



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
**PIRHUA**

# ANÁLISIS DEL TRANSPORTE DE MATERIALES EN OBRAS VIALES

Helen Hilario-Teodoro

Lima, agosto de 2017

FACULTAD DE INGENIERÍA

Hilario, H. (2017). Análisis del transporte de materiales en obras viales. En E. Carrera (Dir.), *I Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos III Congreso Regional IPMA – LATNET*, (pp. 1-13). Lima: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.



Esta obra está bajo una licencia  
[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

I CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA Y DIRECCIÓN DE  
PROYECTOS  
III CONGRESO IPMA-LATNET

**ANÁLISIS DEL TRANSPORTE DE MATERIALES EN OBRAS VIALES**

Helen Michel Hilario Teodoro

Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Calle Mártir Olaya 162 – Miraflores, Lima, Perú.

Autor en correspondencia: Hilario, Helen

Correo electrónico: [maycol318@gmail.com](mailto:maycol318@gmail.com)

**Palabras claves:** Transporte de materiales, obras viales, movimiento de tierras, carreteras, análisis de riesgo, confiabilidad.

**RESUMEN**

En la construcción de carreteras, el Transporte de Materiales es una de las partidas más incidentes en el presupuesto de obra por lo que merece un análisis especial, vamos a demostrar la incidencia lo con una estadística de proyectos históricos elaborados en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Aparentemente la partida transporte de materiales es muy sencillo ya que consiste en transportar un material de un lugar a otro, sin embargo tiene sus particularidades que van a ser analizados a detalle.

Para el análisis del transporte de materiales usaremos la información de la obra "Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Canta – Huayllay", se evaluarán todos los recursos que se usan para su ejecución, los rendimientos por distancias, ratios de consumo de combustible de los equipos, costos unitarios reales para distancias menores y mayores a 1 km, velocidades de transporte tanto cargados como vacíos, y finalmente el análisis de riesgo de la partida que nos permitirá identificar el recurso más incidente para tomar decisiones de mejora o superar deficiencias.

Todos los resultados obtenidos en el análisis, serán comparados con el expediente técnico aprobado, planteando las recomendaciones necesarias.

**Keywords:** Transportation of materials, roadworks, earthworks, roads, risk analysis, reliability.

**ABSTRACT**

In the construction of roads, the transportation of materials is one of the most incidental items in the budget of work for which it deserves a special analysis, we are going to demonstrate the incidence with a statistic of historical projects which were elaborated in the Ministry of Transport and Communications.

Apparently, the transport of materials is very simple because it consists of transporting materials from one place to another; however, it has its particularities that are going to be analyzed in detail.

For the analysis of the transportation of materials, we will use the information of the work "Rehabilitation and Improvement of the Highway Canta - Huayllay", all the resources that are used for its execution will be evaluated, the yields by distances, fuel consumption,

ratios of the equipment, real unit costs for distances that are less than and greater than 1 km, empty and loaded transportation speed, and finally the analysis of risk of the project that will allow us to identify the most incident resource to take decisions of improving or overcoming deficiencies.

All the results obtained in the analysis, will be compared with the approved technical report, proposing the necessary recommendations.

---

## 1. Introducción

El transporte de materiales en las obras de infraestructura vial es importante debido a la gran cantidad de material que se tiene que trasladar de un punto a otro, por ejemplo en el movimiento de tierras (excavación de material suelto, roca suelta y roca fija, terraplenes, mejoramientos, derrumbes, etc.), en el pavimento (sub base granular, base granular, concreto asfáltico, etc.), en las obras de drenaje (cunetas, alcantarillas, muros, sub drenes, pases vehiculares, zanjas de coronación, gaviones, etc.), en los puentes, en los túneles entre otros.

Además en obra se tiene las canteras y depósitos de material excedente ubicados en diferentes puntos del tramo y con capacidades limitadas, haciendo que el transporte de materiales sea una partida que incide en el presupuesto de obra, por lo tanto merece que se analice a detalle.

Con este fin, se va a analizar todos los recursos (mano de obra, materiales y equipos) que se usan para desarrollar el transporte de materiales, los rendimientos en obra, el ciclo y velocidad del volquete para diferentes distancias, el consumo de combustible, los costos y riesgos.

Finalmente estos resultados lo vamos a comparar con el expediente técnico aprobado.

## 2. Importancia

Para demostrar que el transporte de materiales es importante en las obras de infraestructura vial, vamos a usar la información histórica de los proyectos aprobados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Nacional<sup>1</sup> y conocer la incidencia con respecto al costo directo del proyecto.

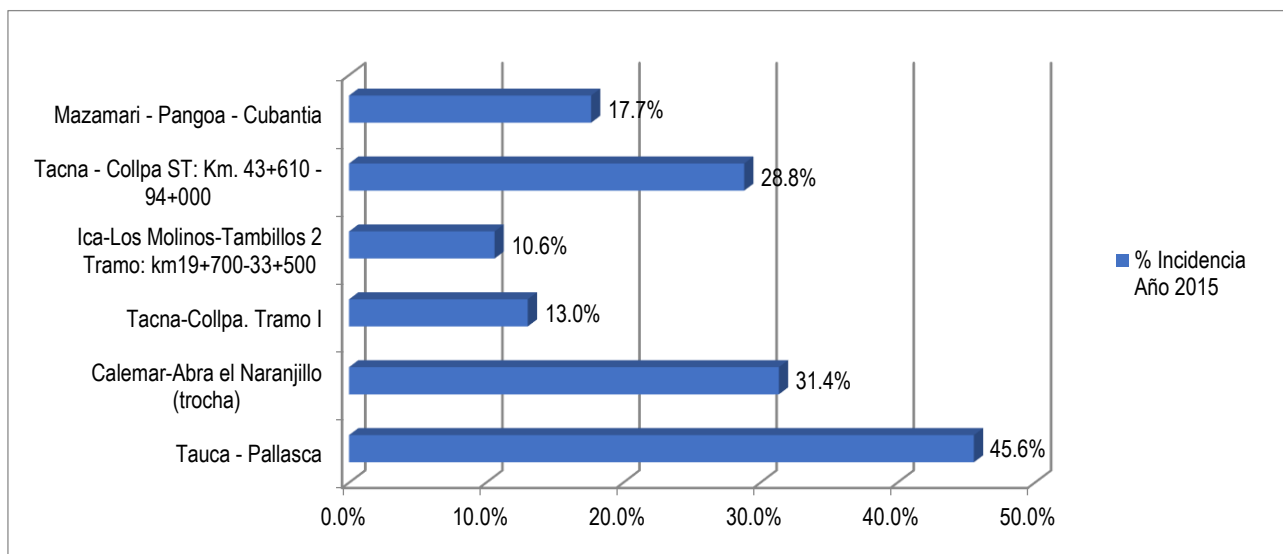
### 2.1 Proyectos del Año 2015

En la figura 1, se muestran los proyectos aprobados durante el año 2015 donde el porcentaje de incidencia del costo del transporte de materiales varía de 10.6% a 45.6% con respecto al costo directo del proyecto.

---

<sup>1</sup> Información tomado de los expediente técnicos aprobados en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Nacional, de la página web en la parte de “Expedientes Técnicos” en el link: <http://www.proviasnac.gob.pe/frmConcursosyLicitaciones.aspx?idmenu=565#>

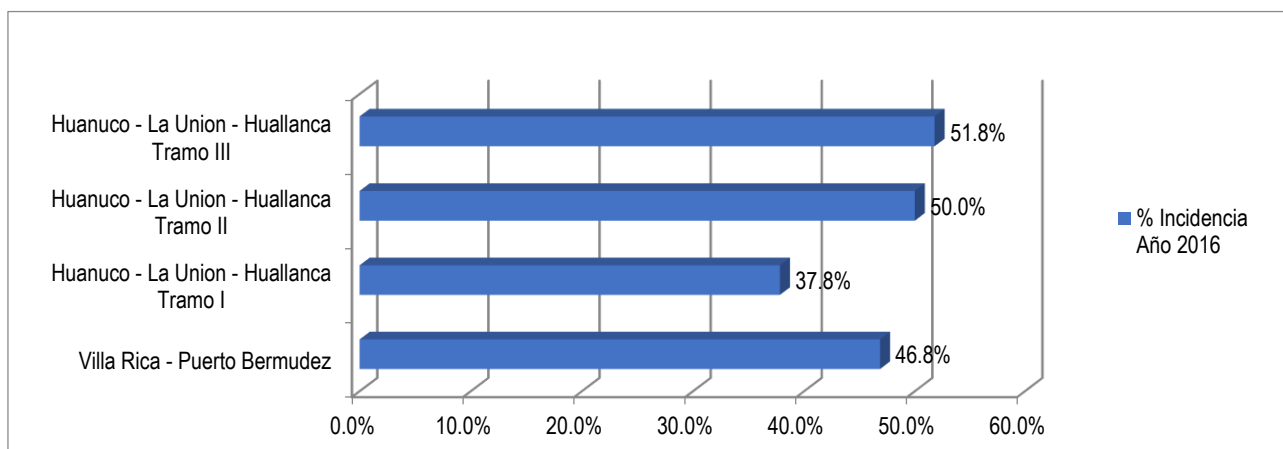
**Figura 1: Porcentaje de Incidencia del Transporte de Materiales, proyectos año 2015.**



## 2.2 Proyectos del Año 2016

En la figura 2, se muestran los proyectos aprobados durante el año 2016 donde el porcentaje de incidencia del costo del transporte de materiales varía de 37.8% a 51.8% con respecto al costo directo del proyecto.

**Figura 2: Porcentaje de Incidencia del Transporte de Materiales, proyectos año 2016.**



## 2.3 Costo por Km de Obra Viales

Con los presupuestos de proyectos aprobados en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Nacional, se calculó el costo por kilómetro de carretera.

Con el fin de comparar los costos por kilómetro de carretera de los proyectos, aprobados entre los años 2011 y 2016, con fecha de corte diciembre 2016, se actualizó los costos usando los datos de inflación del Banco Central de Reservas del Perú y para la conversión el tipo de cambio 3.398 del Ministerio de Economía y Finanzas.

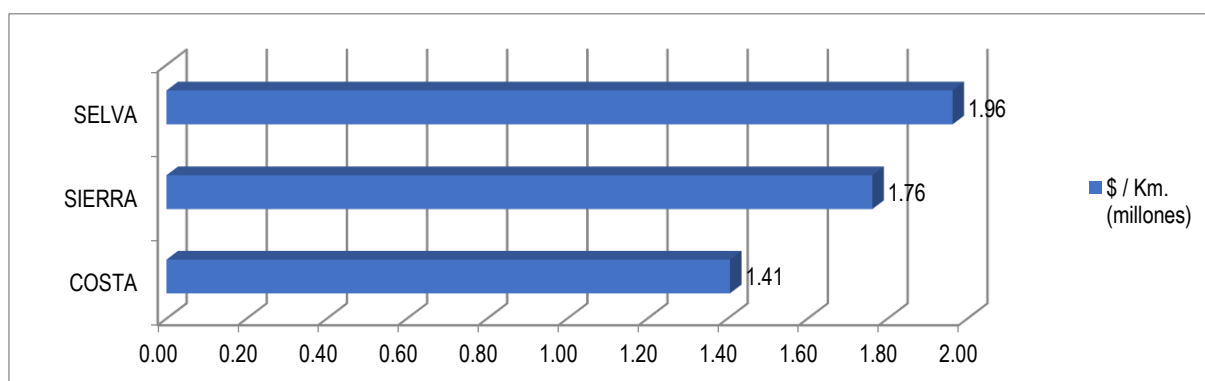
**Tabla 1: Costo por Kilómetro de Carreteras - PVN (2011 - 2016)**

ITEM	DESCRIPCIÓN	SOLES (S/.)	DOLARES (\$)
1	COSTA	S/. 4,778,403.50	\$1,406,239.99
2	SIERRA	S/. 5,987,102.20	\$1,761,948.85
3	SELVA	S/. 6,669,716.45	\$1,962,835.92
<b>PROMEDIO</b>			<b>\$1,710,341.59</b>

Tipo de Cambio - MEF: 3.398

([http://www.mef.gob.pe/contenidos/tipo\\_cambio/tipo\\_cambio.php](http://www.mef.gob.pe/contenidos/tipo_cambio/tipo_cambio.php))

**Figura 3: Costo por Kilómetro de las Carretera – PVN (2011-2016)**



En la tabla 1 y en la figura 3, se muestra lo siguiente:

En los proyectos de la costa, el ratio del costo por Km de carretera es de 1.41 millones de dólares, un dato consistente porque representa a 12 proyectos.

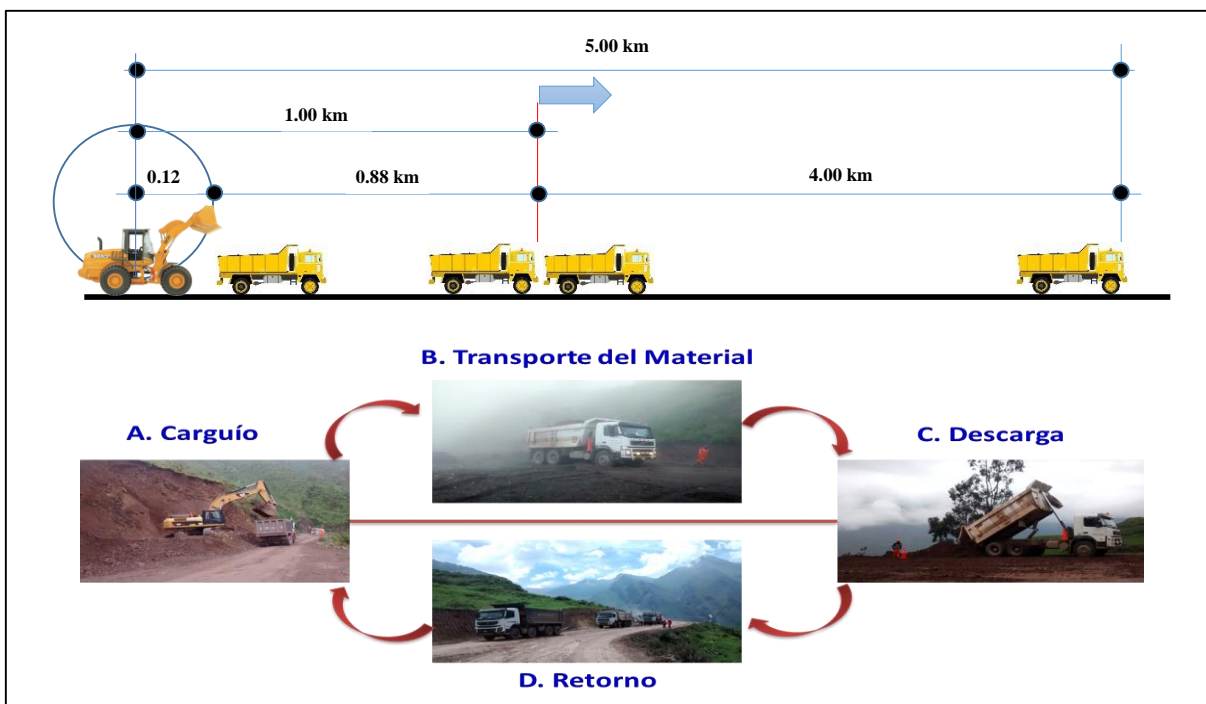
En los proyectos de la sierra, entre 2300 a 3800 msnm, el ratio del costo por Km de carretera es de 1.76 millones de dólares, un dato consistente porque representa a 14 proyectos. El ratio aumenta debido a la falta de depósitos de material excedente, lo cual genera un incremento en los costos de transporte de desechos y excedentes.

En los proyectos de la selva, el ratio del costo por Km de carretera es de 1.96 millones de dólares, un dato consistente porque representa a 13 proyectos. El ratio se eleva, debido a la falta de agregados en la zona del proyecto, incrementando los costos de transporte de agregados.

## 2.4 Diagrama del Transporte de Materiales

En la figura 4 se muestra el diagrama de transporte de materiales: el carguío, transporte, y la descarga del material, y el retorno del volquete.

Figura 4: Diagrama del Transporte de Materiales



### 3. Objetivos

#### 3.1 Objetivo General

- Analizar el transporte de materiales en obras viales.

#### 3.2 Objetivo Específico

- Determinar los ratios de consumo de combustible de los volquetes.
- Determinar el ciclo del volquete en el transporte de materiales.
- Determinar las velocidades de los volquetes, con carga y vacío.
- Determinar los rendimientos por distancias.
- Determinar los costos unitarios para distancias menores y mayores de 1 km.
- Análisis de riesgo de la partida transporte de materiales.

### 4. Metodología

La metodología que se va a usar para lograr nuestro objetivo es la observación, donde a través de controles en obra del transporte de materiales vamos a recolectar la información necesaria y luego procesar.

#### 4.1 Control de Costos

El costo de la partida de transporte de materiales, es la suma del costo de todos los recursos que se usan para ejecutar la actividad: mano de obra, materiales y equipos.

El costo unitario resulta del costo total entre la producción del día.

#### 4.2 Controles de Obra

Para obtener los datos de obra, es necesario usar formatos o reportes que personal capacitado debe anotar a diario, entre estos tenemos:

**Hoja de Ruta del Volquete:** para obtener los datos del operador, del volquete, cantidad de combustible suministrado al volquete, tipo de material a transportar, capacidad del

volquete, kilómetro inicial y final del recorrido, tiempo de inicio de carga del material, tiempo de salida del punto de carguío, tiempo de llegada al punto de descarga, tiempo de salida del punto de descarga, tiempo de llegada al punto de carguío, motivo de demora o paralización.

Las distancias y los tiempos son anotados en cada viaje que realiza el volquete, y el formato es llenado por el operador del volquete, quien es capacitado para su correcto llenado.

Asimismo nos permite saber la producción del día de cada volquete, a nivel de volumen del material transportado (m3) que luego en gabinete será procesado para el cálculo en m3-km.

**Parte Diario de Producción:** para obtener los recursos usados como mano de obra, materiales, equipos y producción diaria por frente de trabajo.

Este formato es llenado por el controlador de campo, quien cruza información de la producción con el operador del volquete.

**Reportes de Control:** Toda la información que se toma en campo debe ser procesado en gabinete por los ingenieros en una base de datos, que nos permita calcular todos los datos que requerimos.

## 5. Resultados

Todos los resultados son de la obra “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Canta – Huayllay”, obtenidos entre el 2014 y 2015 durante mi permanencia en obra.

La carretera Canta – Huayllay se encuentra ubicada en la parte central del país, en los departamentos de Lima, Junín y Pasco, pertenece a la Ruta N° 018 de la Red Vial Nacional y se extiende sobre los departamentos de Lima, Junín y Pasco, provincias de Canta, Yauli y Pasco entre 2,800 m.s.n.m. y 4,680 m.s.n.m. (según expediente técnico).

**Tabla 2: Incidencia del Transporte de Materiales en el Presupuesto.**

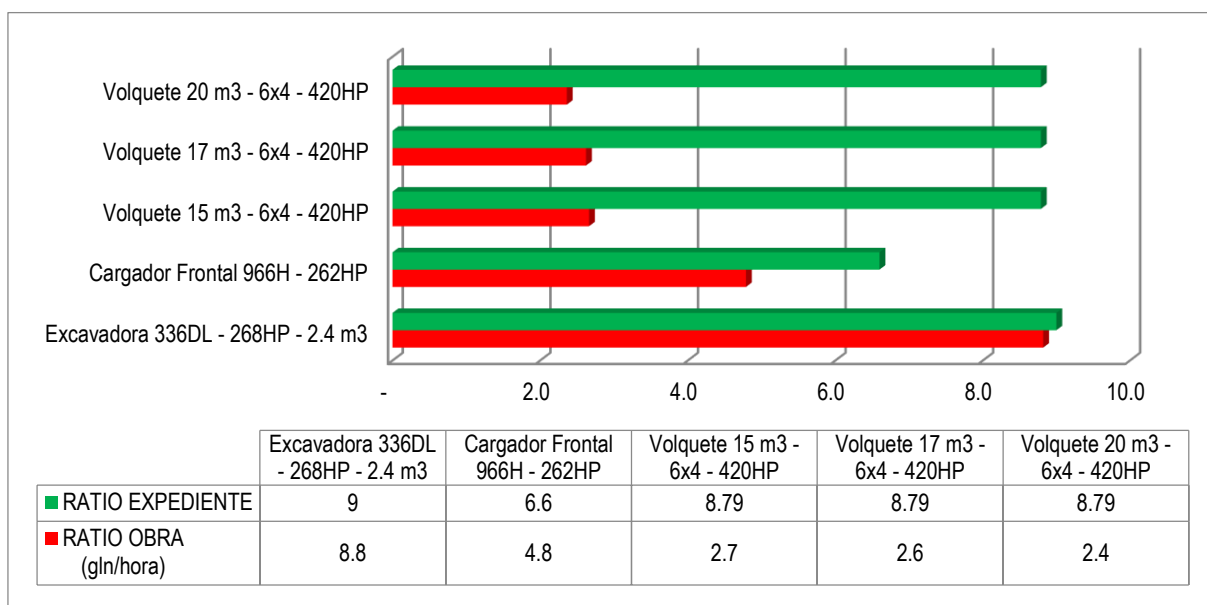
ITEM	DESCRIPCIÓN	MONTO (S/.)	%
100	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	2,714,779.52	0.9%
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS	50,302,941.49	17.3%
300	BASES Y SUB-BASES	21,679,967.71	7.5%
400	PAVIMENTO ASFALTICO	52,369,502.57	18.0%
600	OBRAS DE ARTE	31,819,732.02	10.9%
700	TRANSPORTES	88,510,010.20	<b>30.4%</b>
800	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL	34,202,140.25	11.8%
900	PROTECCION AMBIENTAL	5,342,738.15	1.8%
1100	PONTONES	3,917,372.10	1.3%
		<b>290,859,184.01</b>	<b>100.00%</b>

Fuente de datos: Expediente Técnico ([www.proviasnac.gob.pe](http://www.proviasnac.gob.pe))

### 5.1 Ratio de Consumo de Combustible

El ratio de consumo de combustible de los equipos resulta de la cantidad total de combustible (galones) entre las horas de trabajo del equipo durante un largo periodo de tiempo.

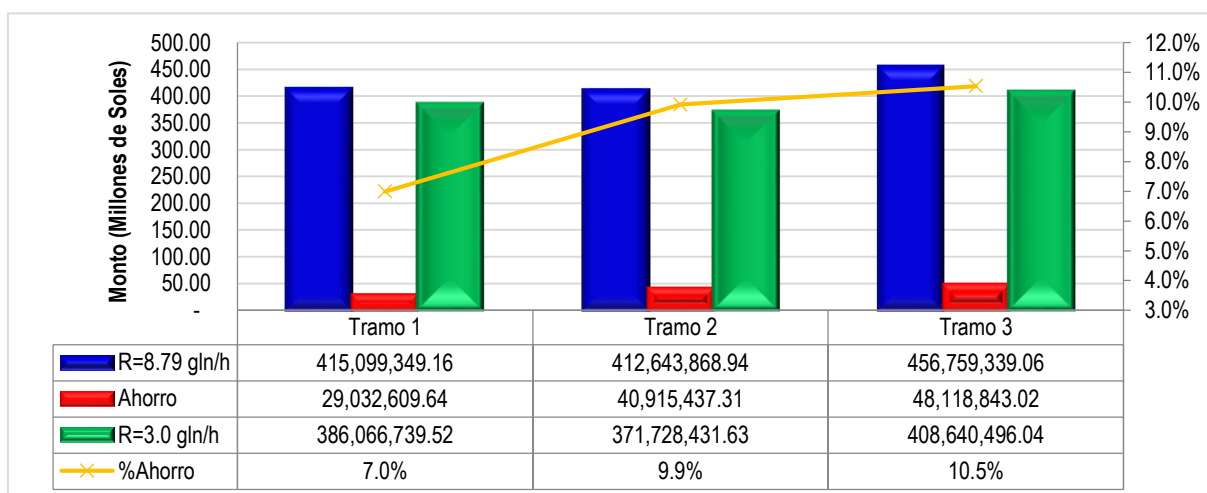
**Figura 5: Ratio de Consumo de Combustible (galón/hora)**



En la figura 5 se puede observar que el ratio del consumo del combustible del volquete en obra es como máximo de 2.7 gln/hora y en el expediente técnico se considera 8.79 gln/hora.

Considerando el resultado anterior, en la figura 6 se muestra cuál es la incidencia cuando se considera una ratio de consumo de combustible (R) del volquete de 3 gln/hora en 3 proyectos que se han aprobado en el periodo 2016 – 2017 en Provias Nacional.

**Figura 6: Presupuesto según ET considerando R=8.79 gln/h vs R=3 gln/h**



Proyectos: Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera Huánuco – Conococha, sector Huánuco – La Unión – Huallanca, ruta PE-3N. Tramos 1, 2 y 3 (Fuente: Provias Nacional)

## 5.2 Tiempo del Ciclo y Velocidad del Volquete

El tiempo del ciclo de volquete es la suma del tiempo de carga, el tiempo de transporte, el tiempo de descarga, y el tiempo de retorno del volquete.

**Tiempo de carga y descarga:** se considera como equipo que carga una excavadora sobre oruga Caterpillar 336DL de 2.40 m3 y 268 HP, los volquetes de descarga un

volquete Volvo FM12 6x4 de 15 m<sup>3</sup> y 17 m<sup>3</sup>. En la tabla 3 se muestran los tiempos obtenidos en obra.

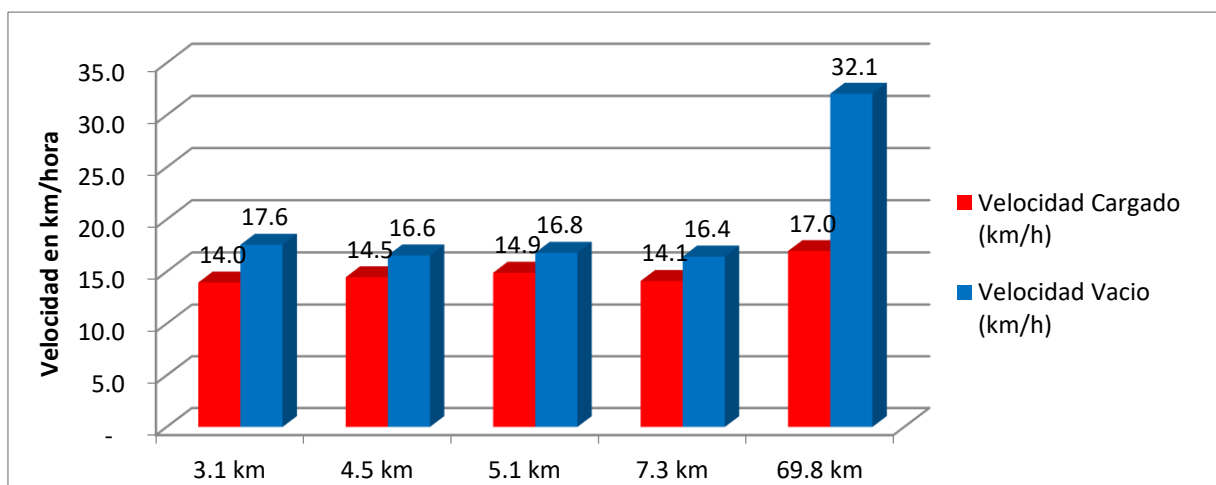
**Tabla 3: Tiempo promedios de carga con excavadora y descarga con volquetes.**

ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE VIAJES	TIEMPO PROM. DE CARGA (min)	TIEMPO PROM. DE DESCARGA (min)
1	Febrero 2015	7,879.00	02:14	01:53
2	Marzo 2015	9,202.00	02:37	01:43
3	Abril 2015	14,532.00	02:34	01:44
4	Mayo 2015	2,992.00	02:30	01:24
		<b>34,605.00</b>	<b>00:02:29</b>	<b>00:01:41</b>

Según el expediente técnico en la partida de Transporte de Desechos y Excedentes, el tiempo de carga es de 7.5 minutos y el tiempo de descarga es de 4.0 minutos.

**Cálculo de velocidad cargado y vacío:** la velocidad es el resultado de la distancia entre el tiempo de recorrido, en la figura 7 se muestran las velocidades obtenidas en obra.

**Figura 7: Velocidades de los Volquetes, por distancias.**



En el expediente técnico se considera velocidad cargado de 20 km/h y velocidad vacío de 30 km/h para distancias menores a 1 km, y velocidad cargado de 25 km/h y velocidad vacío de 35 km/h para distancias mayores a 1 km.

**Tiempo del Ciclo:** ya habiendo obtenido los tiempos de carga y descarga, y las velocidades, elaboramos la tabla 4, el ciclo teórico del volquete para diferentes velocidades.

**Tabla 4: Ciclo teórico de los volquetes según distancia de transporte.**

Distancia (km)	Vel. Cargado (km/h)	Vel. Vacío (km/h)	Tiempo Carga (min)	Tiempo Ida (min)	Tiempo Descarga (min)	Tiempo Retorno (min)	Ciclo (min)
0.5 k	14	17	3	2.1	2	1.8	8.9
1.0 k	14	17	3	4.3	2	3.5	12.8
2.0 k	14	17	3	8.6	2	7.1	20.7
3.0 k	14	17	3	12.9	2	10.6	28.5
4.0 k	14	17	3	17.1	2	14.1	36.2
5.0 k	14	17	3	21.4	2	17.6	44
6.0 k	14	17	3	25.7	2	21.2	51.9
7.0 k	14	17	3	30	2	24.7	59.7
8.0 k	14	17	3	34.3	2	28.2	67.5
9.0 k	14	17	3	38.6	2	31.8	75.4
10.0 k	14	17	3	42.9	2	35.3	83.2

En el expediente técnico se considera un ciclo de 16.5 minutos.

### 5.3 Rendimiento del Volquete

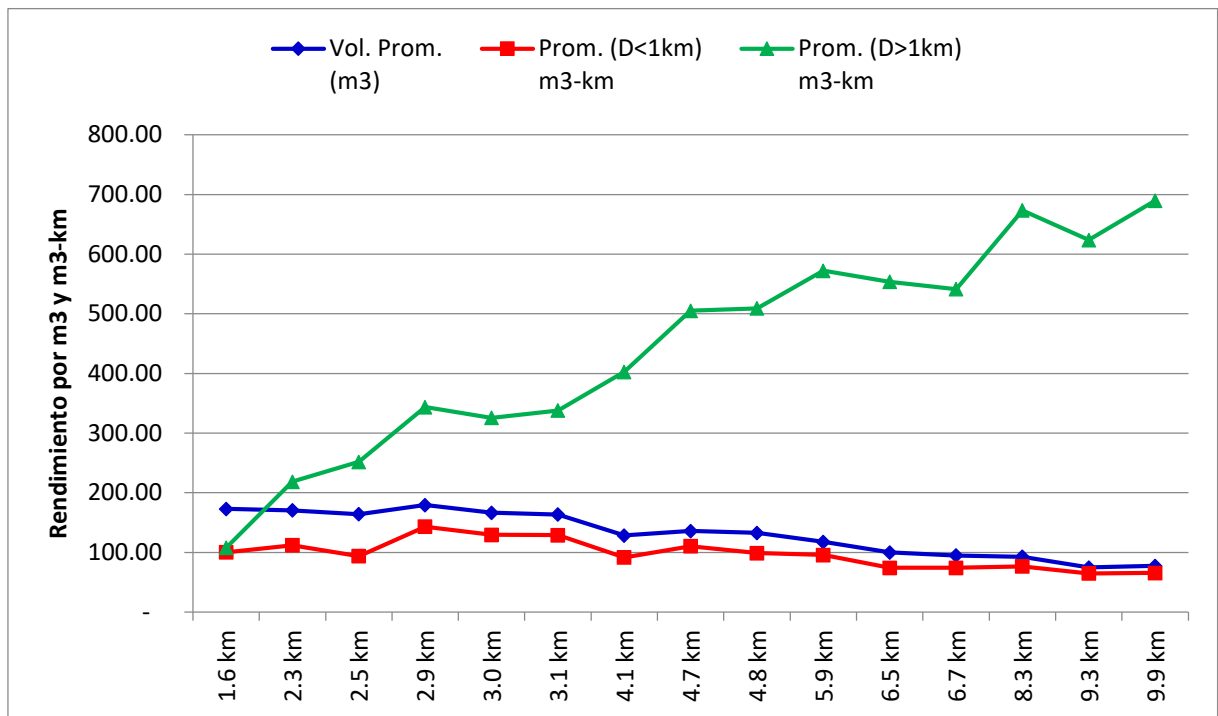
Según el expediente técnico, el rendimiento diario para el transporte de desechos y excedentes, es de 300 m<sup>3</sup>-km y de 1,212 m<sup>3</sup>-km para distancias menor y mayor a 1 km. En obra se obtuvo rendimientos promedios máximos de 143 m<sup>3</sup>-km y 689 m<sup>3</sup>-km para distancias menor y mayor a 1 km respectivamente, tal como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5: Rendimiento mensual y promedio diario de los volquetes.**

Nº	Código del Volquete	Vol. Total (m3)	Total (D<1km) m3-km	Total (D>1km) m3-km	Nº días	Vol. Prom. (m3)	Prom. (D<1km) m3-km	Prom. (D>1km) m3-km	Distancia Prom.
1	EPE12VOLD31	4,500.00	2,607.04	2,804.69	26	173.08	100.27	107.87	1.6 km
2	EPE12VOLD10	4,097.00	2,691.44	5,243.56	24	170.71	112.14	218.48	2.3 km
3	EPE12VOLD01	4,267.00	2,442.73	6,551.23	26	164.12	93.95	251.97	2.5 km
4	EPE12VOLD32	4,845.00	3,868.52	9,280.52	27	179.44	143.28	343.72	2.9 km
5	EPE12VOLD18	3,995.00	3,110.83	7,815.33	24	166.46	129.62	325.64	3.0 km
6	EPE12VOLD17	4,420.00	3,480.07	9,124.65	27	163.70	128.89	337.95	3.1 km
7	EPE12VOLD14	3,213.00	2,294.78	10,064.56	25	128.52	91.79	402.58	4.1 km
8	EPE12VOLD20	3,536.00	2,871.30	13,133.64	26	136.00	110.43	505.14	4.7 km
9	EPE12VOLD07	3,451.00	2,573.29	13,238.76	26	132.73	98.97	509.18	4.8 km
10	EPE12VOLD11	2,941.00	2,395.47	14,303.51	25	117.64	95.82	572.14	5.9 km
11	EPE12VOLD03	2,703.00	2,007.07	14,951.13	27	100.11	74.34	553.75	6.5 km
12	EPE12VOLD09	2,465.00	1,928.71	14,073.89	26	94.81	74.18	541.30	6.7 km
13	EPE12VOLD04	2,414.00	1,992.91	17,503.40	26	92.85	76.65	673.21	8.3 km
14	EPE12VOLD19	1,870.00	1,624.95	15,594.20	25	74.80	65.00	623.77	9.3 km
15	EPE12VOLD08	2,091.00	1,774.46	18,621.46	27	77.44	65.72	689.68	9.9 km

En la figura 8, se muestra el rendimiento promedio diario de los volquetes, según distancias, que se han obtenido en obra.

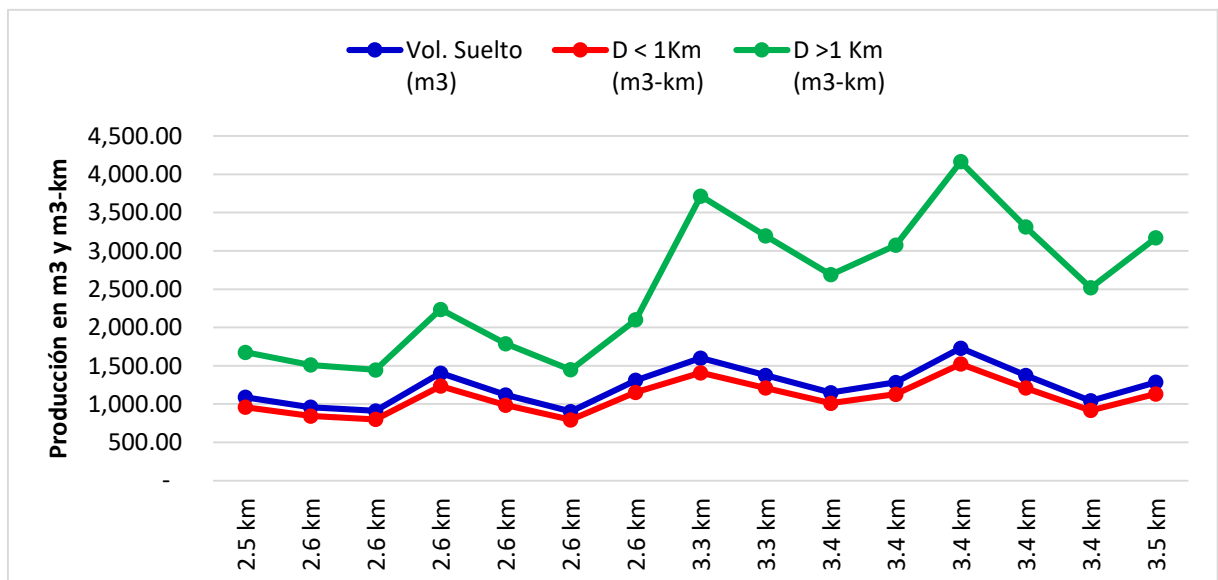
Figura 8: Rendimiento promedio diario de los volquetes, por distancias.



#### 5.4 Producción de un Frente de Trabajo

En obra, el transporte de desechos y excedentes se realiza por frentes de trabajo, en donde se tienen asignados varios volquetes.

Figura 9: Producción diaria del transporte de desechos y excedentes.



Por frente de trabajo, se obtiene rendimientos diarios para distancias entre 2.5 km a 3.5 km de 1,000 m3-km para distancias menores a 1 km y un promedio de 3,000 m3-km para distancias mayores a 1 km, tal como se muestra en la figura 9.

## 5.5 Costo de Transporte de Materiales

De acuerdo a la producción mensual de cada volquete, se realiza su valorización con los precios del expediente técnico, obteniendo los resultados de la figura 10.

Figura 10: Valorización de la producción mensual, con precios del Expediente Técnico.

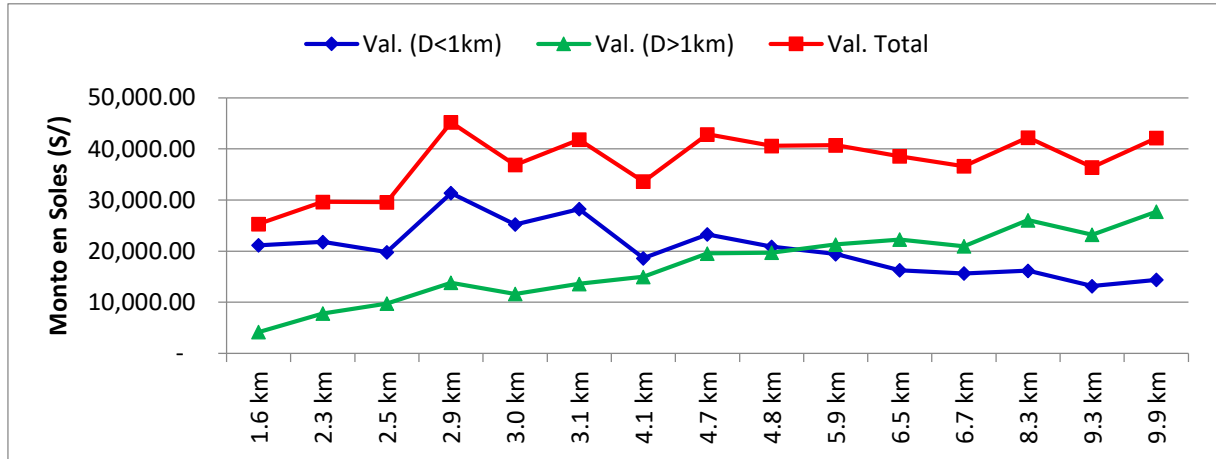
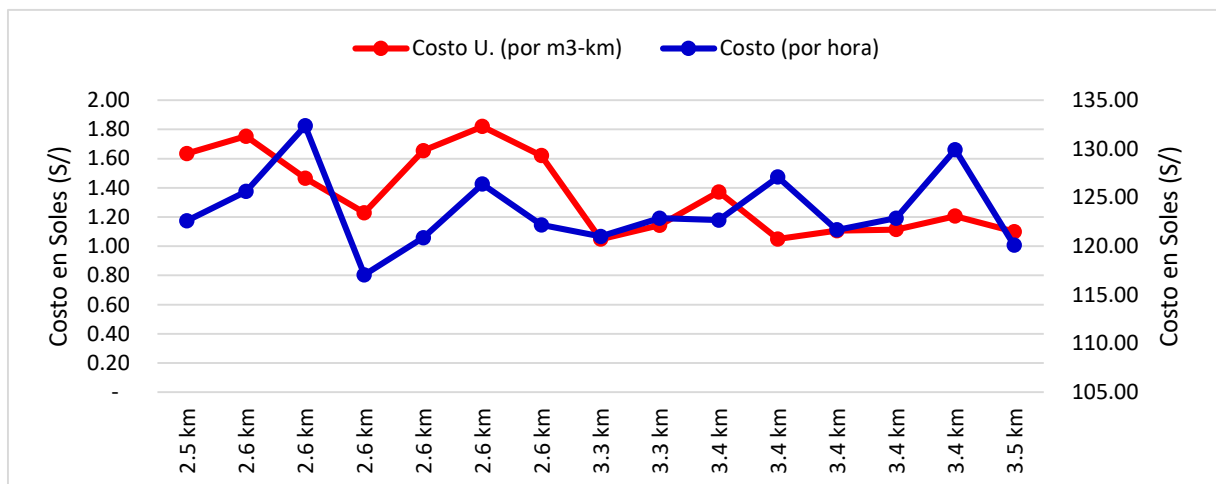


Figura 11: Costo Unitario ponderado m3-km vs Costo por hora



El costo unitario ponderado por m3-km del expediente técnico de la partida de transporte de materiales y excedentes es de S/ 1.85 mientras que en obra obtenemos un costo unitario promedio de S/ 1.35. Asimismo, calculamos como referencia el costo por hora, teniendo un promedio de S/ 124 por hora, tal como se muestra en la figura 11.

## 6. Conclusiones

- El análisis de transporte de materiales que se realizó es un comparativo entre los criterios que se utilizan en el expediente técnico elaborado en gabinete y los resultados obtenidos en obra.
- El transporte de materiales es importante en las obras de infraestructura vial, porque incide hasta en un 50% del costo directo del proyecto.
- En obra, el ratio de consumo de combustible del volquete es de 2.70 gln/h como máximo y difiere mucho del expediente técnico que considera 8.79 gln/h.

Considerando un ratio de 3.0 gln/h en 3 proyectos aprobados, el presupuesto se reduce hasta en un 10%.

- Los tiempos de carga y descarga en obra es de 2.5 y 1.68 minutos respectivamente, mientras que en el expediente técnico se considera 7.50 y 4 minutos. Además, las velocidades cargado y vacío en obra del volquete son de 14 y 17 km/h respectivamente y se obtiene hasta 17 y 30 km/h, En el expediente técnico se consideran velocidades cargado y vacío de 20 y 30 km/h respectivamente y llegando hasta 25 y 35 km/h.
- Los rendimientos en obra son de 143 y 689 m<sup>3</sup>-km para distancias menor y mayor a 1 km respectivamente, en el expediente técnico se consideran rendimientos de 300 y 1,212 m<sup>3</sup>-km respectivamente. Los rendimientos por frente de trabajo considerando entre 5 y 6 volquetes oscila entre 1,087.33 y 2,536.40 m<sup>3</sup>-km para distancias menores y mayores de 1 km.
- Los costos unitarios ponderados en obra se obtuvo S/ 1.35 por m<sup>3</sup>-km y en el expediente técnico resulta S/ 1.85 por m<sup>3</sup>-km. El costo ponderado, resulta de dividir el costo total de los recursos entre la suma de metrados, para distancias menor y mayor a 1 km. Asimismo, en obra se obtiene el costo de producción promedio de S/ 124 por hora de cada volquete.

## Referencias Bibliográficas

1. Caterpillar (Enero 2016). *Manual de Rendimiento Caterpillar*. (46ava Edición). Peoria, Illinois, EE.UU.: Caterpillar Inc.
2. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Junio 2013). *Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013"*. Lima, Perú. Obtenido de [http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/manuales.html](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html)
3. Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J. & Shapira, A. (2006). *Construction Planning, Equipment and Methods*. (7th Edition). New York: The McGraw-Hill Companies.
4. Provias Nacional (2017). *Expedientes Técnicos*. Lima, Perú: Obtenido de: <http://www.proviasnac.gob.pe/frmConcursosyLicitaciones.aspx?idmenu=565#>
5. Provias Nacional (2017). Expediente Técnico, Licitaciones, 2013. *Mejoramiento, Rehabilitacion y Conservacion por Niveles de Servicio del Corredor Vial Lima – Canta – Huayllay – Dv. Cochamarca – Empalme PE 3N*. Lima, Perú: Obtenido de: <http://gis.proviasnac.gob.pe/Expedientes/2013/LPI%200002-2013/Expediente%20Canta%20-%20Huayllay/>