



INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

CURSO DE FORMACIÓN



Gestión de Flota Minera

Presentación



<https://forms.gle/g4dTwwtWAQLxDVkv9>

Sobre el docente



Mg. Ing. Deyvi López

<https://www.linkedin.com/in/deyvilopez/>

- Ingeniero mecánico, miembro del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) y Profesional Certificado en Mantenimiento y Confiabilidad (CMRP).
- Presidente del Comité Técnico de Mantenimiento y Gestión de Activos.
- Auditor Interno en Sistemas de Gestión de Activos ISO 55001.
- Executive MBA y Magister en Dirección estratégica de operaciones e innovación, Universitat de Barcelona.
- Profesional con más de 12 años de experiencia gestión flotas vehiculares y equipos.
- Consultor Senior en Mantenimiento y Gestión de flotas.
- Docente en la Maestría de Gerencia de Mantenimiento en la Universidad Nacional del Callao.



OBJETIVOS DEL CURSO

1. Evaluar la productividad de la flota minera.
2. Proponer soluciones prácticas a problemas que ocasionan el bajo rendimiento de una flota minera.



Módulo 2

Introducción a la gestión de flota minera



Objetivo del módulo

Calcular la producción horaria de equipos de mina.



Plan de clase

- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| ✓ Presentación del tema | 5 minutos |
| ✓ Cargadores frontales | 30 minutos |
| ✓ Test Nro. 06 | 10 minutos |
| ✓ Producción de un cargador | 30 minutos |
| ✓ Test Nro. 07 | 10 minutos |
| ✓ Casos de producción | 30 minutos |
| ✓ Cierre y conclusiones | 5 minutos |

Clasificación de la maquinaria por su peso

La clasificación de la maquinaria por su peso es una forma común de organizarla en categorías manejables. Esta clasificación se basa en el **peso operativo** de la máquina, que es el peso total de la máquina en funcionamiento, incluyendo todos sus componentes como el chasis, el motor, la pluma, el cucharón, etc.

Maquinaria ligera

- Peso operativo **inferior a 10 toneladas.**
- Ejemplos: minicargadores, miniexcavadoras, rodillos compactadores pequeños.

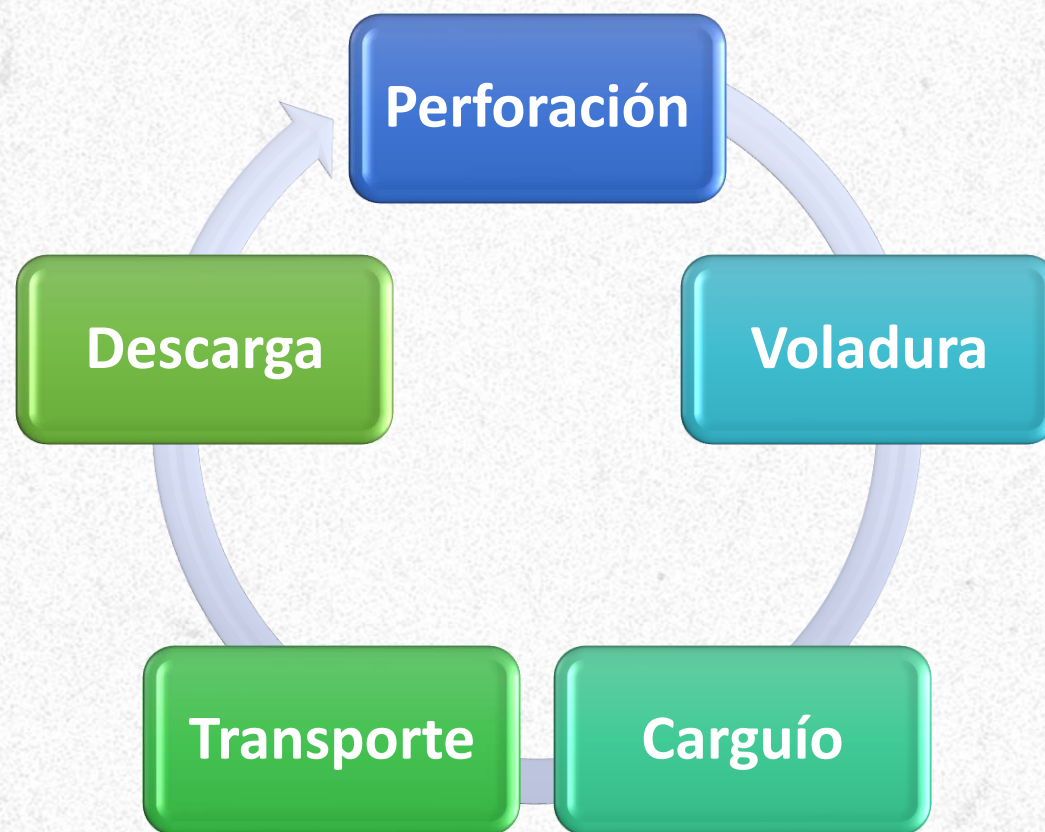
Maquinaria semi pesada

- Peso operativo **entre 10 y 40 toneladas.**
- Ejemplos: motoniveladoras, retroexcavadoras, cargadoras frontales medianas.

Maquinaria pesada

- Peso operativo **superior a 40 toneladas.**
- Ejemplos: excavadoras grandes, grúas de torre, camiones volquete de gran capacidad.

Etapas del proceso de extracción de minerales en mina de tajo abierto



Caso Antamina: Equipamiento minero



10 perforadoras
eléctricas CAT y P&H



7 palas P&H (77 yd³)
y 4 palas Hitachi



2 cargadores frontales



92 camiones Komatsu de 320
ton y 21 camiones CAT de 240
ton

Equipos de carguío y transporte

- **Carguío:** Se utiliza cargadores frontales sobre ruedas, excavadoras de azadón, palas hidráulicas y eléctricas, para cargar el material fragmentado en camiones con tolva.
- **Transporte:** Los camiones con tolva transportan el material a la planta de procesamiento o botadero.

Carguío

- Cargadores frontales sobre ruedas
- Excavadoras de azadón
- Palas hidráulicas y eléctricas

Transporte

- Camiones con tolva de chasis rígido.
- Camiones con tolva de chasis articulado.

Cargadores frontales sobre ruedas

Descripción

- ✓ **Capacidad de carga:** 10 - 55 toneladas
- ✓ **Ventajas:** Versátiles, pueden trabajar en diferentes terrenos, alta movilidad, bajo costo de inversión.
- ✓ **Desventajas:** Menor capacidad de carga que los cargadores sobre orugas, no aptas para terrenos muy accidentados.

Komatsu WE2350

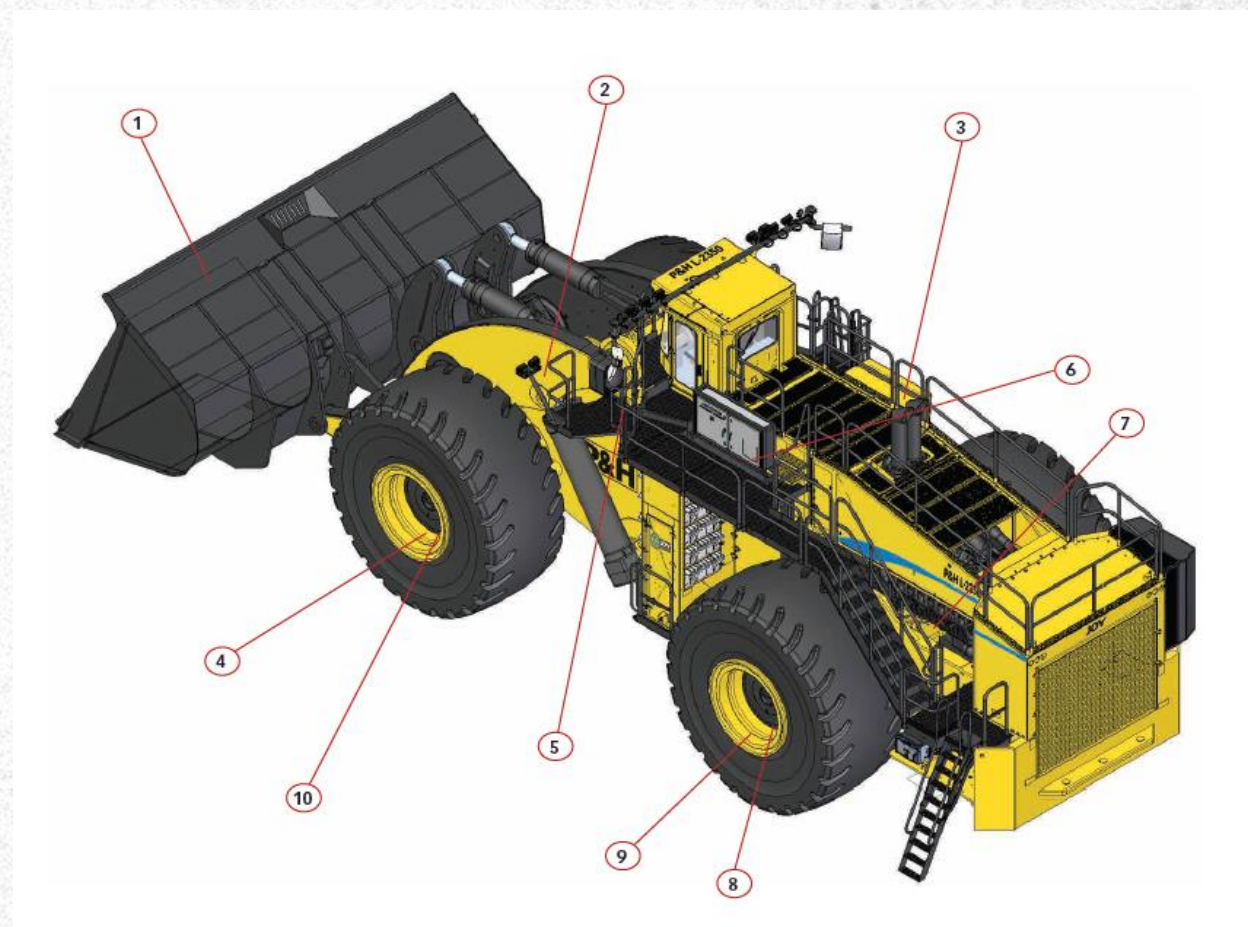


[Especificaciones técnicas Komatsu WE2350](#)

Cargadores frontales sobre ruedas

Partes del Komatsu WE2350

1. Balde o cucharón
2. Bastidor y brazo de levante
3. Sistema de filtración de aire
4. Sistema de propulsión híbrida
5. Articulaiones de bolas y socket
6. Controles digitales
7. Sistema de propulsión diesel - eléctrica
8. Bombas de pistón axial variables y caja PTO
9. Impulsores planetarios de 4 etapas
10. Carcaza de ejes presurizados



Cargadores frontales sobre ruedas

Capacidad del cucharón y carga útil de operación



Operating capacities, weights and dimensions

	Standard lift		High lift		Super high lift	
Bucket capacity	40.52 m ³	53 yd ³	38.23 m ³	50 yd ³	53.5 m ³	70 yd ³
Operating payload	72574 kg	160000 lb	68039 kg	150000 lb	54431 kg	120000 lb
Static tipping loads						
Straight	184300 kg	406300 lb	164200 kg	362000 lb	128751 kg	283848 lb
Full 42° turn	172100 kg	379400 lb	153300 kg	338000 lb	108884 kg	240049 lb
Breakout force	1173 kN	263702 lb	1290 kN	289900 lb	980 kN	220142 lb
Operating weight	266622 kg	587800 lb	272065 kg	599800 lb	276045 kg	608576 lb

*Note: Standard rock bucket based on a material density of 1780 kg/m³ (3000 lb/yd³)
Super high lift data based on 70yd³ coal bucket - rock bucket data available upon request.*

Cargadores frontales sobre ruedas

Komatsu WE2350 en Minera Chinalco



Cargadores de bajo perfil

Descripción

- ✓ **Capacidad de carga:** 10 - 21 toneladas
- ✓ **Ventajas:** Diseñados para trabajar en espacios reducidos, mayor maniobrabilidad.
- ✓ **Desventajas:** Menor capacidad de carga que los cargadores frontales estándar.

Sandvik LH621



[Especificaciones técnicas Sandvik LH621](#)

Cargadores de bajo perfil

Sandvik LH621i



Cargadores de bajo perfil

Tecnología AUTODIG



TEST N° 06



<https://forms.gle/dkU3VztJq2ou1Ww1A>

Producción de un cargador frontal

La producción horaria de un cargador frontal es la cantidad de material que puede cargar y transportar en una hora. Se calcula multiplicando la capacidad del cucharón del cargador frontal por el número de ciclos que puede completar en una hora y por la densidad del material que se está cargando.

Fórmula de la producción

$$Q = q * N * E$$

Donde

Q : Producción [ton/h, m³/h o yd³/h]

q : Producción por ciclo de trabajo [ton/ciclo, m³/ciclo o yd³/ciclo]

N : Número de ciclos por unidad de tiempo [ciclos/min, ciclos/hora o ciclos/día]

E : Eficiencia [En %]

Producción de un cargador frontal

Fórmula de la producción por ciclo

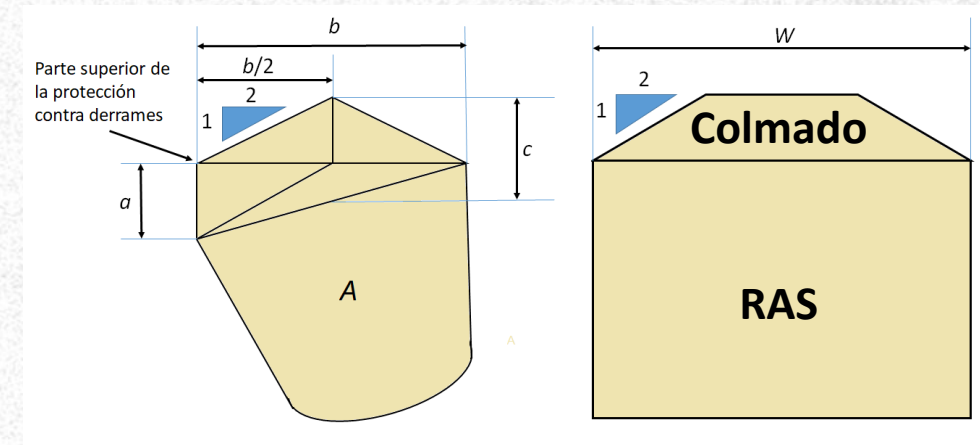
- Es igual a la capacidad del cucharón colmado considerando el factor de carga.
- La capacidad de colmado se obtiene de los manuales de los fabricantes o directamente de las dimensiones del cucharón.

$$q = q' * k$$

Donde

q' : Capacidad de colmado del cucharón

k : Factor de carga



La capacidad colmada definida por la SAE (*Society of Automotive Engineers*) del cucharón de una cargadora es una medida normalizada que supone sumar a la capacidad a ras de la cuchara una cantidad adicional que se acumula con un ángulo de reposo de 2:1 con el nivel a ras paralelo al suelo

Producción de un cargador frontal

Factor de carga

Condición de carga	Descripción	Factor
Fácil	Material en pila o material chancado por otras excavadoras como arena, suelos arenosos o contenido moderado de humedad, arcilla	0.8 – 1.1
Medio	Material en pila o materiales dificultosos de penetrar y cargar pero que pueden llegar a colmar el cucharón. Arena seca, suelos arenosos, suelos barrosos o arcillosos, grava, arena dura, materiales de banco. Caliza quebrada.	0.6 - 08
Difícil	Roca fina chancada, arcilla dura, arena gravosa, suelo arenoso. Suelos pegajosos con alta humedad apilados por excavadoras o materiales que dificultan llenar el cucharón.	0.5 – 0.6
Muy difícil	Rocas de forma irregular. Rocas de rodado, suelos arenosos, arcilla. Materiales que no pueden ser llevados dentro del cucharón	0.4 – 0.5

Producción de un cargador frontal

Densidad de material

La densidad del material de minado varía **ampliamente** dependiendo del tipo de mineral o roca que se esté explotando. **En general, los materiales de minado pueden clasificarse en tres categorías según su densidad:**

- **Baja densidad:** Densidad menor a 2.5 t/m^3 . Algunos ejemplos incluyen carbón, lignito, bauxita y sal.
- **Densidad media:** Densidad entre 2.5 y 3.5 t/m^3 . Algunos ejemplos incluyen caliza, dolomita, yeso, y algunos tipos de mineral de hierro.
- **Alta densidad:** Densidad mayor a 3.5 t/m^3 . Algunos ejemplos incluyen mineral de cobre, mineral de plomo, mineral de zinc, y oro.

Material	Densidad (t/m^3)
Carbón	1.2 - 1.5
Lignite	1.3 - 1.4
Bauxita	2.0 - 2.5
Sal	2.1 - 2.2
Caliza	2.5 - 2.7
Dolomita	2.8 - 3.0
Yeso	2.3 - 2.9
Mineral de hierro	3.5 - 5.0
Mineral de cobre	3.5 - 4.5
Mineral de plomo	4.5 - 5.0
Mineral de zinc	3.5 - 4.0
Oro	19.3

Producción de un cargador frontal

Ciclo en V

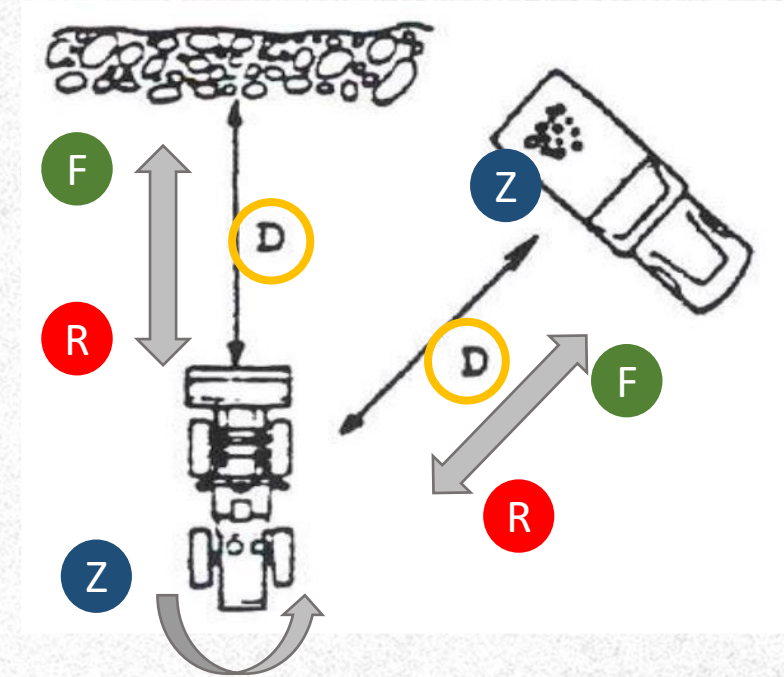
El cargador frontal realiza un movimiento tipo “V” para realizar el carguío del material. El camión se queda totalmente detenido.

Fórmula de la duración del ciclo

$$t = 2 * \frac{D}{F} + 2 * \frac{D}{R} + Z$$

Donde

- D** : Distancia de acarreo
- F** : Velocidad de avance
- R** : Velocidad de retroceso
- Z** : Duración del giro y la descarga



- Velocidad media de avance: 5 – 15 km/h
- Velocidad media de retroceso: 3 – 10 km/h

Producción de un cargador frontal

Ciclo en línea recta

El cargador frontal realiza un movimiento tipo línea recta para realizar el carguío del material. El camión se queda totalmente detenido.

Fórmula de la duración del ciclo

$$t = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z$$

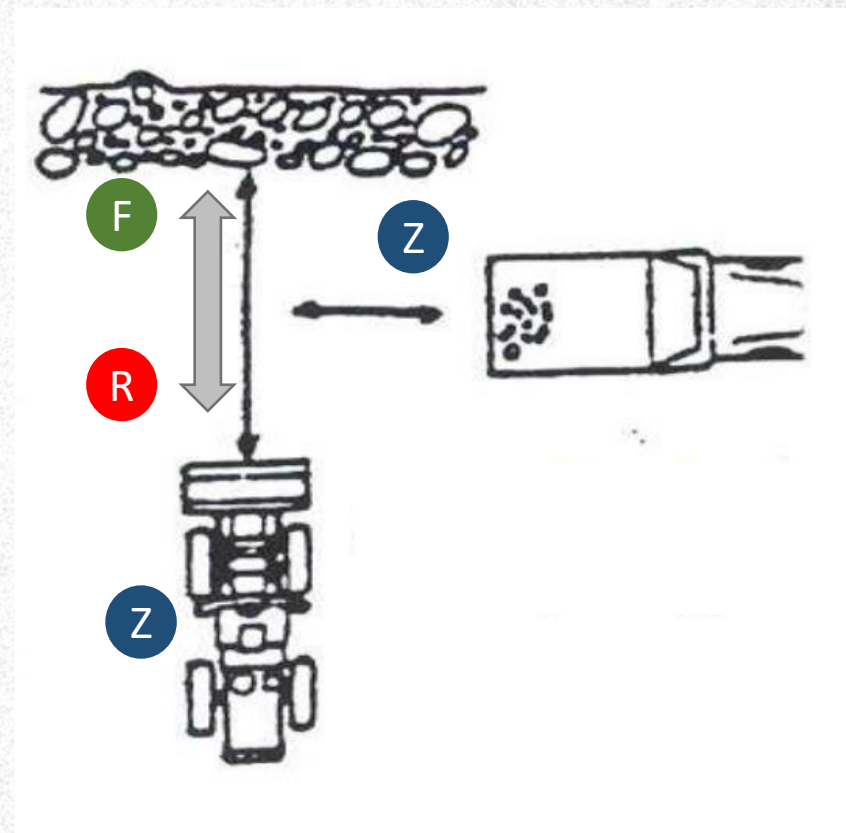
Donde

D : Distancia de acarreo

F : Velocidad de avance

R : Velocidad de retroceso

Z : Duración de la descarga



- Velocidad media de avance: 5 – 15 km/h
- Velocidad media de retroceso: 3 – 10 km/h

Producción de un cargador frontal

Ciclo para el transporte lineal

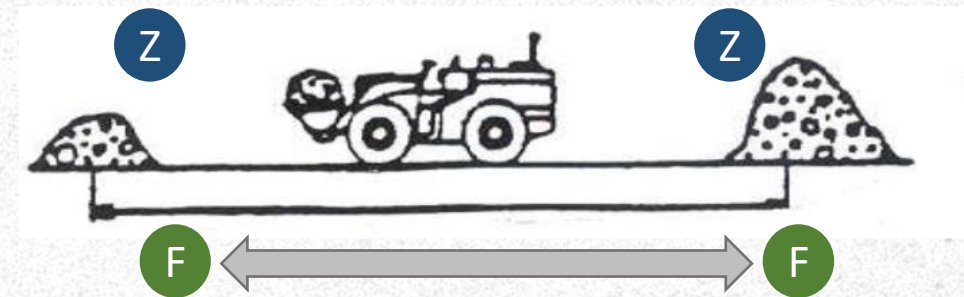
El cargador frontal realiza el traslado de materiales, el ciclo consiste en cargar el material, girar, avanzar, descargar el material, girar y avanzar hasta el punto de partida. El camión se queda totalmente detenido.

Fórmula de la duración del ciclo

$$t = 2 * \frac{D}{F} + Z$$

Donde

- D** : Distancia de acarreo
- F** : Velocidad de avance
- Z** : Duración del carguío, giro, descarga y giro.



- Velocidad media de avance: 5 – 15 km/h
- Velocidad media de retroceso: 3 – 10 km/h

Producción de un cargador frontal

Ciclo de trabajo de un cargador de bajo perfil



Producción de un cargador frontal

Sobre la eficiencia

La eficiencia depende de las condiciones de operación y la disponibilidad de los equipos para cumplir con los trabajos programados. La disponibilidad es la razón entre las horas netas y las horas utilizables. Para incrementar la eficiencia de una flota se debe trabajar en dos aspectos fundamentales, uno es la operación y el otro es el mantenimiento. La operación depende de la capacidad de los operadores y esto se traduce a entrenamientos específicos, por ejemplo, en técnicas de operación eficiente, técnicas de manejo seguro, etc. Por otro lado, el mantenimiento tiene un impacto directo en la disponibilidad, y este depende de la estructura, organización y eficiencia del equipo técnico y administrativo, así como el soporte logístico de los repuestos que brinda el distribuidor o representante de la marca.

Producción de un cargador frontal

Sobre la eficiencia

Condiciones de operación	Mantenimiento de la flota				
	Excelente	Bueno	Normal	Regular	Malo
Excelente	0.83	0.81	0.76	0.70	0.63
Bueno	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
Normal	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
Regular	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
Malo	0.52	0.50	0.47	0.42	0.32

TEST N° 07



<https://forms.gle/v2bUxQjatrRgFAA9>

Cálculos de producción

**Calcule la producción horaria
del cargador frontal Komatsu
WE2350.**



**Calcule la producción horaria
del cargador de bajo perfil
Sandvik LH621.**





INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

