

## **RENDIMIENTOS DE TRANSPORTE DE MATERIAL CON VOLQUETES Y CARGADORES FRONTALES EN LOS ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Cuando se efectúan los presupuestos de obras, existen ciertas obras como las obras viales, en las que se requiere estimar el costo de transporte de material, el cual es parte de un determinado análisis de precio unitario.

Este transporte de material, puede ser: materiales excedentes de obra, material suelto de excavaciones, material de cortes de terreno, rocas, derrumbes, escombros y otros.

Como también se puede requerir el transporte de material desde las canteras a la obra.

Estas actividades de transporte se efectúan con cargadores frontales y volquetes, por lo que es necesario determinar el rendimiento del material transportado en m<sup>3</sup>/día de los volquetes, como también la cantidad de cargadores frontales necesarios por cada volquete.

Vamos a desarrollar el análisis de precio unitario referente al transporte de material excedente para una obra de mantenimiento periódico de una carretera.

### **1. RENDIMIENTO DE TRANSPORTE CON VOLQUETES**

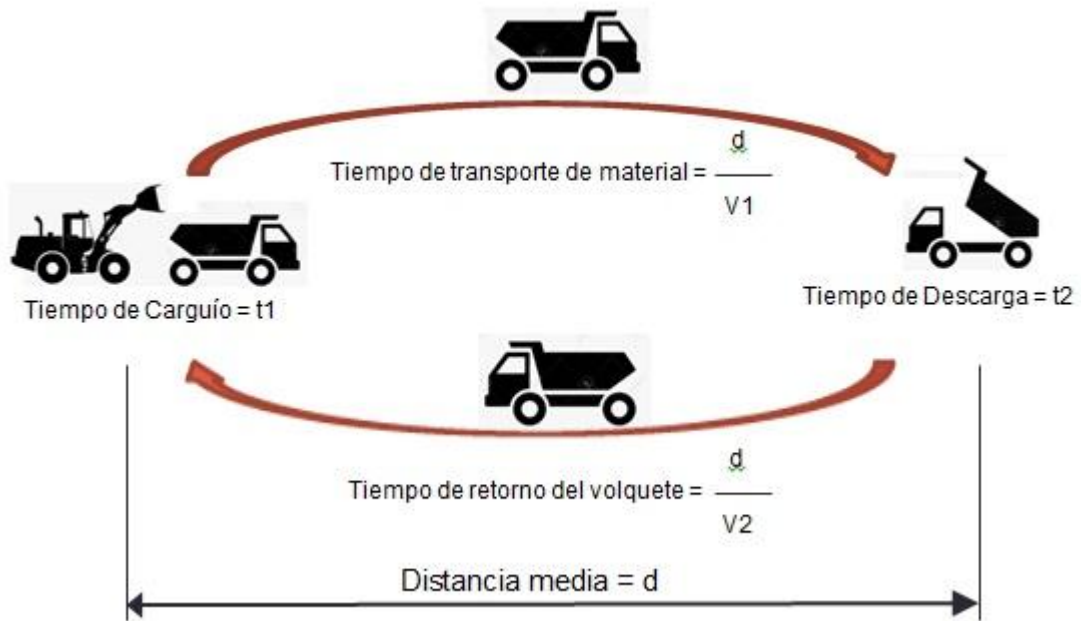
Para determinar el rendimiento de los volquetes, es necesario conocer:

- El ciclo de transporte
- El % de eficiencia de los volquetes
- El factor de esponjamiento del material

#### **1.1 CICLO DE TRANSPORTE DEL VOLQUETE**

El ciclo de transporte consta de 4 tiempos:

- Tiempo del carguío, que comprende la maniobra de carga del material al volquete, empleando cargadores frontales.
- Tiempo de desplazamiento de ida del volquete cargado
- Tiempo para la maniobra de descarga del volquete
- Tiempo de desplazamiento de retorno del volquete vacío



Se considera como distancia media, la distancia entre el lugar de carguío y el lugar de descarga, esta distancia es empleada para determinar los tiempos de ida y vuelta de los volquetes.

### 1.2 PORCENTAJE DE EFICIENCIA DE LOS VOLQUETES

Se considera como porcentaje de eficiencia, la resistencia a la rodadura de los volquetes por el tipo de caminos o la pendiente de los caminos.

TIPO DE CAMINO	% EFICIENCIA
Pistas asfaltadas	0.98
Pistas deterioradas	0.95
Tierra y grava	0.90
Tierra suelta arenosa	0.85

### 1.3 FACTOR DE ESPONJAMIENTO DEL MATERIAL

Al aumento de volumen que experimenta un determinado material por las excavaciones, movimiento de tierras o la extracción de material de una cantera, se le denomina factor de esponjamiento.

Durante la extracción, el material en banco, que es el material en estado natural, aumenta de volumen, por lo que el factor de esponjamiento es la relación del volumen que ocupa el material suelto, entre el volumen del material natural (en banco).

MATERIAL	FACTOR DE ESPONJAMIENTO
Agua	1.00
Arcilla húmeda	1.25
Arcilla seca	1.23
Arcilla y grava húmeda	1.19
Arcilla y grava seca	1.16
Arena	1.12
Arena y arcilla	1.27
Granito fragmentado	1.75
Grava	1.12
Roca 25% + tierra 75%	1.25
Roca 50% + tierra 50%	1.33
Roca 75% + tierra 25%	1.43
Roca caliza	1.69
Roca partida	1.58
Roca partida en grandes trozos	1.98
Tierra común	1.20
Tierra húmeda	1.27
Tierra seca	1.25
Tierra vegetal	1.45
Tierra y grava húmeda	1.10
Tierra y grava seca	1.12

### 1.4 CÁLCULO DEL Nro. DE VIAJES

Vamos a determinar en función al ciclo de trabajo, el cálculo del número de viajes requerido por un volquete, para una eliminación de material excedente, donde la distancia media es la distancia ponderada desde el lugar de carguío hasta el lugar de la descarga.

Para esta obra se están asumiendo los siguientes valores:

Jornada de trabajo		8 horas/día
Distancia media	<b>d</b>	2 km
Tiempo de carga en maniobra de carguío	<b>t1</b>	6.92 min
Tiempo de descarga en maniobra de descarga	<b>t2</b>	2.00 min
Velocidad promedio del vehículo cargado	<b>v1</b>	20 Km/hr = 20/60 Km/min
Velocidad promedio del vehículo descargado	<b>v2</b>	30 Km/hr = 30/60 Km/min

El ciclo es la suma del tiempo de carga, más el tiempo de ida del volquete, más el tiempo de descarga, más el tiempo de vuelta del volquete.

$$\text{Ciclo} = t1 + \frac{d}{v1} + t2 + \frac{d}{v2} = 6.92 + \frac{d}{20/60} + 2 + \frac{d}{30/60} = 6.92 + 3d + 2 + 2d = 18.92 \text{ min}$$

El ciclo de transporte se representa mediante una fórmula, que agrupa como primer término el tiempo de carga más el tiempo de descarga, y como segundo término los tiempos de recorrido del volquete.

Representación de la fórmula del ciclo **8.92 + 5d** en minutos

Considerando un **% de eficiencia** del vehículo de 0.90, se tiene el número de viajes del volquete.

$$\text{Nro. Viajes} = \frac{\text{Jornada} \times \% \text{ eficiencia}}{\text{Ciclo}} = \frac{8 \times 60 \times 0.90}{18.92} = \mathbf{22.83} \text{ viajes/día}$$

### 1.5 CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL VOLQUETE

Considerando un volquete de 15 m<sup>3</sup> y un factor de esponjamiento de 1.20, tenemos:

Volumen transportado = capacidad del volquete x Nro. Viajes

$$\text{Volumen transportado} = 15 \times 22.83 = 342.45 \text{ m}^3/\text{día}$$

Rendimiento del volquete = Volumen transportado / factor de esponjamiento

$$\text{Rendimiento del volquete} = 342.45 / 1.20 = \mathbf{285.38} \text{ m}^3/\text{día}$$

## 2. RENDIMIENTO DE CARGA DEL CARGADOR FRONTAL

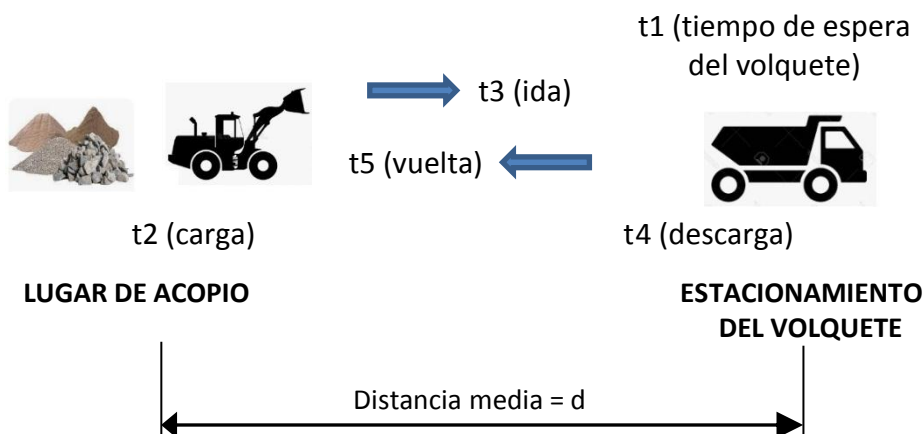
Se va a conformar un análisis de precio unitario considerando un volquete de 15 m<sup>3</sup>, y se requiere saber cuántos cargadores frontales sobre llantas de 3 yardas cúbicas, se necesitan por cada volquete, para lo cual requerimos conocer.

- El ciclo de transporte del cargador
- El rendimiento diario del cargador

### 2.1 CICLO DE TRANSPORTE DEL CARGADOR FRONTAL

El ciclo de transporte de un cargador frontal, consta de 5 tiempos:

- Tiempo de espera del cargador por estacionamiento del volquete
- Tiempo de carga de material en el lugar de acopio
- Tiempo de ida del cargador
- Tiempo de descarga del material sobre el volquete
- Tiempo de vuelta del cargador vacío



Asumiendo los siguientes valores:

Capacidad del cargador frontal	2.187 m <sup>3</sup>
Factor de eficiencia	0.90
Distancia media 50 mts	0.05 Km
Velocidad del cargador de ida 10 Km/hr	10/60 Km/min
Velocidad del cargador de vuelta 15 Km/hr	15/60 Km/min
Tiempo de posicionamiento de carga	15 segundos
Tiempo de posicionamiento de descarga	12 segundos
Tiempo estacionamiento del volquete	1 minuto

El tiempo de espera por estacionamiento del volquete, es el tiempo necesario para llenar el volquete, el cual depende de la cantidad de ciclos empleados por el cargador frontal para llenar dicho volquete.

$$\text{Nro. de ciclos empleados por el cargador, para llenar el volquete} = \frac{\text{Capacidad volquete}}{\text{Capacidad cargador}} = \frac{15 \text{ m}^3}{2.187 \text{ m}^3} = 5.38$$

$$\text{Tiempo de espera por ciclo del cargador } t_1 = \frac{\text{Tiempo de espera del volquete estacionado}}{\text{Nro. Ciclos por volquete}} = \frac{1}{5.38} = 0.18 \text{ min}$$

TIEMPOS		Minutos
Tiempo de espera por ciclo del cargador	<b>t1</b>	0.18
Tiempo de posicionamiento de carga = 15/60 min	<b>t2</b>	0.25
Tiempo de ida del cargador = 0.05/(10/60)	<b>t3</b>	0.30
Tiempo de posicionamiento de descarga = 12/60 min	<b>t4</b>	0.20
Tiempo de vuelta del cargador = 0.05/(15/60)	<b>t5</b>	0.20
<b>Tiempo total del ciclo del cargador</b>		<b>1.13</b>

## 2.2 RENDIMIENTO DIARIO DEL CARGADOR

Tiempo efectivo = Jornada x % eficiencia = 8 horas x 60 min/hr x 0.90 = 423 min diario

$$\text{Nro. de ciclos por día del cargador} = \frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{Tiempo total del ciclo}} = \frac{423}{1.13} = 382.30 \text{ ciclos/día}$$

**Rendimiento diario** = Nro. ciclos x Volumen cargador = 382.30 x 2.187 = **836.09 m<sup>3</sup>/día**

## 2.3 NÚMERO DE CARGADORES POR VOLQUETE

$$\text{Nro. cargadores por volquete} = \frac{\text{Rendimiento diario volquete}}{\text{Rendimiento del cargador}} = \frac{285.38}{836.09} = \mathbf{0.341} \text{ cargadores}$$



### 3. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE

Vamos a generar en el sistema **ConstrucSoft Valor Ganado**, el análisis de precio unitario para el transporte de material excedente a botadero, empleando una cuadrilla de 0.1 capataz y 2 peones, y como equipo se ha considerado 1 camión volquete de 15 m3, para posteriormente calcular el número de cargadores frontales por cada volquete.

Conformado el análisis de precio unitario, con el botón de transporte, procedemos a efectuar el cálculo del rendimiento de transporte del volquete, el cual es el siguiente.

En este cálculo, se obtiene el rendimiento total del volquete de **285.38** m3/día, el cual ha pasado al análisis como el avance de la cuadrilla.

En base a este rendimiento de volquete, se efectúa el cálculo de rendimiento de carga del cargador frontal, y se ha determinado que se requieren de **0.341** cargadores frontales por cada volquete.

Adicionamos el cargador frontal sobre llantas de 3 yardas cúbicas y tenemos el análisis de precio unitario deseado.

ANÁLISIS: 15 10 200 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A BOTADERO M3

Material	0.00	Jornada: 8.0 Horas/día	PRECIO UNITARIO				
Mano de Obra	0.85		S/				
Equipos	7.53		<b>8.38</b>				
Sub-Análisis	0.00	Cuadrilla: 2.10 Hombres					
Sub-Contrato	0.00						

	N	Recurso	DESCRIPCIÓN	UND	Hombres	Cantidad	P. Unitario S/	Parcial S/
Mo	47 50 100	CAPATAZ		H-H	0.10	0.0028	19.18	0.05
Mo	47 80 800	PEON		H-H	2.00	0.0561	14.30	0.80
Equ	48 02 600	CAMIÓN VOILQUETE 15 M3		Máq	1.000	0.0280	190.00	5.32
Equ	49 02 725	CARG.FRONTAL S/LL 125-155 HP 3 YD3		Máq	0.341	0.0096	230.00	2.21

Calculado en Transporte: 285.38 M3 / día
  0.0589 H-H / M3

## 4. REPORTE DE RENDIMIENTOS DE TRANSPORTE

El sistema **ConstrucSoft Valor Ganado**, emite el reporte con los cálculos de todos los rendimientos de transporte de los volquetes, para esta obra de mantenimiento periódico de carretera.

En este reporte debajo del título descripción, se tiene la indicación **Análisis – Nivel**, que indica a que análisis de precio unitario pertenece el cálculo, como también el nivel del encadenamiento de los sub-análisis.



OBRA: MANTENIMIENTO PERIODICO DE CARRETERA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MATERIAL GRANULAR ≤ 1 KM	MAT. EXCENTE A BOTADEROS 2 KM	AGREGADO FINO PARA CONCRETO	AGUA POTABLE
<b>Análisis - Nivel</b>		<b>1510100 - 1</b>	<b>1510200 - 1</b>	<b>5420040 - 3</b>	<b>5010100 - 5</b>
Distancia Media (d)	Km	1.00	2.00	84.02	26.00
Velocidad Promedio Cargado (v1)	Km/h	20	20	40	20
Velocidad Promedio Descargado (v2)	Km/h	30	30	50	35
Tiempo de Carga	Min.	6.92	6.92	6.92	10.00
Tiempo de Descarga	Min.	2.00	2.00	2.00	20.00
Tiempo Recorrido Cargado (60d/v1)	Min.	3.00 x d	3.00 x d	1.50 x d	3.00 x d
Tiempo Recorrido Descargado (60d/v2)	Min.	2.00 x d	2.00 x d	1.20 x d	1.71 x d
Tiempo útil	Min.	432.00	432.00	432.00	432.00
Tiempo de ciclo del volquete	Min.	8.92 + 5.00 x d	8.92 + 5.00 x d	8.92 + 2.70 x d	30.00 + 4.71 x d
Ciclo	Min.	13.92	18.92	235.77	152.57
Número de Viajes	Viajes	31.00	22.83	2.00	3.00
Porcentaje de Eficiencia	%	0.90	0.90	0.90	0.90
Capacidad del Volquete	m3	15.00	15.00	15.00	10.10
Número de volquetes		1	1	1	1
Rendimiento del Volquete	m3/día	387.50	285.38	25.00	30.30
VOLUMEN TRANSPORTADO	m3/día	465.00	342.45	30.00	30.30
Factor de Esponjamiento		1.20	1.20	1.20	1.00
<b>RENDIMIENTO TOTAL</b>	m3/día	<b>387.50</b>	<b>285.38</b>	<b>25.00</b>	<b>30.30</b>

## 5. VIDEO DE CÁLCULO DE RENDIMIENTOS DEL VOLQUETE Y CARGADOR FRONTAL

El presente video muestra cómo se procesado el análisis de precio unitario en el sistema **ConstrucSoft Valor Ganado**.

Haga de **ConstrucSoft** Valor Ganado  
El mejor aliado de su empresa

**Rendimiento de volquetes y cargadores en los Análisis de Precios Unitarios**



[https://youtu.be/6Sr7hgV23\\_Y](https://youtu.be/6Sr7hgV23_Y)

## **5. RECOMENDAMOS VISITAR [www.construcsoft.com](http://www.construcsoft.com)**

Donde encontrarán los **videos de ConstrucSoft**, en los cuales se han desarrollado temas referentes a análisis de precios unitarios, presupuestos, programación, valorización, establecer fases de control y llevar el control económico de obra.

Allí también podrán descargar los **sistemas Gratis de ConstrucSoft**.

A los usuarios de **ConstrucSoft**, les comunicamos que pueden descargar desde nuestra página [www.construcsoft.com](http://www.construcsoft.com), diferentes bases de datos, las que podrán incluir directamente al directorio de obras del sistema **ConstrucSoft Valor Ganado**.

**Ing. Gilberto León Ruiz**  
**construcsoft@gmail.com**

Autor de los Sistemas ConstrucSoft

**Haga de ConstrucSoft el mejor aliado de su empresa**

Lima- Perú  
2020