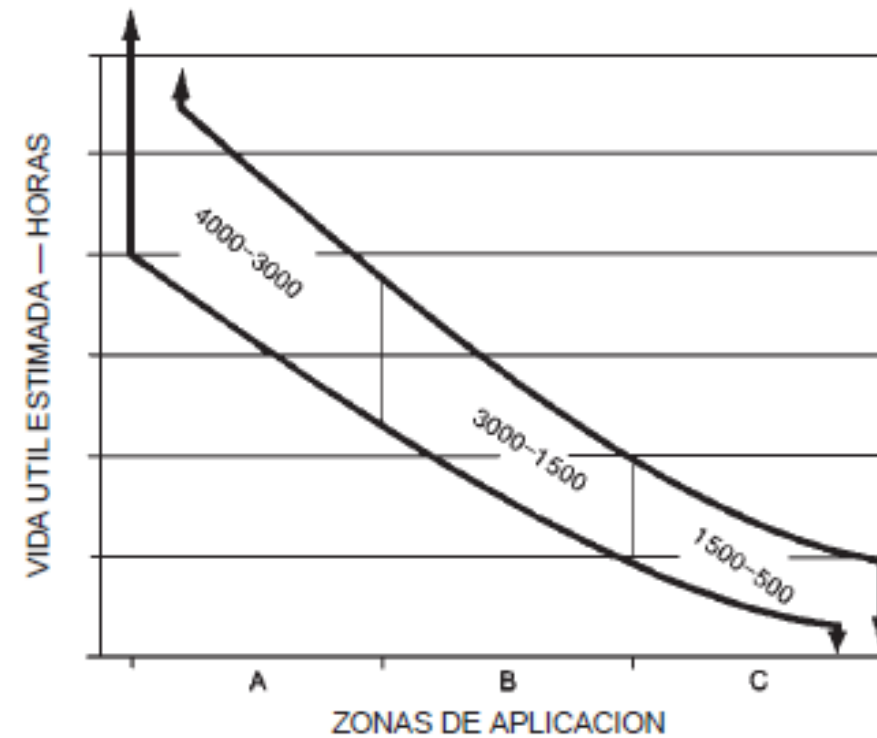
**Factor Z:** Representa los efectos combinados de muchas condiciones relativas al ambiente, así como a las operaciones y al mantenimiento con respecto a la duración de los componentes en un trabajo determinado

# Neumáticos

## VIDA UTIL CALCULADA DE LOS NEUMATICOS DE LAS UNIDADES DE ACARREO (Camiones y Traíllas)

No.	Condición	Factor
I	Mantenimiento	
	Excelente	1,090
	Promedio	0,981
	Malo	0,763
II	Velocidades Máximas	
	10 mph -- 16 km/h	1,090
	20 mph -- 32 km/h	0,872
	30 mph -- 48 km/h	0,763
III	Condiciones del Terreno	
	Tierra blanda -- Sin roca	1,090
	Tierra blanda -- Algunas rocas	0,981
	Bien mantenido -- Ruta de grava	0,981
	Mal mantenido -- Ruta de grava	0,763
	Voladura -- Rocas agudas	0,654
IV	Posición de las Ruedas	
	Remolque	1,090
	Delantera	0,981
	Impulsora (Descarga trasera)	0,872
	(Descarga por el fondo)	0,763
	(Mototrailla)	0,654

## MOTONIVELADORAS



Condición: I II III IV V VI VII VIII  
 Factor:  $0,981 \times 0,872 \times 0,981 \times 0,872 \times 0,872 \times 0,981 \times 0,981 \times 0,981$   
 $\times 3510$  horas base = 2114 horas (digamos 2100 horas)

# Tren de Rodaje

- ◎ Condiciones que influyen en la duración potencial del tren de rodaje.
  - > **Impacto**:  $f(\text{cargas de choque})$ 
    - Altas-Moderas-Bajas
  - > **Abrasión**:  $f(\text{materiales de suelo desgastantes y ambientales})$ 
    - Intensa-Moderada-Baja
  - > **Factor Z**:  $f(\text{efecto combinado de los anteriores})$ 
    - Para una mejor estimación consideramos:
      - Mantenimiento 50%
      - Condiciones naturales y terreno 30%
      - Normas de operación 20%

# Tren de Rodaje



Factores básicos del tren de rodaje			
Modelo	Factor básico		
5230	19,0		
D11R	17,0		
5130B	15,0		
D10R	12,5		
D9R	10,0		
D8R	8,5		
973, 589, D7R LGP	9,0		
D7R, 963C, 583R, D6R LGP, D7R XR	8,0		
375, 5080	6,4		
D6R, 953C, 572R, D6M LGP, D6R XL, D6R XR	6,2		
365B	6,1		
345B Serie II	5,3		
D5M LGP, D6 SR, D6M XL, 517, 527	5,0		
330B	4,4		
D3C (All), D4C (All), D5C (All), 933 (All), 939, 561M	3,7		
325B	3,4		
315B, 317B, 318B L, 322B	3,0		
D4 SR, 320C	2,5		
307B, 311B, 312B	2,2		
Multiplicadores de condiciones			
	Impacto	Abrasión	"Z"
Alto	0,3	0,4	1,0
Moderado	0,2	0,2	0,5
Bajo	0,1	0,1	0,2

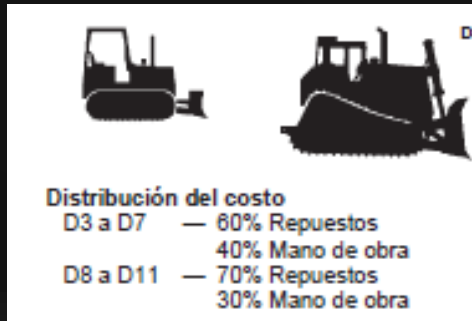
*Ejemplo:* Un D10R trabaja con material de alta carga de impacto y sin abrasión con un factor "Z" moderado.

Factor básico del D10R = 12,5  
 Multiplicadores: I = 0,3  
                           A = 0,1  
                           Z = 0,5

Costo horario del tren de rodaje =  $12,5 (0,3 + 0,1 + 0,5) =$   
**\$11,25/hora.**

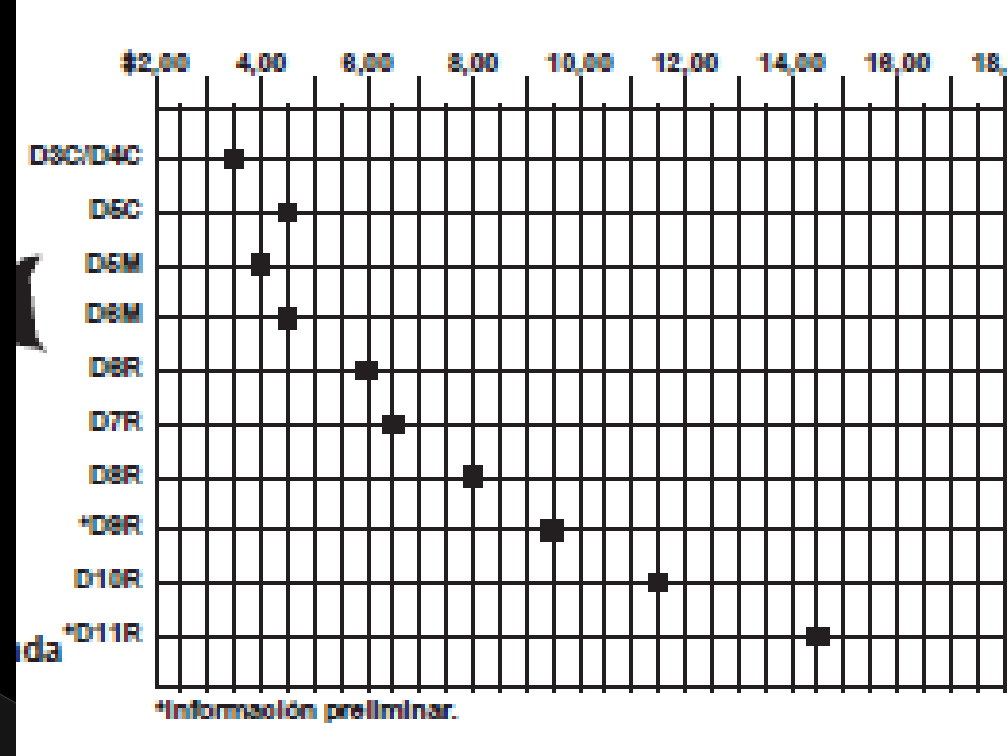
# Costo de operación

## 10. Reserva para reparaciones:



## 12. Elementos de desgaste especial:

(este costo debe ser consultado con el proveedor del equipo) incluye:  
cuchillas, herramientas de corte,  
dientes de cucharón, reparaciones de  
brazo de excavadora, etc.)



# Costo de operación

13. Mano de obra:

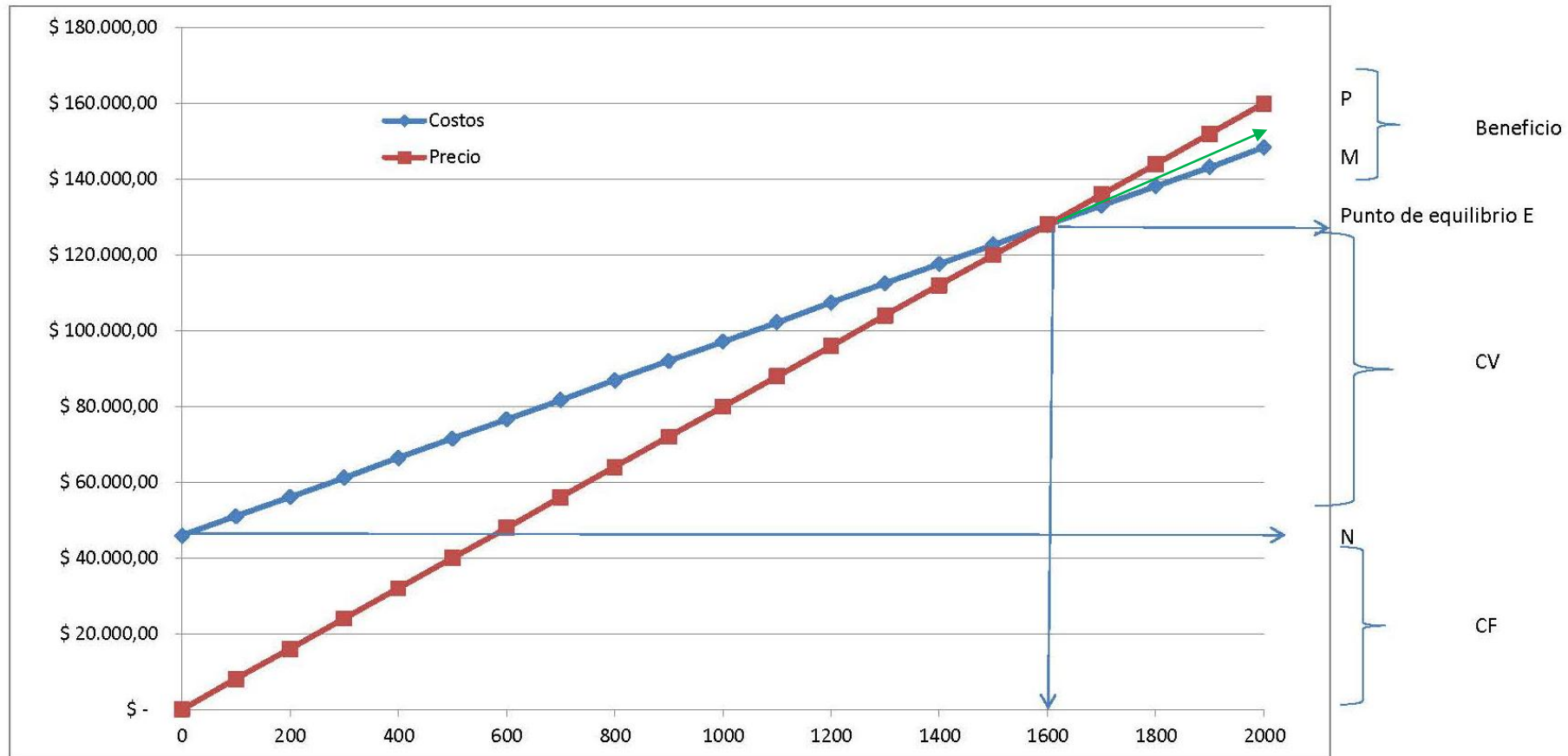
14. TOTAL COSTO DE OPERACIÓN

Suma 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13

<u>Costo de Operación</u>				
Dólar			\$	46.00
Denominación	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total/hora
Combustible	20	l/h	\$ 0.28	\$ 5.65
Lubricantes	0.266	l/h	\$ 3.04	\$ 0.81
Filtros				\$ 0.97
Neumáticos				
Tren de rodaje				\$ 11.25
Reserva para reparaciones				\$ 6.00
Elementos de desgaste especial				\$ 1.30
Mano de obra (incluido cargas sociales)				
Oficial		1 h	\$ 4.80	\$ 4.80
Ayudante		1 h	\$ 1.73	\$ 1.73
<u>Costo de Operación</u>			USD/h	\$ 32.50

# Análisis de Punto de Equilibrio

**Gráfico Punto de Equilibrio**



Punto M = CF + CV

Punto N = CF

E = punto de equilibrio

# Producción de equipos de movimiento de suelos

# TIPOS DE TRABAJO

## Tipo de obra

Subterránea

A cielo abierto

## Tipo de material

Roca

Suelo

Mezcla

PROGRAMACIÓN

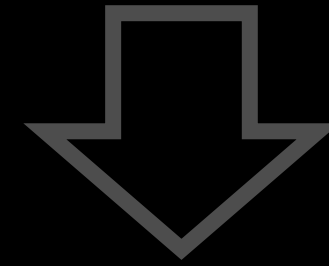
- Características de la obra
- Características de la licitación

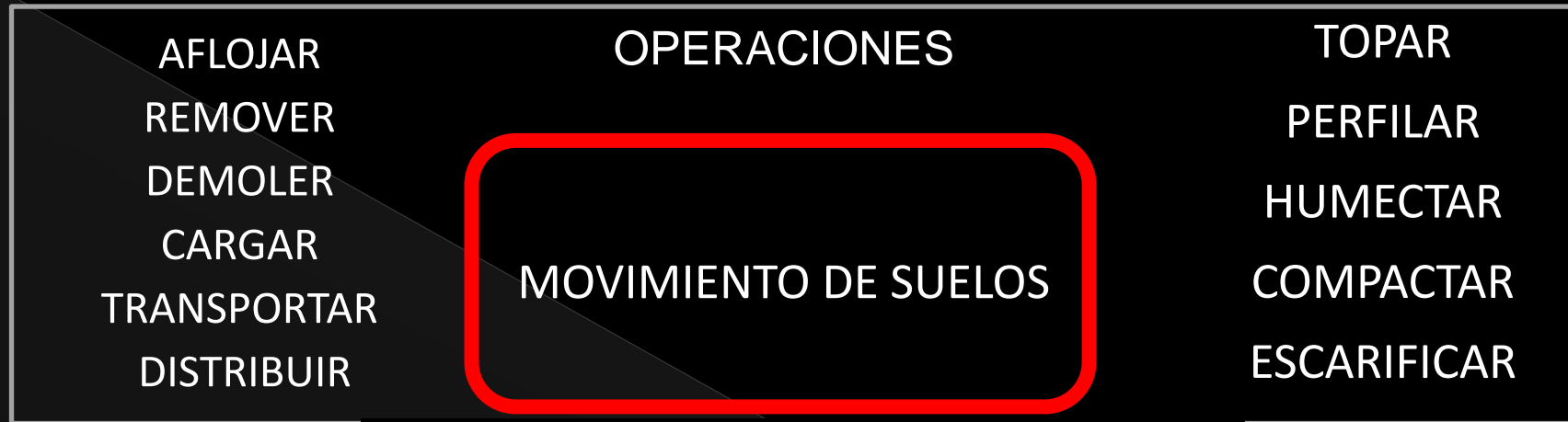
TIEMPO DE USO

- Rendimiento de máquinas
- Estado del equipos
- Condiciones de uso

DECISIÓN

- Compra
- Alquiler





MÁQUINAS

CONDICIONES  
EXTREMAS



Rendimiento



# CLASIFICACIÓN SEGÚN FABRICACIÓN



## EQUIPOS Y MAQUINARIAS ESTANDAR

Fabricación en serie en el mercado

## EQUIPOS Y MAQUINARIAS ESPECIALES

Fabricación especial por necesidad

# CLASIFICACIÓN SEGÚN FUNCIÓN

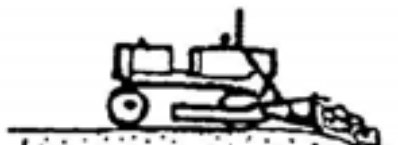




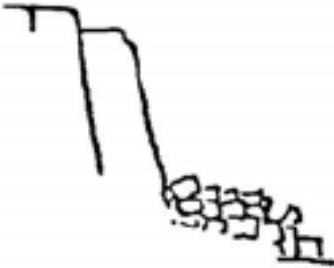






Función	Equipo
Corte de terreno	topadoras, mototraillas, excavadora.
Acarreo y transporte	camiones ruteros, camiones fuera de ruta, mototraillas
Excavación	excavadoras frontales, retroexcavadoras
Carga	palas, retroexcavadora, excavadoras frontales
Terminación superficial	topadoras, motoniveladora, retroexcavadora, compactadoras
Auxiliares	fresadoras, camión hidrante

# Producción de Equipos Pesados

- ◎ Volumen de medición:
  - > Volumen de banco.
  - > Volumen suelto o de transporte.
  - > Volumen compactado.

# VOLUMENES APARENTES

	EXCAVACION	CARGA	TRANSPORTE		COMPACTACION
EXCAVACION EN TIERRAS	 <p>1,0</p>	<p>CARGADA</p> 		<p>VERTIDA</p> 	<p>PISADA</p>  <p>COMPACTADA</p>
	VOLUMEN APARENTE		1,20 a 1,30	<p>1,10 1,20</p> <p>RELLENOS</p>	<p>1,0 1,10</p> <p>0,95 1,0</p>
EXCAVACION ROCA EN CANTERAS	<p>EN BANCO</p> <p>1,0</p> 	<p>VOLADA</p> <p>2,0</p> 		<p>MACHAQUEO PRIMARIO</p> 	<p>TRITURACION</p> 
			1,25 a 1,50	1,30 a 1,40	1,20 a 1,30

# Estimación del ciclo de producción

Tiempos totales del ciclo (menos demoras)	Llegada al corte	Tiempo de espera	Comienzo a cargar	Tiempo de carga	Termina de cargar	Comienzo demora	Tiempo de demora	Termina demora
	0,00	0,30	0,30	0,60	0,90			
3,50	3,50	0,30	3,80	0,65	4,45			
4,00	7,50	0,35	7,85	0,70	8,55	9,95	1,00	10,95
4,00	12,50	0,42	12,92	0,68	13,60			

**Nota:** Todos los números en minutos.

# ¿Cómo se estima el tipo y cantidad de equipos?

Proceso sistemático de selección de flota para movimiento de suelos

## ① DEFINIR EL TRABAJO

### ¿QUÉ HAY QUE MOVER?

Tipo de material (suelo, roca, mixto)  
Fuente: sondeos, perfiles geológicos, ensayos

### ¿CUÁNTO HAY QUE MOVER?

Volumen compactado → convertir a banco  
Fórmula:  $V_B = V_C \times (\rho_{comp} / \rho_{banco})$

### ¿EN QUÉ PLAZO?

Plazo contractual → horas disponibles  
 $P_{req} = V_{banco} \div H_{totales} [m^3B/h]$

### IDENTIFICAR ACTIVIDADES

- ① Excavación en banco
- ② Transporte
- ③ Extensión capas · Perfilado · Compactación

## ② ANALIZAR CONDICIONES

### CARACTERIZAR EL MATERIAL

Densidad banco · suelto · compactada  
Esponjamiento (FE) · Factor de carga (Ks)  
Ref: Manual CAT Sección 24

### CONDICIONES DE OBRA

Distancia de acarreo · Pendientes  
Altitud ( $\geq 2.000$  msnm → corregir potencia)  
Ref: Sección 28 — Tablas generales

### ◆ ¿CONDICIONES ESPECIALES?

Roca dura → Voladura previa  
Barro/pantano → Equipo especial  
Nieve/llovía → Reducir eficiencia

### CONSULTAR MANUAL CAT Ed.31

→ Sección según equipo candidato  
→ Tablas de producción y ciclos  
→ Factores de corrección aplicables

## ③ CALCULAR Y DECIDIR

### CALCULAR PRODUCCIÓN UNITARIA

$Q = q \times K_s \times E \times 60 / C_m$   
Aplicar factores: material, operador, eficiencia, pendiente, altitud

### DIMENSIONAR LA FLOTA

$N = P_{req} \div Q_{unitario} \rightarrow$  redondear ↑  
Verificar balance cargador-camiones  
 $N_{cam} = T_{ciclo\_cam} \div T_{ciclo\_carg}$

### ◆ ¿CUMPLE EL PLAZO Y EL COSTO?

NO → Ajustar N° equipos o cambiar modelo  
SÍ → Calcular costo total

### COSTO TOTAL DEL TRABAJO

$C = \sum (N_i \times H_i \times \$/hora_i)$   
→ Costo unitario =  $C \div V_{compactado}$   
→ Comparar alternativas → elegir óptima

FASE 1  
Excavación

FASE 2  
Transporte

FASE 3a  
Extensión

FASE 3b  
Perfilado

FASE 3c  
Compactación

# Topadora a cadenas



# Producción de Equipos Pesados

## ◎ Tractores:

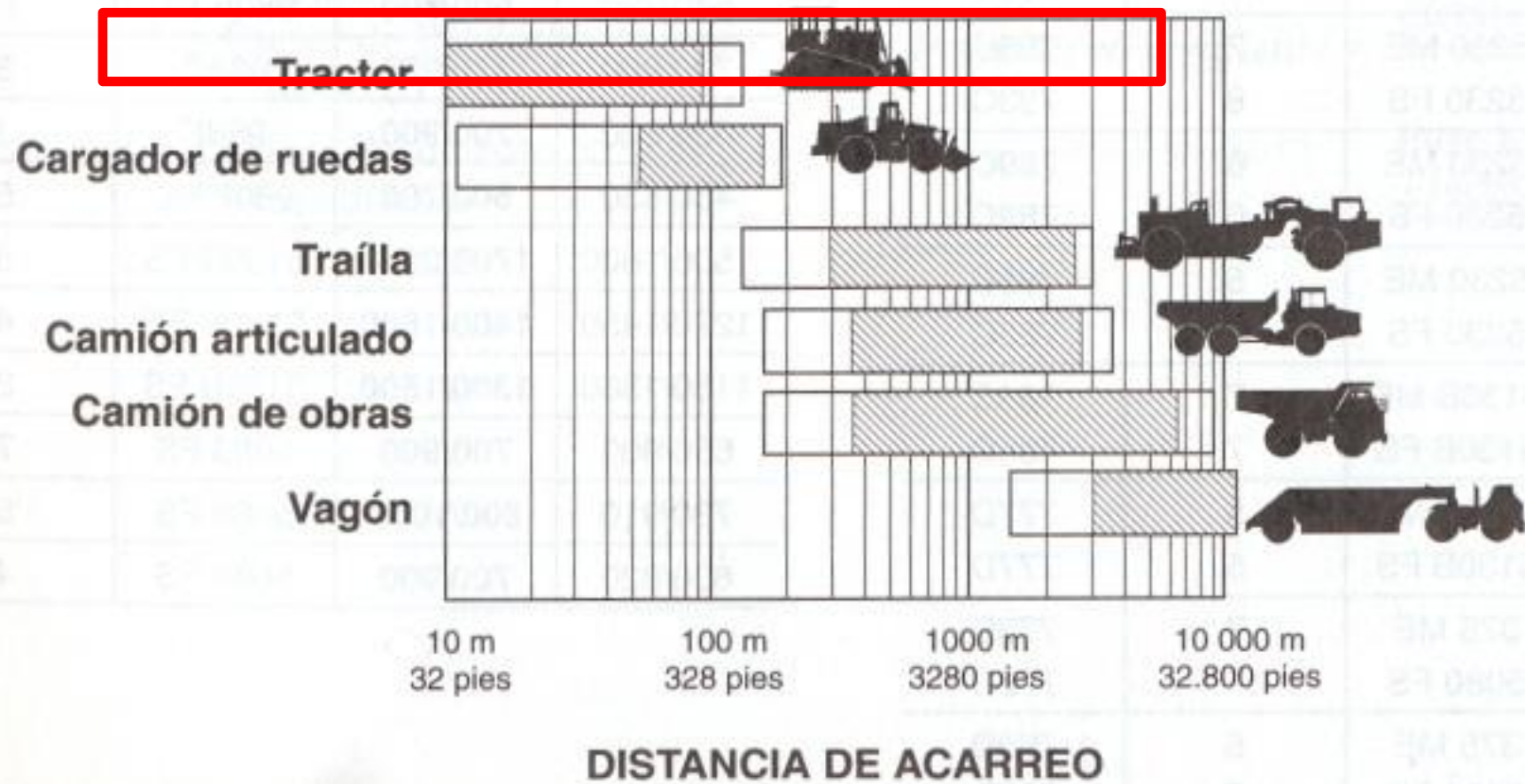
- > Producción = Producción x FC
- > Factor de Corrección:
  - Densidad del material.
  - Operador.
  - Eficiencia.
  - Pendiente.
  - Altura.

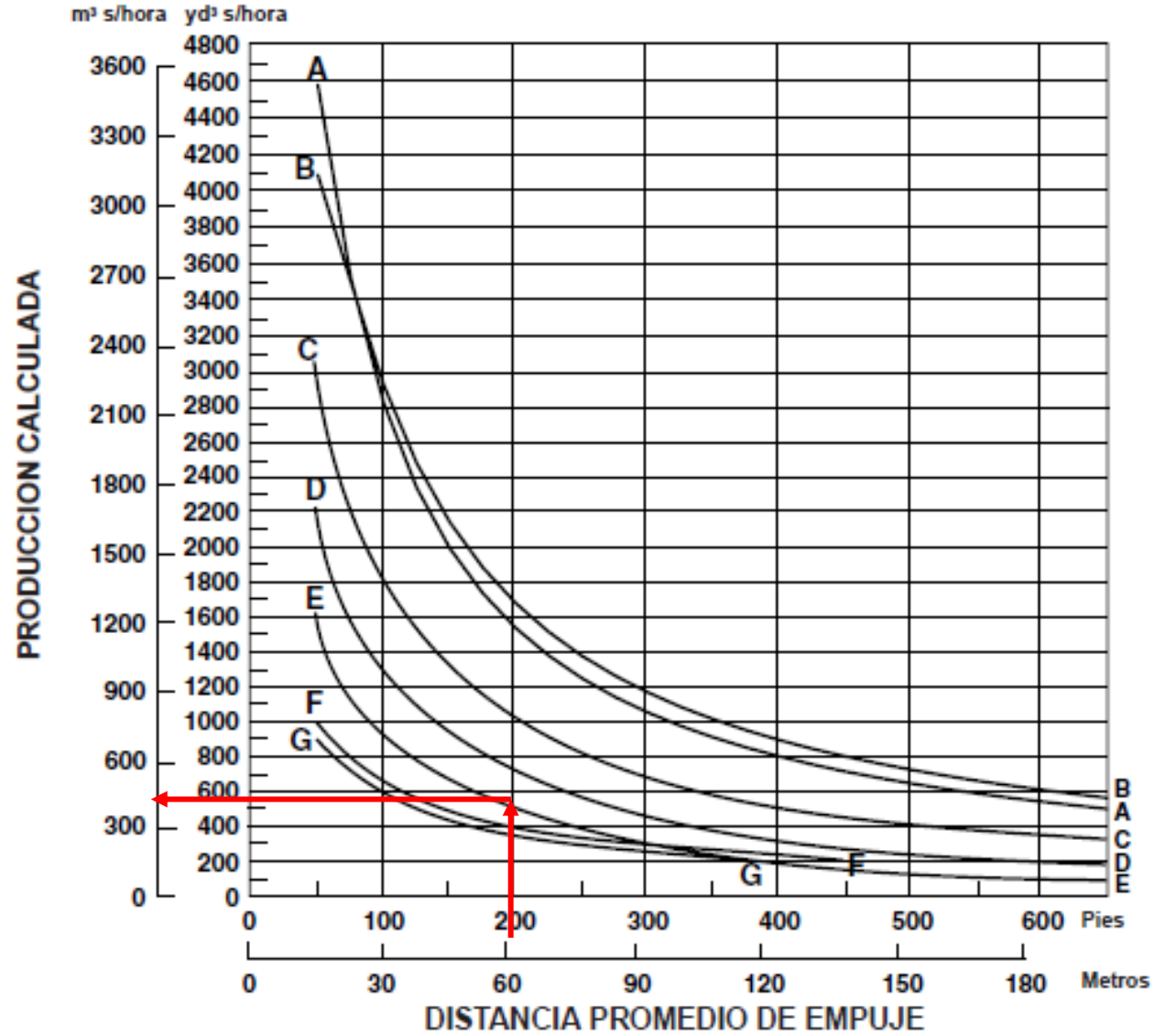
## REDUCCION DE POTENCIA DEBIDA A LA ALTITUD

### PORCENTAJE DE LA POTENCIA EN EL VOLANTE\* DISPONIBLE A DIVERSAS ALTITUDES

MODELO	0-760 m (0-2500')	760-1500 m (2500-5000')	1500-2300 m (5000-7500')	2300-3000 m (7500-10.000')	3000-3800 m (10.000-12.500')	3800-4600 m (12.500-15.000')
D3C Serie III	100	100	100	100	96	88
D3C XL Serie III	100	100	100	100	96	88
D3C LGP Serie III	100	100	100	100	96	88
D4C Serie III	100	100	97	88	81	74
D4C XL Serie III	100	100	97	88	81	74
D4C LGP Serie III	100	100	97	88	81	74
D5C Serie III	100	100	100	100	**	**
D5C XL Serie III	100	100	100	100	**	**
D5C LGP Serie III	100	100	100	100	**	**
D5M XL y LGP	100	100	100	100	100	100
D5E	100	100	94	87	80	73
D6M XL y LGP	100	100	100	99	91	84
D6D	100*	100*	100*	100*	94*	87*
D6G	100	100	100	100	94	87
D6R	100*	100*	100*	100	94	87
D6R (DIFF STR)	100	100	100	100	100	95
D6R XL	100	100	100	100	94	87
D6R XR	100	100	100	100	94	87
D6R LGP	100	100	100	100	94	87
D6R LGP (DIFF STR)	100	100	100	100	95	87
D7G	100*	100*	100*	94	86	80
D7R	100*	100*	100*	93*	86*	79*
D7R (DIFF STR)	100	100	95	88	81	75
D7R XR	100	100	100	93	86	79
D7R LGP	100	100	100	93	86	79
D7R LGP (DIFF STR)	100	100	95	88	81	75
D8R	100	100	100	100	94	87
D8R LGP	100	100	100	100	94	87
D9R	100	100	100	95	87	79
D10R	100	100	100	100	98	90

## DISTANCIAS GENERALES DE ACARREO DE SISTEMAS MOVILES





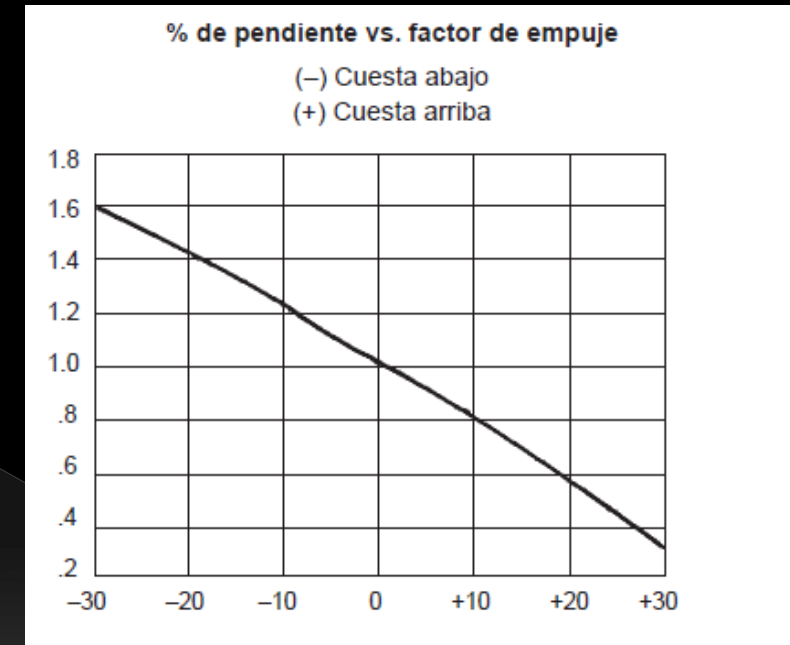
**CLAVE**

- A — D11R-11U
- B — D11R CD
- C — D10R-10U
- D — D9R-9U
- E — D8R-8U
- F — D7R-7U
- G — D7G-7U

NOTA: Esta gráfica se basa en gran número de pruebas y estudios en condiciones y trabajos diversos. (Consulte los factores de corrección que hay después de estas gráficas.)

**FACTORES DE CORRECCION SEGUN LAS  
CONDICIONES DEL TRABAJO**

	TRACTOR DE CADENAS	TRACTOR DE RUEDAS
<b>OPERADOR: —</b>		
Excelente	1,00	1,00
Bueno	0,75	0,60
Deficiente	0,60	0,50
<b>MATERIAL —</b>		
Suelto y amontonado	1,20	1,20
Difícil de cortar; congelado; —		
con cilindro de inclin. lateral	0,80	0,75
sin cilindro de inclin. lateral	0,70	—
hoja con control de cable	0,60	—
Difícil de empujar; se apelmaza (seco, no cohesivo) o material muy pegajoso.	0,80	0,80
Rocas desgarradas o de voladura	0,60-0,80	—
<b>EMPUJE POR METODO DE ZANJA</b>	1,20	1,20
<b>CON DOS TRACTORES JUNTOS</b>	1,15-1,25	1,15-1,25
<b>VISIBILIDAD:</b>		
Polvo, lluvia, nieve, niebla, oscuridad	0,80	0,70
<b>EFICIENCIA DEL TRABAJO: —</b>		
50 min/hr	0,83	0,83
40 min/hr	0,67	0,67
<b>HOJAS*:</b>		
Ajuste según la capacidad SAE de la hoja básica que se usa en las gráficas de los cálculos de producción.		
<b>PENDIENTES:</b> Vea gráfica sig.		

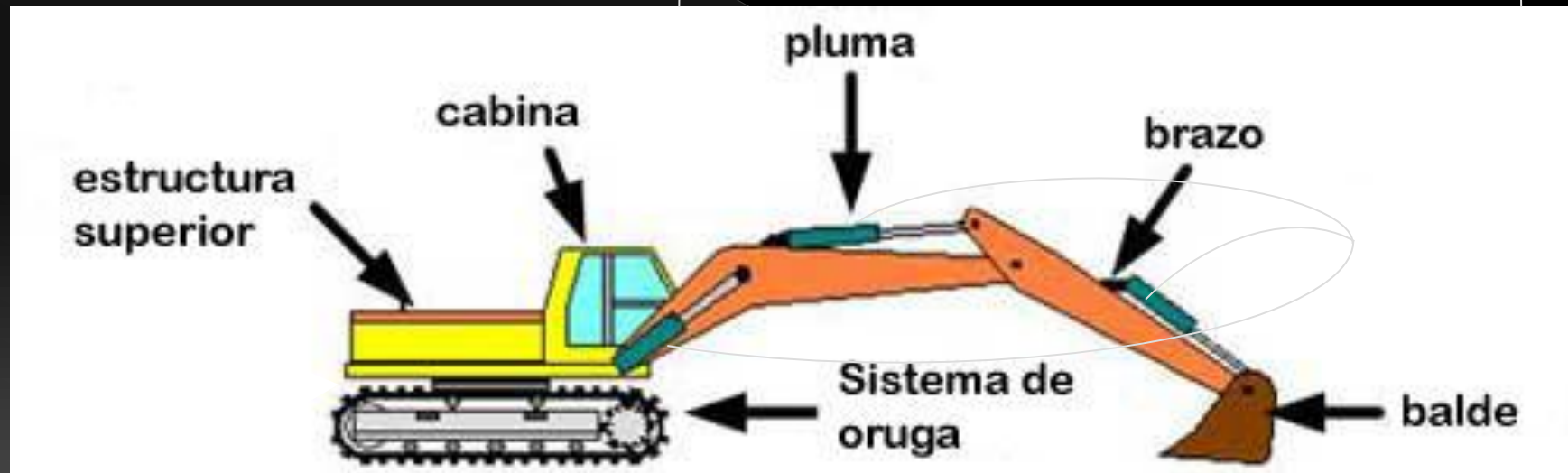


# EXCAVADORA



# EXCAVADORA

3 elementos



# HABILIDADES



# OTROS USOS



# OTROS USOS



# OTROS USOS



# OTROS USOS



# INESTABILIDAD DE LA PLATAFORMA



# TIEMPOS DEL CICLO DE CARGA

El ciclo de excavación de la excavadora consta de cuatro partes:

- 1. Carga del cucharón
- 2. Giro con carga
- 3. Descarga del cucharón
- 4. Giro sin carga

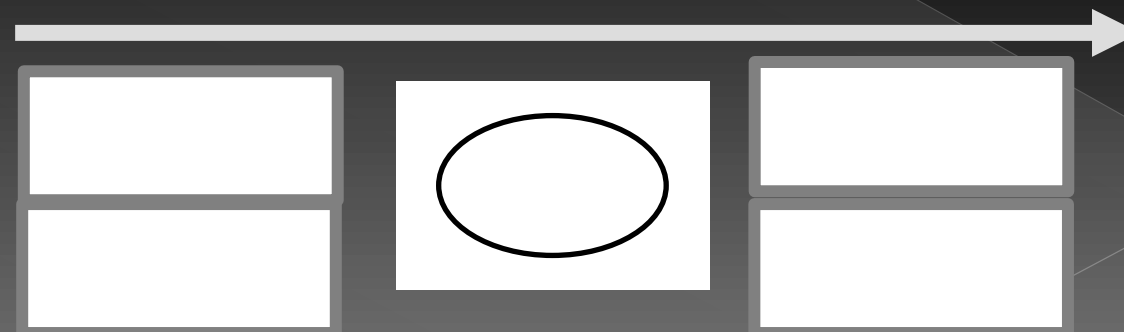
Cond. Climáticas

Estado del equipo

Profundidad de la excavación

Dureza del material

Protección Infraestructura



# TIEMPOS DEL CICLO DE CARGA

La tabla indica los tiempos típicos de ciclo obtenidos con excavadoras Caterpillar

- sin obstáculos en la ruta de circulación
- condiciones de trabajo más que favorables
- un operador con habilidad normal
- ángulo de giro de 60° a 90°

Estos ciclos se reducen al mejorar las condiciones del trabajo o la habilidad del operador y aumentan si las condiciones se tornan desfavorables.

# TIEMPOS DEL CICLO DE CARGA

Tabla para calcular tiempos de ciclo

Modelo		307C	308D CR	308D CR SB	311D LRR	312D, 312D L	315D L	319D L, 319D LN	M313D	M315D, M316D	M318D	M322D
Tamaño del cucharón	L	280	220	220	450	520	520	800	610	750	900	1.050
	yd <sup>3</sup>	0,37	0,30	0,30	0,59	0,68	0,68	1,05	0,80	0,98	1,18	1,37
Tipo de suelo		← Tierra compactada →						← Arena/Grava →				
Profundidad de excavación	m	1,5	1,8	1,8	1,5	1,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	pies	5' 0"	6' 0"	6' 0"	5' 0"	6' 0"	10' 0"	10' 0"	10' 0"	10' 0"	10' 0"	10' 0"
Carga del cucharón	min	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,09	0,05	0,06	0,06	0,08
Giro con carga	min	0,05	0,03	0,03	0,06	0,06	0,08	0,09	0,05	0,05	0,06	0,06
Descarga del cucharón	min	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
Giro sin carga	min	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,06	0,07	0,04	0,04	0,05	0,05
Tiempo total del ciclo	min	0,22	0,21	0,22	0,21	0,21	0,24	0,28	0,17	0,18	0,20	0,23

# ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

**Prod. m<sup>3</sup>/h = Ciclos/h x Carga útil promedio del cucharón en m<sup>3</sup>**

$$= \frac{60 \text{ min/hora}}{\text{Tiempo de ciclo (min)}} \times \text{Carga útil prom. del cucharón (m}^3\text{)}$$

Carga útil prom. del cucharón = Capacidad colmada del cucharón x Factor de llenado del cucharón

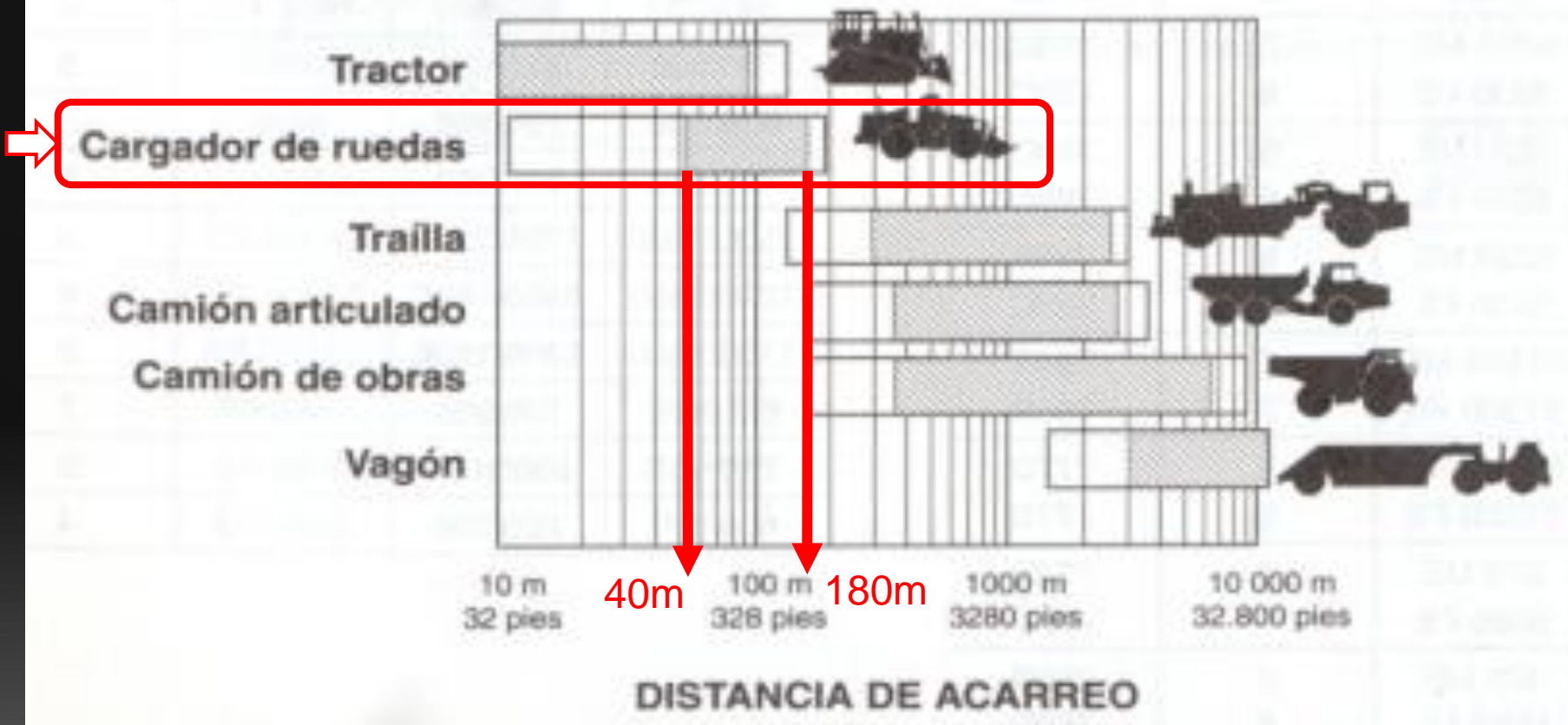
m<sup>3</sup> reales/hora = m<sup>3</sup> /h de 60 min x Factor de eficiencia del trabajo

# Cargador Frontal



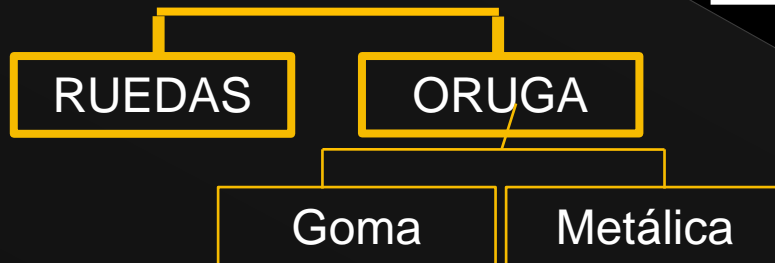
# DISTANCIAS GENERALES DE ACARREO DE SISTEMAS MOVILES

## FRANJA DE DISTANCIA ÓPTIMA POR EQUIPO

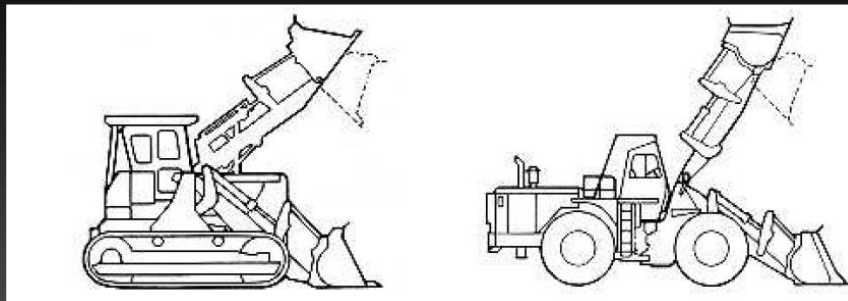


# CLASIFICACIÓN

## SISTEMA DE PROPULSIÓN



- > Adherencia
- > Tracción
- > Capacidad de carga
- Suelos irregulares



- > Velocidad
- > Capacidad de giro
- < ciclo de carga

# TIPOLOGÍA DE CARGADORAS

## CARGADORES DE RUEDAS Y PORTAHERRAMIENTAS INTEGRALES

Capacidad del cucharón (colmado) 0,6 a 30 m<sup>3</sup> 0,78 a 40 yd<sup>3</sup>



904H



906H



907H



908H



914G/IT14G



924Hz†



924H con pasador\*  
924H con gancho\*†



928Hz†



930H con pasador\*  
930H con gancho\*†



938H\*†  
IT38H†



950H\*†



962H\*†  
IT62H†



966H\*†



972H\*†



980H\*†



988H\*



990H\*



992K



993K\*



994F\*

**MODELO****950K****962K****966K**

Potencia al volante: neta	157 kW	<b>210 hp</b>	165 kW	<b>222 hp</b>	199 kW	<b>267 hp</b>
bruta	173 kW	<b>232 hp</b>	181 kW	<b>243 hp</b>	222 kW	<b>296 hp</b>
Modelo del motor	<b>C7.1 ACERT</b>		<b>C7.1 ACERT</b>		<b>C9.3 ACERT</b>	
RPM nominales del motor	<b>1.900</b>		<b>1.900</b>		<b>1.800</b>	
Calibre	105 mm	<b>4,1"</b>	105 mm	<b>4,1"</b>	115 mm	<b>4,5"</b>
Carrera	135 mm	<b>5,3"</b>	135 mm	<b>5,3"</b>	149 mm	<b>5,9"</b>
Número de cilindros	<b>6</b>		<b>6</b>		<b>6</b>	
Cilindrada	7,01 L	<b>427,8 pulg<sup>3</sup></b>	7,01 L	<b>427,8 pulg<sup>3</sup></b>	9,3 L	<b>568 pulg<sup>3</sup></b>
Velocidades de avance	<b>km/h</b>	<b>mph</b>	<b>km/h</b>	<b>mph</b>	<b>km/h</b>	<b>mph</b>
1*	6,9	<b>4,3</b>	6,9	<b>4,3</b>	6,7	<b>4,2</b>
2*	12,9	<b>8,0</b>	12,9	<b>8,0</b>	12,6	<b>7,8</b>
3*	22,7	<b>14,1</b>	22,7	<b>14,1</b>	22,4	<b>13,9</b>
4*	37,9	<b>23,6</b>	37,9	<b>23,6</b>	37,4	<b>23,2</b>
Velocidades de retroceso						
1*	7,5	<b>4,7</b>	7,5	<b>4,7</b>	7,8	<b>4,9</b>
2*	14,1	<b>8,8</b>	14,1	<b>8,8</b>	13,7	<b>8,5</b>
3*	24,8	<b>15,4</b>	24,8	<b>15,4</b>	23,5	<b>14,6</b>
4*	39,8	<b>24,7</b>	39,8	<b>24,7</b>	38,5	<b>23,9</b>
Tiempo del ciclo hidráulico, con carga nominal en cucharón:	<b>Segundos</b>		<b>Segundos</b>		<b>Segundos</b>	
Subida	<b>5,9</b>		<b>5,9</b>		<b>5,9</b>	
Descarga	<b>1,8</b>		<b>1,8</b>		<b>1,5</b>	
Descenso libre (vacío)	<b>2,5</b>		<b>2,5</b>		<b>2,4</b>	
Total	<b>10,0</b>		<b>10,0</b>		<b>9,8</b>	
Ancho de la banda de rodadura	2,14 m	<b>7' 0"</b>	2,14 m	<b>7' 0"</b>	2,23 m	<b>7' 4"</b>
Ancho con neumáticos	2,79 m	<b>9' 2"</b>	2,79 m	<b>9' 2"</b>	3,01 m	<b>9' 11"</b>
Espacio libre sobre el suelo	397 mm	<b>1' 3"</b>	397 mm	<b>1' 3"</b>	475 mm	<b>1' 6"</b>
Capacidad del tanque de combustible	314 L	<b>83 gal EE.UU.</b>	314 L	<b>83 gal EE.UU.</b>	381 L	<b>101 gal EE.UU.</b>
Capac. del tanque hidráulico	137 L	<b>36 gal EE.UU.</b>	137 L	<b>36 gal EE.UU.</b>	137 L	<b>36 gal EE.UU.</b>
Capacidad del sistema hidráulico (incluyendo el tanque)	189 L	<b>50 gal EE.UU.</b>	189 L	<b>50 gal EE.UU.</b>	200 L	<b>52 gal EE.UU.</b>

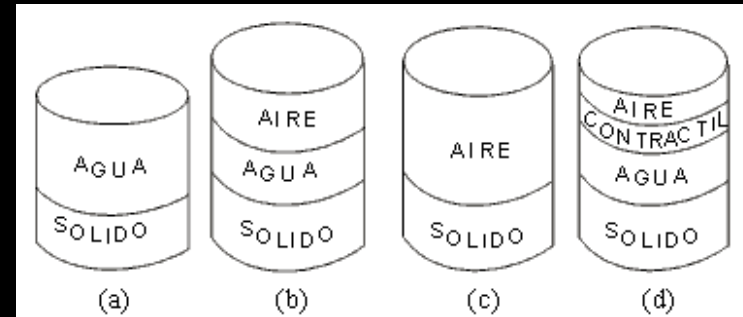
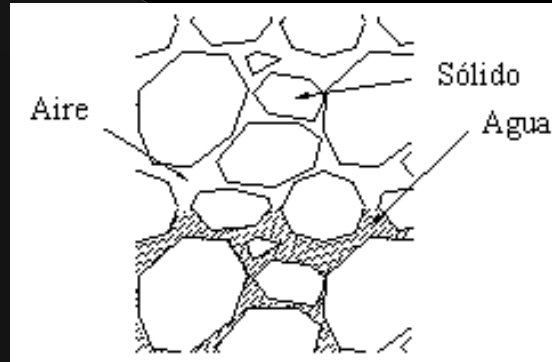
# Rodillo Vibratorio



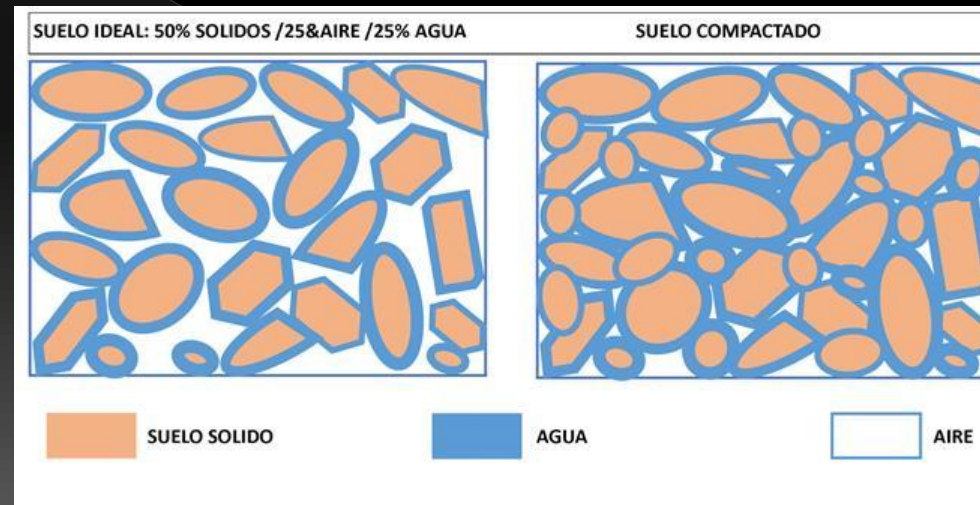
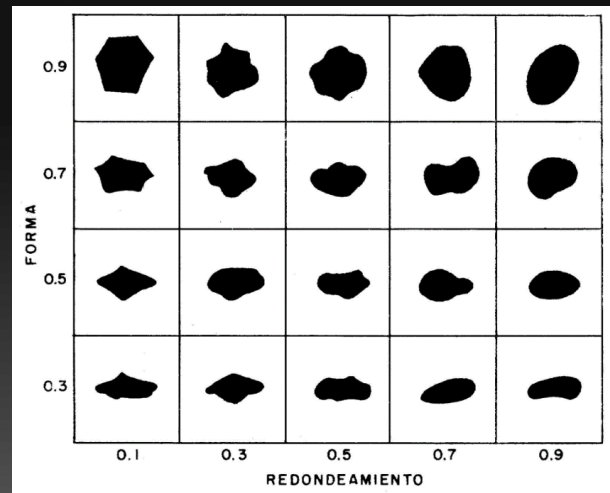
# DEFINICIÓN RODILLO DE COMPACTACIÓN

- ⦿ MÁQUINA AUTOPROPULSADA O REMOLCADA QUE POR INTERMEDIO DE LA APLICACIÓN DE ENERGÍA AL TERRENO PUEDE REDUCIR LOS ESPACIOS INTERGRANULARES DE UNA MEZCLA GRANULAR Y POR LO TANTO PROVOCAR SU DENSIFICACIÓN. LA MEZCLA PUEDE SER CEMENTÍCEA, ASFÁLTICA, SUELOS, DETRITOS DE ROCA, RELLENOS SANITARIOS, ETC.

# COMPOSICIÓN DEL SUELO



**Figura 1.13.** Estados del suelo.  
(a) Saturado. (b) No saturado. (c) Seco. (d) No saturado contractil.

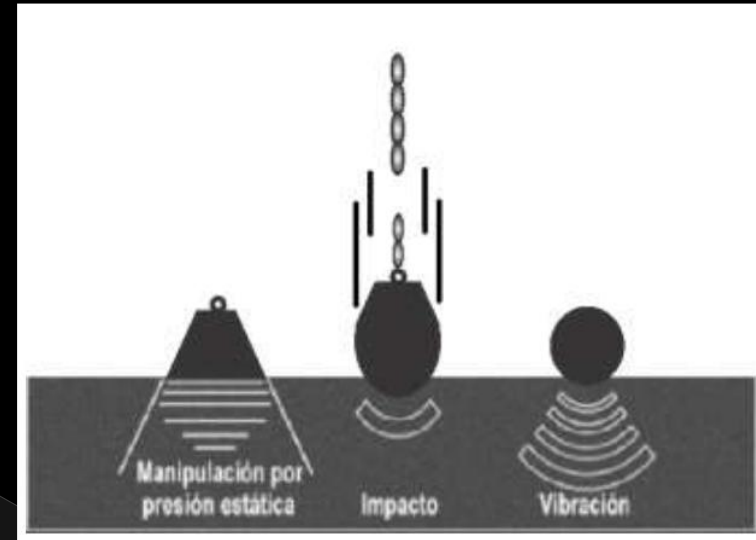


# CONCEPTOS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

Compactar es elevar la densidad de un suelo, es decir, aumentar el peso por la unidad de volumen, eliminando el vacío por intermedio de la aplicación de una energía.

## TIPOS DE ENERGÍA

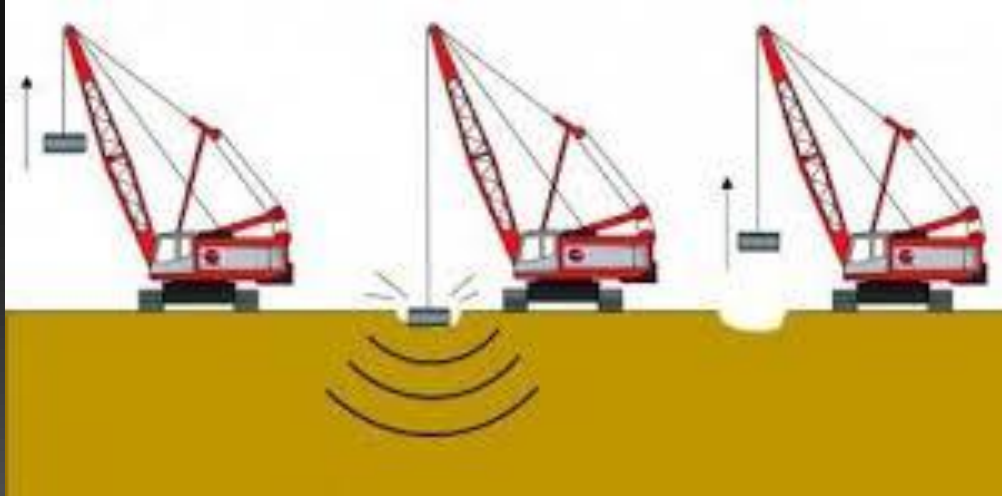
1. Presión estática - Exclusivamente en función del peso y se manifiesta en poco espesor
2. Impacto - Peso propio más una altura de caída. Impacto y propagación de la onda de presión en el suelo induciendo su desplazamiento
3. Vibración - Actúa por medio de ondas de presión repetidas (oscilación), reduce el rozamiento entre partículas
4. Amasado - Efecto similar a la formación de una masa, tensiones dos direcciones ppales.





## COMPACTACIÓN DINÁMICA

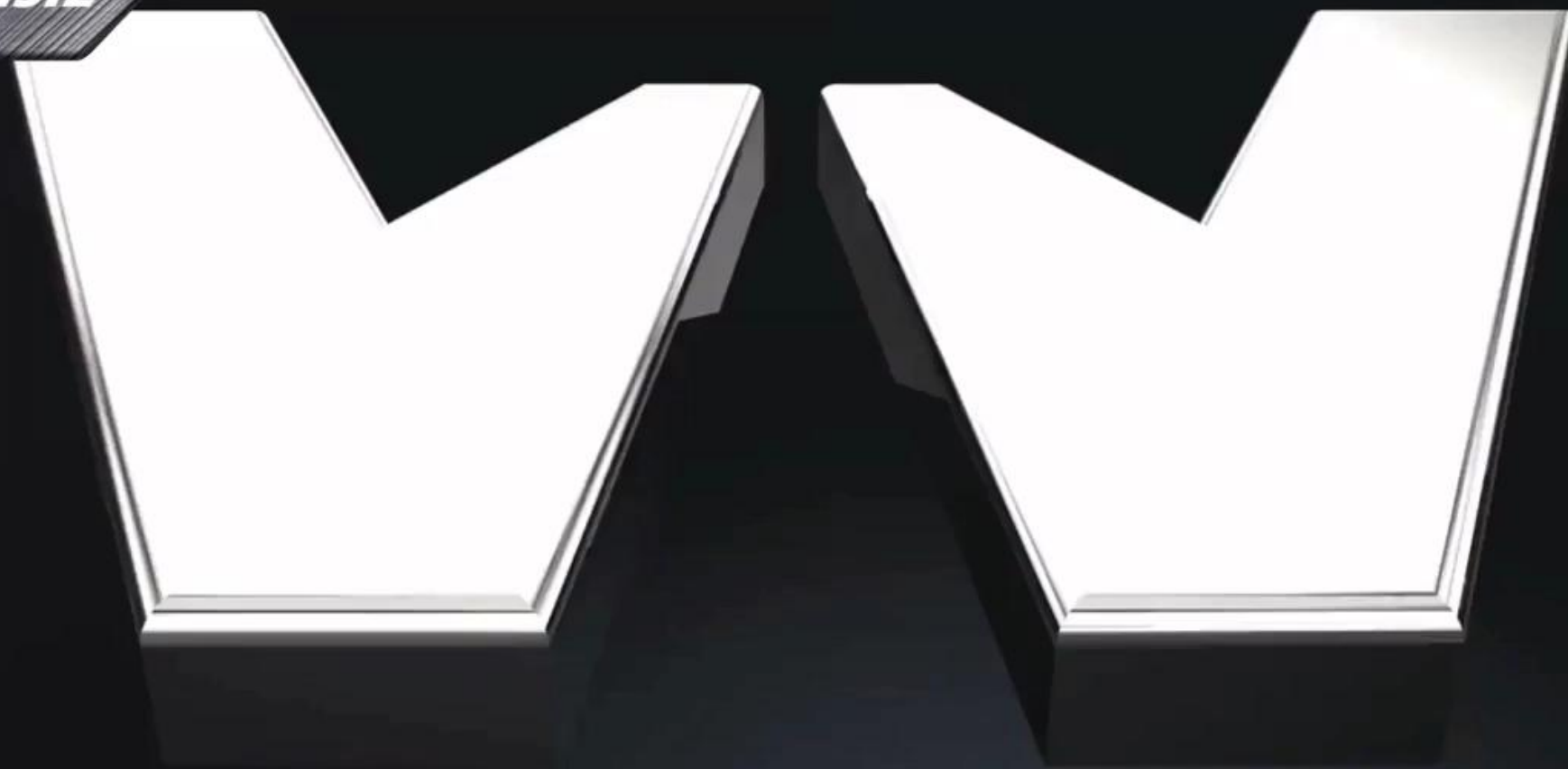
- La compactación dinámica es una técnica de mejoramiento masivo de suelos que se utiliza para densificar suelos granulares y limo-arenosos, así como rellenos mal controlados de arenas, gravas, rocas, basura y escombros.
- El mejoramiento de suelos se logra dejando caer masas de 10 a 30 toneladas desde alturas que varían de 15 a 25 m. Estos pesos se dejan caer repetidamente sobre un mismo punto de una cuadrícula determinada.



*Representante Exclusivo Centro América, Venezuela e Islas del Caribe*



**RESANSIL**



**MAQUINARIA E INGENIERIA DE APLICACIÓN**

[www.resansil.com](http://www.resansil.com)

# CONCEPTOS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

## Factores que intervienen en una densificación

1- Distribución granulométrica del material (% de un tamaño en peso)

Una buena graduación de tamaños mejora las condiciones de densidad de un suelo.

2- Contenido de humedad (cantidad de agua por unidad de peso)

Existe un contenido de humedad óptimo para la lubricación entre partículas facilitando el deslizamiento.

3- Energía aplicada (esfuerzo externo aplicado)

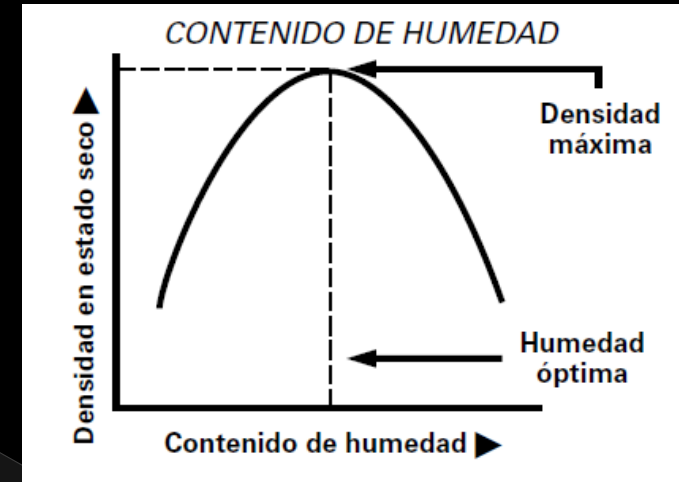
Esfuerzo mecánico aplicado con distintos métodos, estático, percusión o vibración



# CONCEPTOS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

Ensayo Proctor:

Este ensayo permite determinar la relación que existe entre humedad y densidad de un determinado suelo cuando se lo somete a una energía de compactación específica, pudiendo establecerse entonces la **humedad óptima** para el peso **específico aparente máximo**.

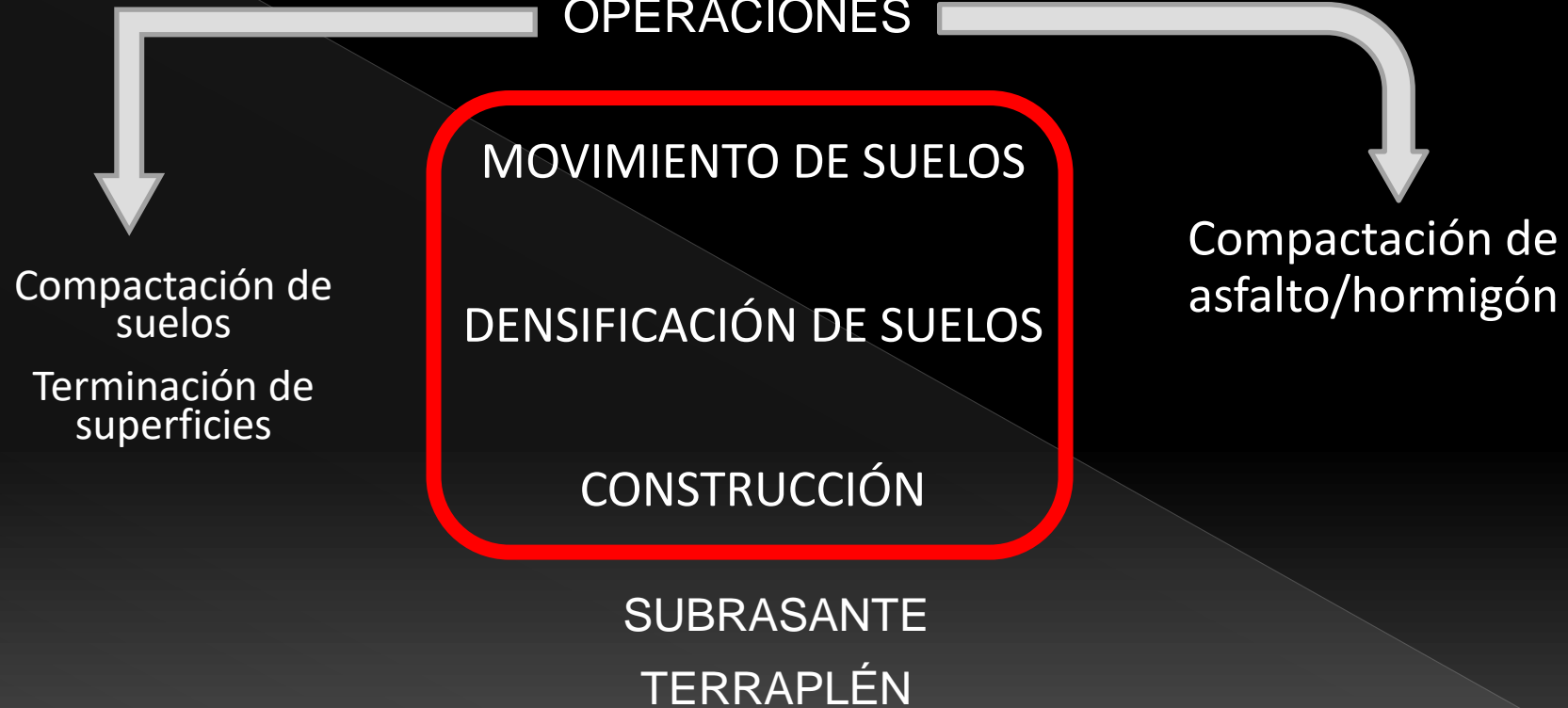


## HUMEDAD ÓPTIMA

Arcilla pesada	17,5 %
Arcilla limosa	15,0 %
Arcilla arenosa	13,0 %
Arena	10,0 %
Mezcla de grava, arena y arcilla (de depósitos naturales)	7,0 %

RODILLO COMPACTADOR

OPERACIONES



Compactación de  
suelos  
Terminación de  
superficies

Compactación de  
asfalto/hormigón

MOVIMIENTO DE SUELOS

DENSIFICACIÓN DE SUELOS

CONSTRUCCIÓN

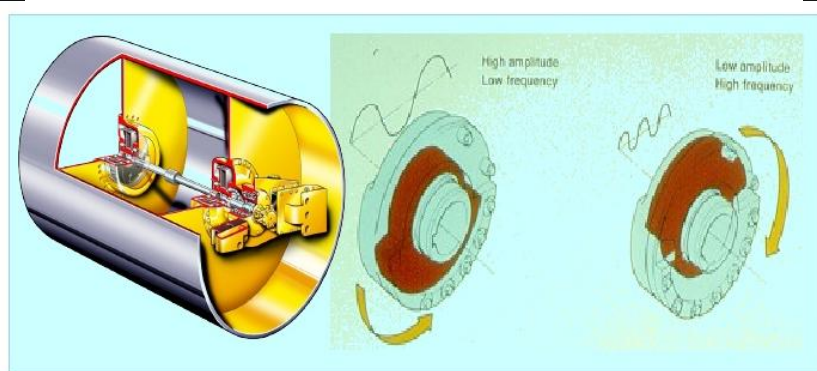
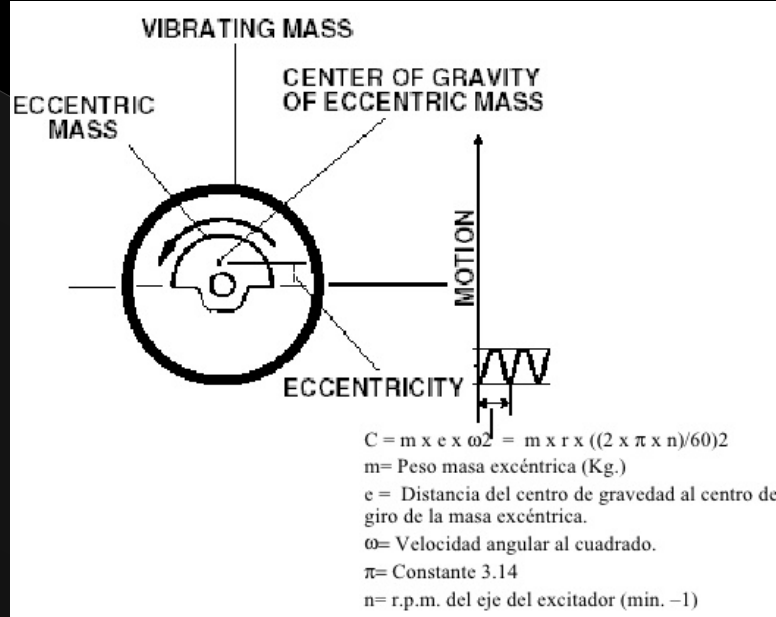
SUBRASANTE

TERRAPLÉN

# PARTES DE UN EQUIPO

- CABINA
- MOTOR
- TRACION EN RUEDAS
- RODILLO TIPO PATA DE CABRA



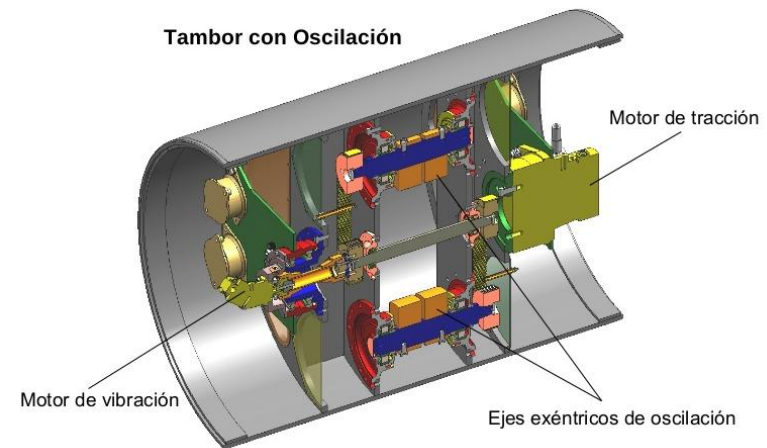


Las amplitudes altas y bajas se generan por cambio de posiciones, de los pesos excéntricos.

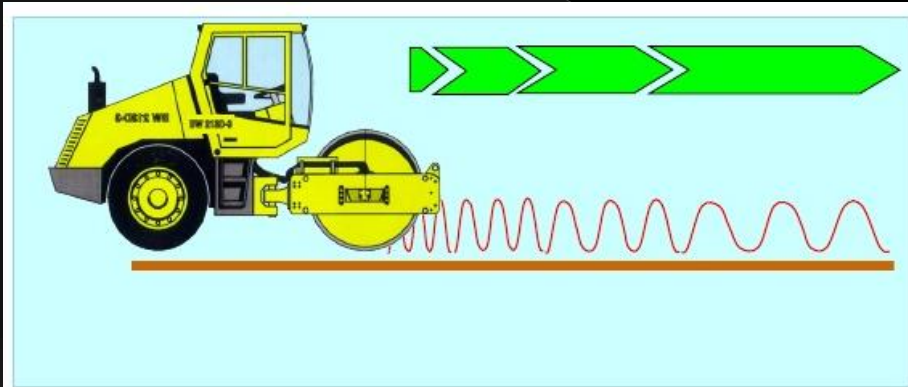
# Sistema dinámico

Sistema hidráulico que por intermedio de una bomba de pistones radiales o un contrapeso excéntrico provoca impactos.  
 La regulación de la oscilación es automática y puede tomar aproximadamente 10 m

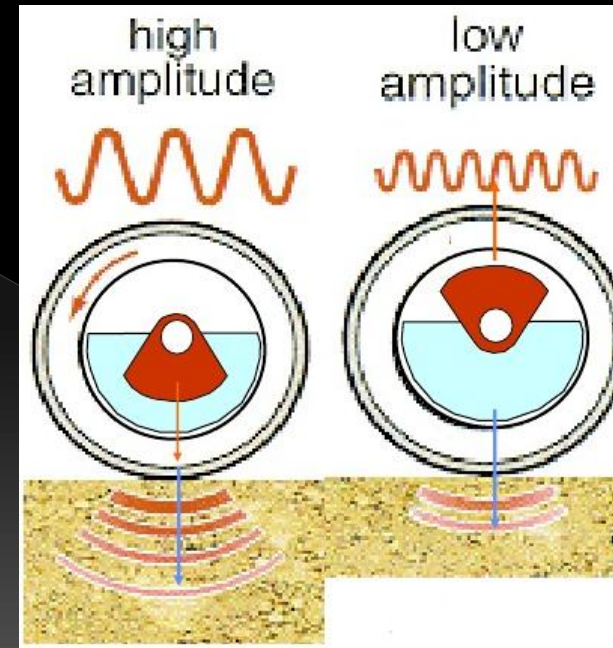
## Aplicación técnica de la Oscilación

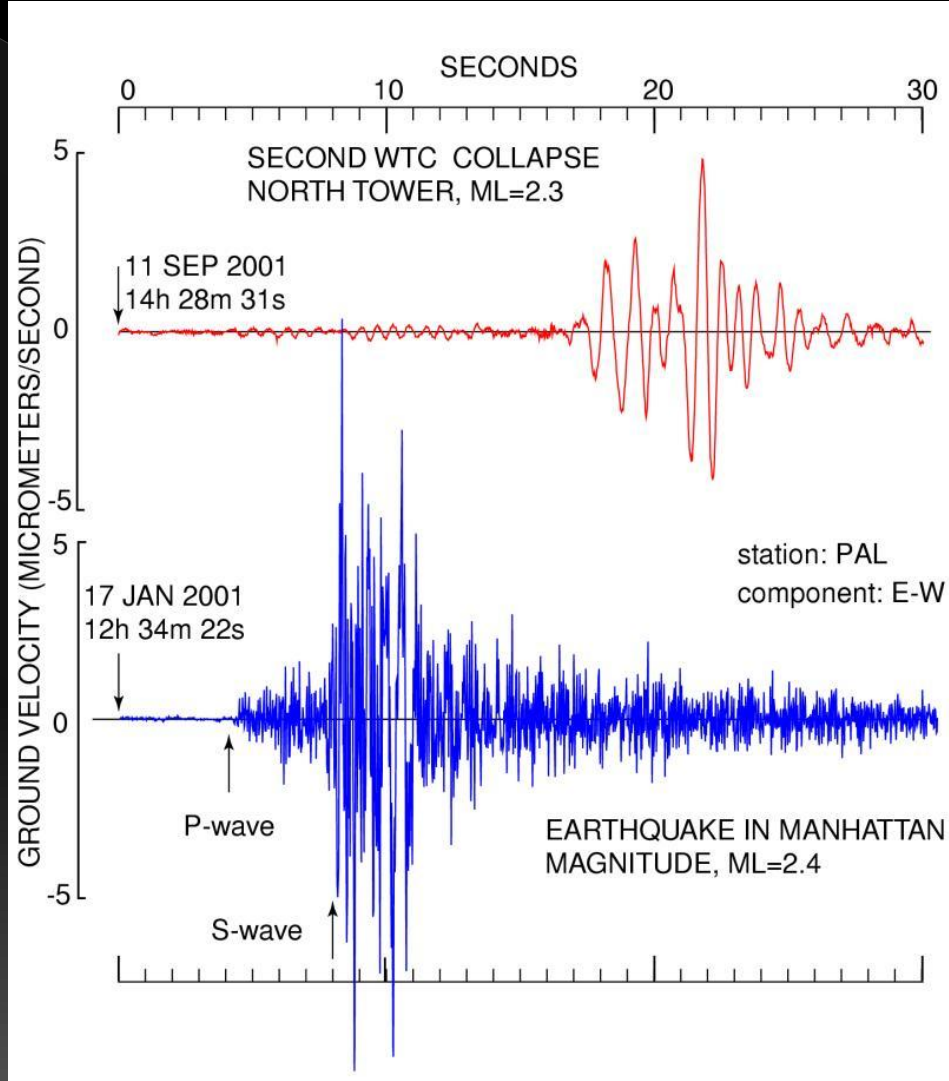


## Velocidad y Amplitud de impacto



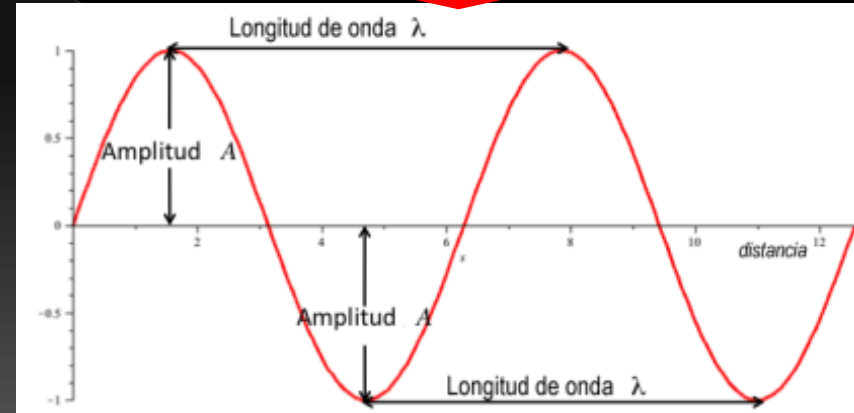
**Al aumentar la velocidad de trabajo, se incrementa la distancia entre impactos, dejando espacios sin compactar.**





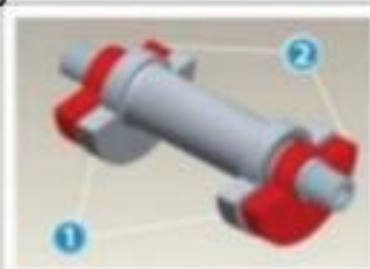
Impacto

Vibratorio

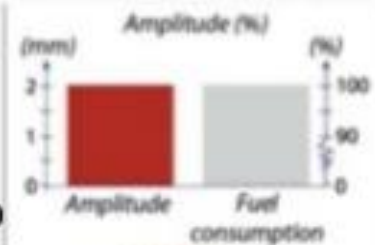


Tiene su fundamento en la presencia combinada del peso estático y de una fuerza dinámica generadora de vibración. Utilizan una masa excéntrica que gira dentro de un rodillo liso, produciendo una fuerza centrífuga que se suma al peso de la máquina al producir la correspondiente presión sobre el suelo.

*Suelo Blando*

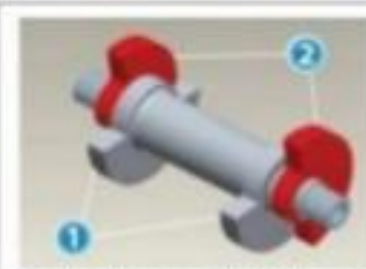


Cuando el peso ajustable (2) se gira de manera que es va a la posición que se muestra en la imagen superior hay una amplitud de 100%

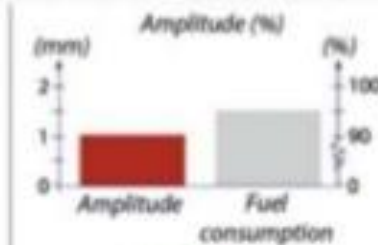


Toda la energía dinámica del tambor puede ser absorbida por el suelo.

*Suelo Duro*



Cuando el peso ajustable (2) se gira de manera que es va a la posición que se muestra en la imagen superior hay una amplitud de 50%

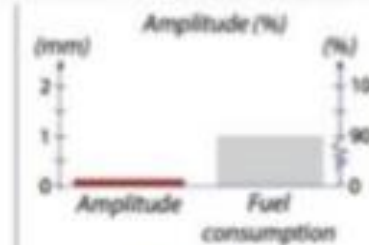


El tambor se reajusta de modo que menos energía dinámica se suministra a al suelo desde el tambor

*Suelo compactado*

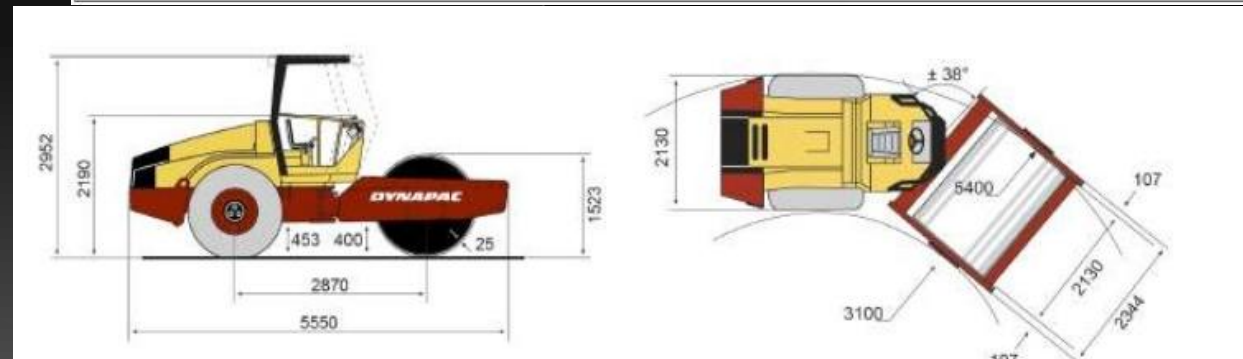
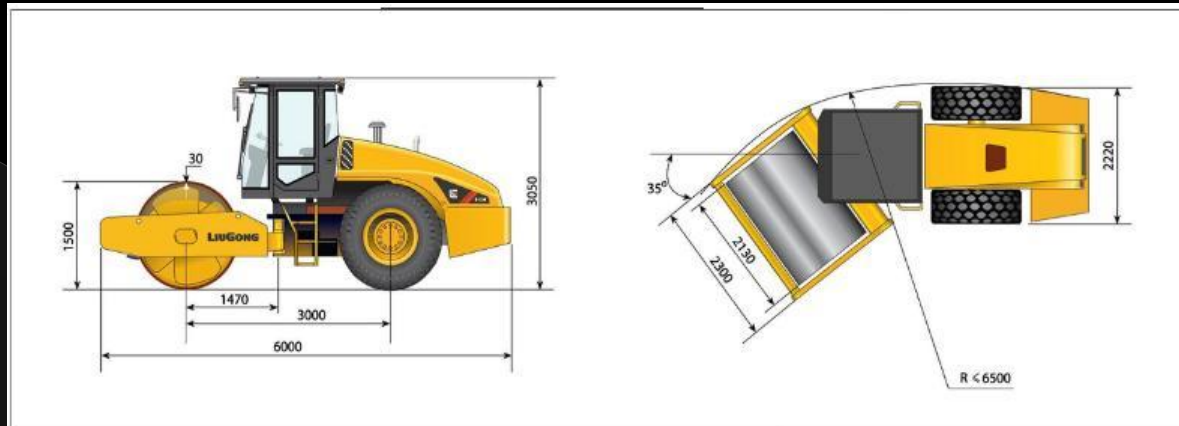


Cuando se gira el peso ajustable (2) de modo que se va a la posición que se muestra en la imagen de arriba hay una amplitud de 0%, por lo que las fuerzas se equilibran entre sí.



El tambor se restablece a un mínimo de vibraciones

# Maniobras



# CLASIFICACIÓN POR TRASLACIÓN

## MOVIMIENTO

AUTOPROPULSADO

REMOLCADO

MANUAL

CONTROL REMOTO



# CLASIFICACIÓN POR HERRAMIENTA

HERRAMIENTA

```
graph TD; H[HERRAMIENTA] --- TL[TAMBOR LISO]; H --- PC[PATA DE CABRA]; H --- N[NEUMÁTICOS]; H --- CL[COMPACTADORES LIGEROS];
```

TAMBOR  
LISO

PATA DE  
CABRA

NEUMÁTICOS

COMPACTADORES  
LIGEROS

# Pata de cabra



arge

# VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO

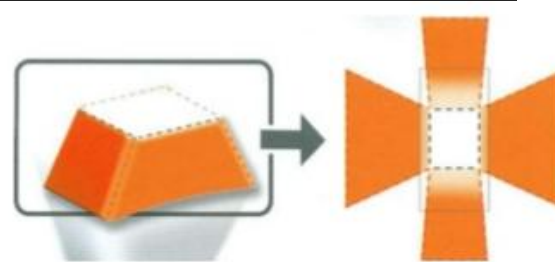
## SUELOS

3 km/h a 6 km/h



## ASFALTOS

10 km/h a 20 km/h



Los pisones agrandan la superficie (en tono naranja) lo que permite que los suelos empapados se sequen antes.

## EQUIPOS DE GRANDES DIMENSIONES – EQUIPOS MENORES





Estática  
+  
Impacto  
+  
Vibración



Vibración

Placa o Plancha



Impacto

Pisón



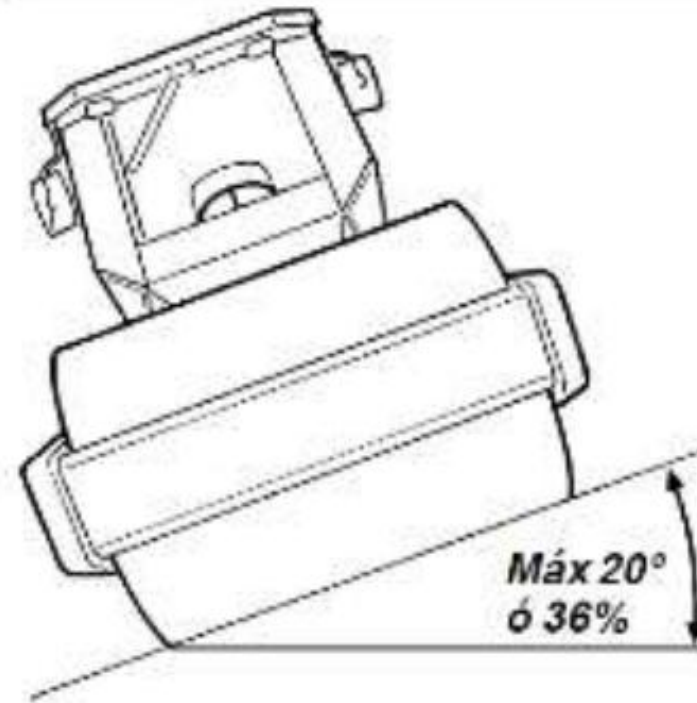
# TRABAJO EN TALUD

Si es posible, evitar la marcha transversal en las pendientes. Para trabajar en pendientes, marchar hacia arriba y hacia abajo.

En inclinaciones laterales superiores al 20° ó 36% a la derecha o a la izquierda, la máquina vuelca.



*Fig. 20 Angulo de vuelco en inclinación lateral.*



# Compactación de asfaltos

1 – Compactación dinámica

2 pasadas de rodillo metálico liso **estático** +  
3 ó 4 Rodillo metálico liso **vibratorio**

Se humecta el rodillo para evitar que se adhiera  
(agua jabonosa)



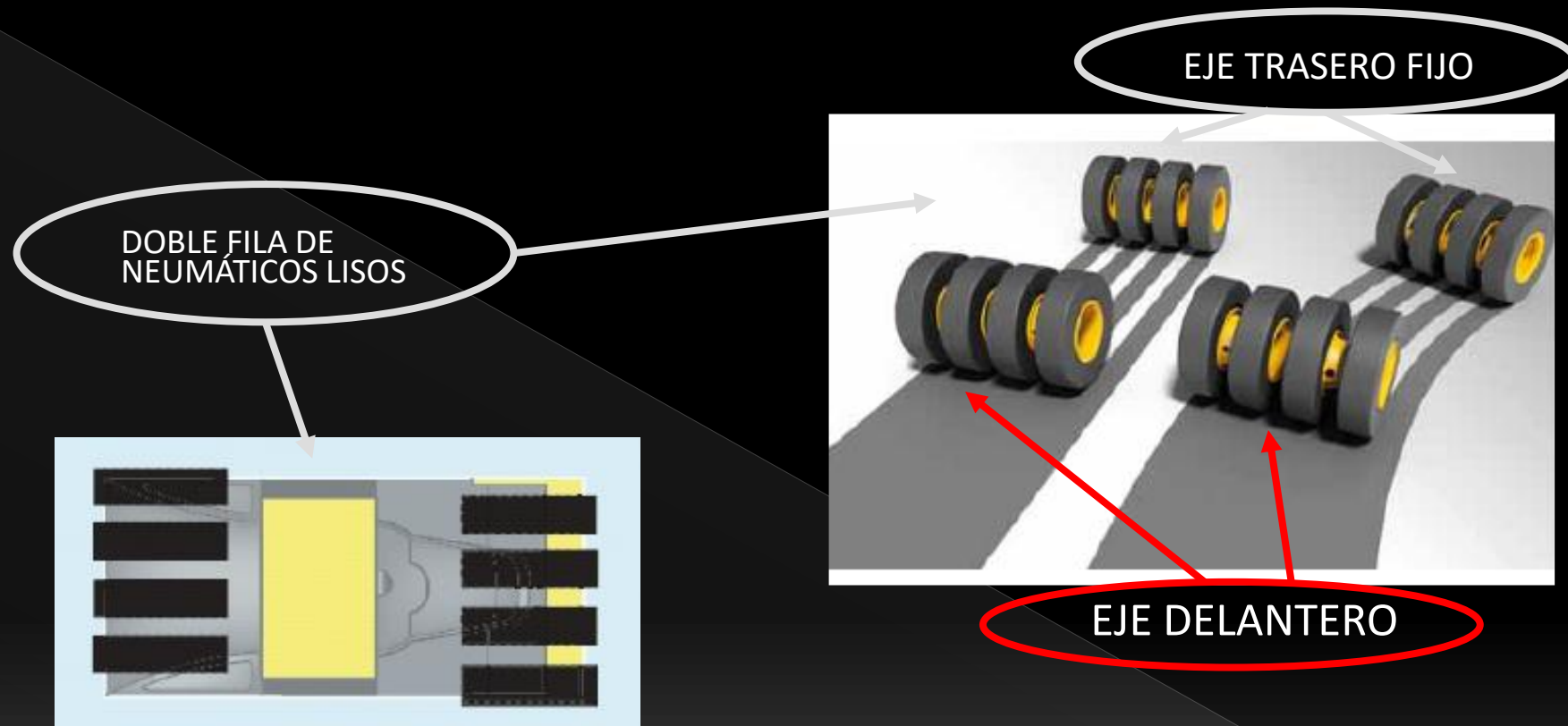
2 – Amasado de terminación

5 a 6 pasadas de **neumáticos**

No se adhiere cuando los  
neumáticos están calientes



# COMPACTACIÓN DE ASFALTOS



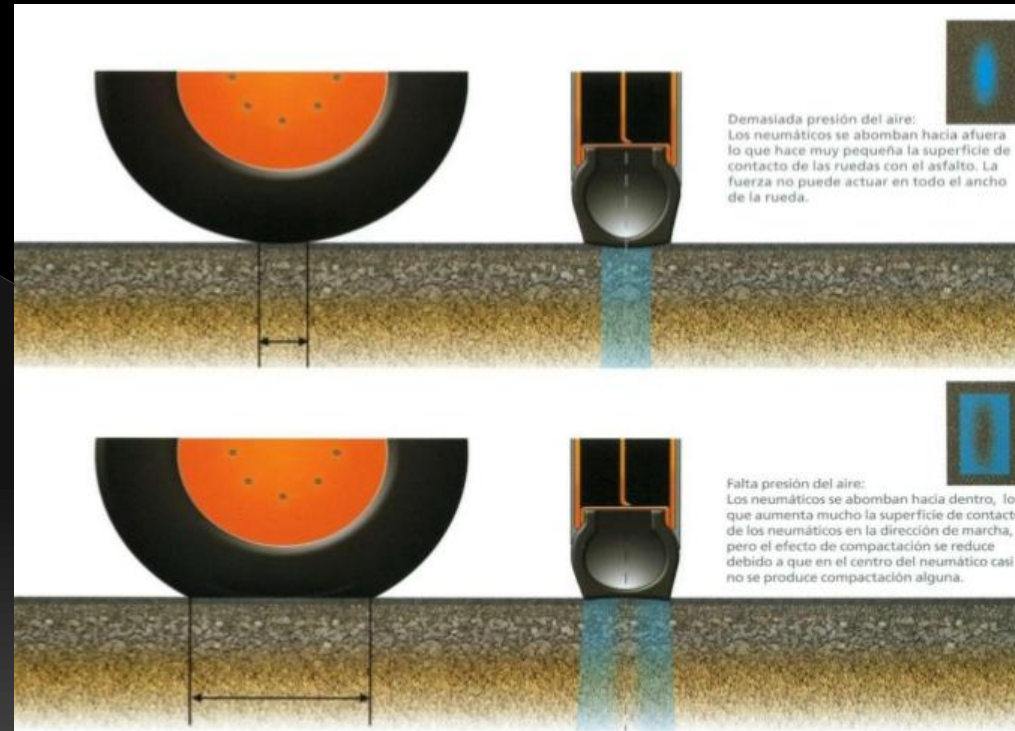
La trayectoria de los neumáticos delantero y trasero está alineada para superponerse 50 mm, con el fin de lograr una cobertura de la superficie completa. Los 8 ó 7 neumáticos lisos de amplia superficie compactan superficialmente para obtener una densidad de material uniforme y lisa.

# COMPACTACIÓN DE ASFALTOS

PRESIÓN DEL  
NEUMÁTICO  
REGULABLE

Con mucha presión de inflado los laterales de la cubierta no apoyan y se reduce el área de contacto. DENSIFICA 0,7MPa – 0,8MPa

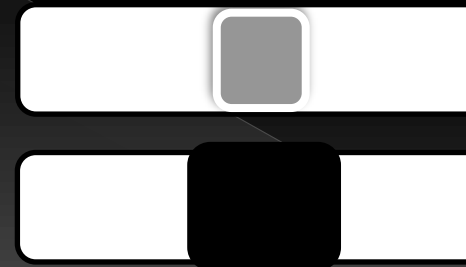
Con baja presión de inflado pueden entrar en contacto los talones de las cubierta por lo tanto aumenta la superficie y disminuye la presión. DISTRIBUYE 0.3MPa – 0,4MPa



# Presión por neumático

	Presión neumático					Peso x	Superficie	Sup. Apoyo	
	Mpa	1MPa/Pa	kg/cm <sup>2</sup> /Pa	1t/1000kg	t/cm <sup>2</sup>	cubierta	Apoyo	ancho cubierta	largo apoyo
→ 0,8	1000.000	98.066,5	1.000	0,00815773	5	612,91	30	20	
→ 0,4	1000.000	98.066,5	1.000	0,00418084	5	1195,93	30	40	

**Influencia ejercida por la presión del aire de los neumáticos en el resultado de compactación**  
 Presión óptima del aire: Los neumáticos hacen contacto con el asfalto con todo el ancho de la rueda y pueden transmitir al suelo la fuerza de su peso en toda la sección.



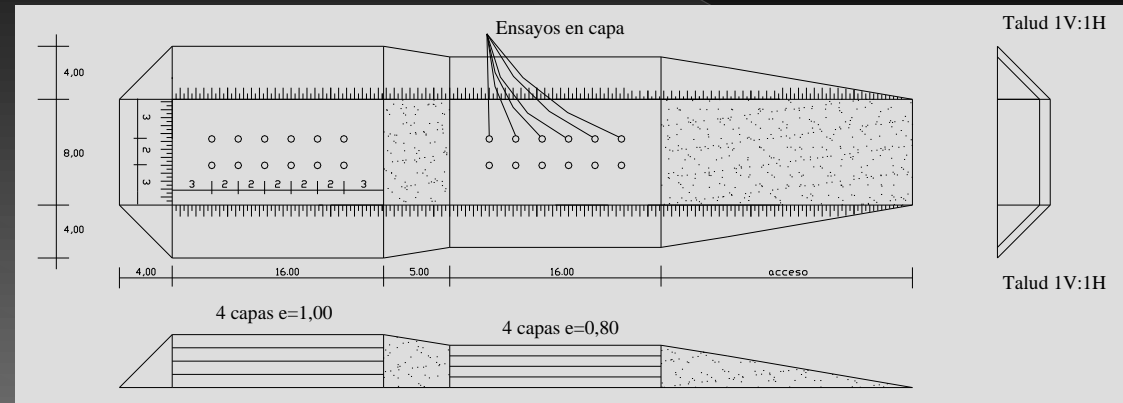
# CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES

Pruebas en laboratorio

- Granulometría
- Humedad óptima
- Grado de compactación

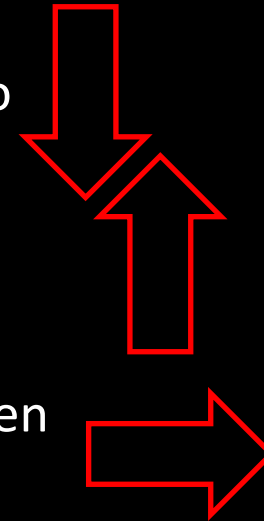
Pruebas en terraplén de prueba

- Altura de capa (máx.  $2/3 h$ )
- Peso del equipo
- N° de pasadas
- Superposición entre pasadas
- Amplitud
- Frecuencia



# Características de trabajo específicas

- Rodillo de tambor liso: Suelos formados por gravas, arenas con o sin cohesión. Compacta de arriba hacia abajo.
- Rodillo pata de cabra: Concentración de presión. Compacta de abajo hacia arriba. Suelos cohesivos, estériles de roca
- Neumáticos: Suelos estabilizados, arena y asfalto. Presión de inflado = presión aplicada. Tratamiento superficial, terminación en asfalto.



**Selección del tipo de equipo en función del tipo de suelo según la clasificación AASHTO ( Dujisin y Rutland, 1974 )**

Equipo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
Rodillo liso	1	2	2	1	1	1	2	2	3	3	4
Rodillo neumático	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3
Rodillo pata cabra	5	5	5	4	4	3	2	2	1	1	1
Pisón impacto	2	2	1	2	2	2	4	4	4	4	4
Rodillo vibratorio	1	1	1	1	1	3	4	3	3	5	5

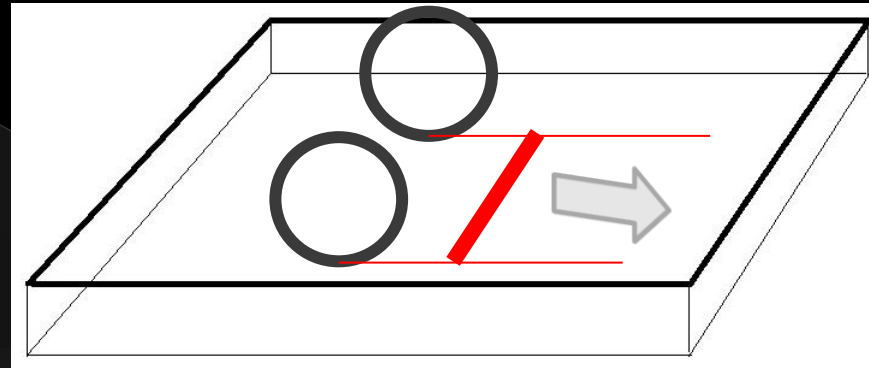
Comportamiento del equipo

1	Excelente
2	Buena
3	Regular
4	Deficiente
5	Inadecuado

# Producción de rodillos

$$\text{Coeficiente de compactación } C_c \% = \frac{\text{Vol. de suelo suelto}}{\text{Vol. de suelo compactado}} \cdot 100$$

$$\text{Prod. comp. m}^3/\text{h} = \frac{A \cdot V \cdot H}{\text{N}^\circ \text{ pasadas}}$$



- A: Ancho efectivo de compactación en m (Ancho de la hoja – Solape)
- V: Velocidad promedio en km/h
- H: altura en mm de la capa

# EJEMPLO DE CÁLCULO

P = 5  
 V = 10 km/h  
 C = 100 mm

Determine la producción de un rodillo compactador Caterpillar 815F2 que trabaja en las condiciones siguientes:

P =  
 V =  
 C =

**TABLA DE PRODUCCIÓN**

MODELO Y PASADAS DE LA MÁQUINA*	VELOCIDAD MEDIA km/h    mph	ESPESOR DE LA CAPA COMPACTADA								
		100 mm m³/h	4 pulg yd³/h	150 mm m³/h	6 pulg yd³/h	200 mm m³/h	8 pulg yd³/h	250 mm m³/h	10" yd³/h	
815F2	3	6,5	4	419	548	628	822	837	1.095	-
		9,5	6	628	822	942	1.232	1.256	1.643	-
		13,0	8	837	1.095	1.256	1.643	1.675	2.191	-
4	4	6,5	4	314	411	471	616	628	822	-
		9,5	6	471	616	706	924	942	1.232	-
		13,0	8	628	822	942	1.232	1.256	1.643	-
5	4	6,5	4	251	329	377	493	502	657	-
		9,5	6	377	493	565	739	754	986	-
		13,0	8	502	657	754	986	1.005	1.314	-
6	4	6,5	4	186	274	314	411	419	548	-
		9,5	6	314	411	471	616	628	822	-
		13,0	8	419	548	628	822	837	1.095	-

# EJEMPLO DE CÁLCULO

Respuesta:  $377 \text{ m}^3/\text{h}$

$9,5 \text{ km/h}$  \_\_\_\_\_  $377 \text{ m}^3/\text{h}$

$10 \text{ km/h}$  \_\_\_\_\_  $X = \frac{10 \text{ km/h} \cdot 377 \text{ m}^3/\text{h}}{9,5 \text{ km/h}} = 395 \text{ m}^3/\text{h}$

# OTRAS MÁQUINAS



# OTRAS MÁQUINAS

