

MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO CARGUÍO Y TRANSPORTE

PROYECTO: CARRETERA

Elaborado por: Miguel Pujada Bermúdez

Basado en el trabajo para el curso “Calidad y Productividad en la Construcción” – Diplomado en Construction Management – ESAN - 2013

La mejora continua debería convertirse en un hábito aplicable a todo proceso productivo e incluso al comportamiento y conocimiento humanos.

Mejorar la productividad de los procesos de un proyecto de construcción debe ser uno de los objetivos principales de quienes tienen a su cargo la dirección de todo proyecto.

ANTECEDENTES

A continuación mostramos un ejemplo de como la mejora de la productividad de un proceso relevante de un proyecto de construcción, en este caso una carretera, impacta positivamente en la rentabilidad de éste.

Los datos han sido tomados de un proyecto real, habiéndose adecuado algunos aspectos para darle forma al ejemplo.

El proyecto consiste en la construcción de 180 km de carretera afirmada, que uniría la carretera Nazca – Cuzco con una unidad minera ubicada en el departamento de Ayacucho y a una altura promedio de 4700 msnm. Esta carretera permitirá que se ejecuten los trabajos de construcción de las infraestructuras del proyecto.

En el cuadro siguiente se muestran las actividades contratadas así como los precios unitarios aprobados por el cliente.

PRESUPUESTO

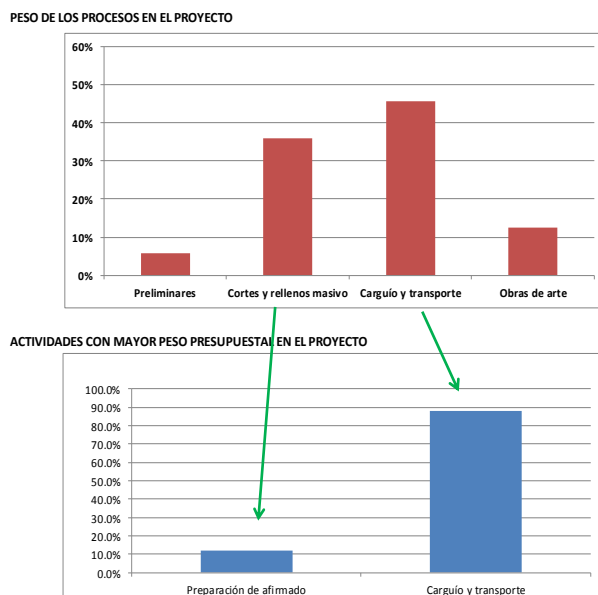
ITEM	PARTIDA	UND	CANT.	P.U. (US\$)	PARCIAL	PESO
1.00	OBRAS PRELIMINARES					
1.01	Movilización y desmovilización de equipo	Glb	1	250,000	250,000	2.2%
1.02	Topografía y georeferenciación	Glb	1	11,000	11,000	0.1%
1.03	Mantenimiento de tránsito y seguridad vial	Glb	1	100,000	100,000	0.9%
1.04	Campamento de obra	Glb	1	300,000	300,000	2.7%
2.00	EXCAVACIONES Y RELLENOS MASIVOS					
2.01	Desbroce y limpieza en zonas no boscosas	Ha	29	1,800.0	52,200	0.5%
2.02	Excavación en explanaciones sin clasificar	m3	54,637	1.6	87,419	0.8%
2.03	Excavación en roca hasta nivel de subrasante	m3	5,815	10.0	58,150	0.5%
2.04	Excavación en material suelto hasta nivel de subrasante	m3	27,954	1.5	41,931	0.4%
2.05	Preparación y apilamiento en cantera de material para pedraplen	m3	86,361	9.8	846,338	7.5%
2.06	Conformación de pedraplén compacto	m3	66,431	4.3	285,653	2.5%
2.07	Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante con material propio	m3	4,652	6.0	27,912	0.2%
2.08	Preparación y apilamiento en cantera de material de préstamo	m3	71,402	9.0	642,618	5.7%
2.09	Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante con material de préstamo	m3	41,010	5.2	213,252	1.9%
2.1	Mejoramiento de suelos a nivel de rasante con material de préstamo (bacheo)	m3	14,647	6.7	98,135	0.9%
2.11	Preparación y apilamiento en cantera de material afirmado	m3	94,006	11.0	1,034,066	9.1%
2.12	Colocación y compactación de material afirmado	m3	72,313	7.2	520,654	4.6%
2.13	Mejoramiento de rasante involucrando suelo existente (desencalaminado)	m2	172,500	1.0	172,500	1.5%
3.00	CARGUÍO Y TRANSPORTE					
3.01	Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 1 km	m3-km	251,769	4.6	1,158,137	10.2%
3.02	Transporte de materiales granulares para distancias mayores de 1 km	m3-km	4,007,273	1.0	4,007,273	35.4%
4.00	OBRAS DE ARTE					
4.01	Excavaciones para estructuras en material común bajo	m3	1,026	18.0	18,468	0.2%
4.02	Rellenos para estructuras (alcantarillas)	m3	1,328	15.0	19,920	0.2%
4.03	Concreto para alcantarillas inc. batería de alcantarillas	m3	1,110	400.0	444,000	3.9%
4.04	Concreto para muros (H prom : 2.50 m)	m3	18	440.0	7,920	0.1%
4.05	Concreto ciclopeo para badenes (4.5 x 4.5 x 0.20 m3)	m3	99	240.0	23,760	0.2%
4.06	Tubería corrugada de acero galvanizado circular de 600 mm de diámetro	m	350	260.0	91,000	0.8%
4.07	Tubería corrugada de acero galvanizado circular de 900 mm de diámetro	m	350	403.0	141,050	1.2%
4.08	Tubería corrugada de acero galvanizado circular de 1200 mm de diámetro	m	290	570.0	165,300	1.5%
4.09	Tubería corrugada de acero galvanizado circular de 1500 mm de diámetro	m	175	715.0	125,125	1.1%
4.1	Conformación de cunetas laterales en roca	m	4,500	24.0	108,000	1.0%
4.11	Conformación de cunetas laterales en roca suelta	m	10,200	10.0	102,000	0.9%
4.12	Conformación de cunetas laterales en tierra	m	9,480	5.3	50,244	0.4%
4.13	Mantenimiento de cunetas existentes	m	37,020	2.9	107,358	0.9%

US\$ **11,311,383** 100%

DETERMINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES A CONTROL A DETALLE

Una de las actividades desarrolladas durante la etapa de planificación de la ejecución de los trabajos consistió en determinar las partidas con mayor incidencia en el presupuesto con la finalidad de llevar un control detallado de ellas. Determinar cuales tienen mayor incidencia es importante ya que el resultado de su performance impactará positiva o negativamente en el resultado económico del proyecto.

Para determinar esas actividades se utilizó la teoría de PARETO.



El resultado del análisis fue que las actividades de Preparación y colocación de afirmado así como el de carguío y transporte de los materiales (eliminación, rellenos, afirmado) debían ser controlados con mayor detalle.

Para efectos del presente trabajo explicaremos la mejora en la productividad que se logró en el proceso carguío y transporte.

ANÁLISIS UNITARIO DE PRESUPUESTO Y META

Determinados los procesos a analizar, se debe revisar el presupuesto y determinar un presupuesto meta el cual señalará el objetivo económico del equipo de proyecto.

El análisis unitario del presupuesto fue:

Partida Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 1 km						
Unidad	m3					
Rendimiento	1080.00 m3/Día		Costo unitario:		\$4.60	
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
	Peón	HH	3.00	0.031	8.50	0.26
						0.26
Equipos						
	Herramientas manuales	% MO		5.0%	0.26	0.01
	Cargador frontal tipo CAT 966 o simile	HM	1.00	0.010	110.00	1.12
	Tractor tipo CAT D6R o similar	HM	1.50	0.015	90.00	1.38
	Volquete 15 m3	HM	4.00	0.041	45.00	1.83
						4.34

Partida Transporte de materiales granulares para distancias mayores de 1 km						
Unidad	m3					
Rendimiento	545.00 m3/Día		Costo unitario:		\$1.00	
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
	Peón	HH	0.50	0.010	8.50	0.09
						0.09
Equipos						
	Herramientas manuales	% MO		3.0%	0.09	0.00
	Volquete 15 m3	HM	1.00	0.020	45.00	0.91
						0.91

El equipo de dirección de proyecto y la gerencia del área aprobaron el siguiente costo unitario meta:

Partida Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 1 km						
Unidad	m3					
Rendimiento	1392.00 m3/Día		Costo unitario:		\$3.98	
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
	Peón	HH	5.00	0.040	8.40	0.33
						0.33
Equipos						
	Herramientas manuales	% MO		3.0%	0.33	0.01
	Cargador frontal tipo CAT 966 o similar	HM	1.00	0.008	110.00	0.87
	Tractor tipo CAT D6R o similar	HM	2.00	0.016	87.00	1.38
	Volquete 15 m3	HM	4.00	0.032	44.00	1.39
						3.65

Partida Transporte de materiales granulares para distancias mayores de 1 km						
Unidad	m3					
Rendimiento	768.00 m3/Día		Costo unitario:		\$0.82	
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
	Peón	HH	1.50	0.021	8.40	0.18
						0.18
Equipos						
	Herramientas manuales	% MO		5.0%	0.18	0.01
	Volquete 15 m3	HM	1.00	0.014	44.00	0.63
						0.64

En ambos casos se consideró realizar el carguío con cargador frontal y el transporte en camiones volquete de 15 m3 de capacidad de tolva.



Finalmente, luego de analizar los primeros resultados durante los primeros 10 días de trabajo, operativamente se decidió realizar el carguío con la utilización de una excavadora tipo CAT 330.

La decisión fue sustentada en que, para el caso de esta actividad en este proyecto, ambos fueron alquilados a distintos terceros y sus costos de operación resultaban similares, además se notó que el operador del cargador frontal no dominaba el equipo (fue tomado por el arrendador para este proyecto), a diferencia de los operadores de excavadora que se mostraban hábiles en la operación del equipo y con experiencia.

El promedio de tiempo de carguío que se observó fue:

Con cargador frontal = 4.5 min

Con excavadora = 3 min.

La distancia promedio de transporte de los materiales fue de 17 km y el costo unitario que se venía obteniendo en campo con la utilización de la excavadora fue el siguiente:

Partida	Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 1 km		
Unidad	m3		
Rendimiento	1267.00 m3/Día	Costo unitario:	\$17.96

Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
	Peón	HH	3.00	0.026	8.30	0.22
						0.22
Equipos						
	Herramientas manuales	% MO		1.0%	0.22	0.00
	Excavadora tipo CAT 330 o similar	HM	1.00	0.009	110.00	0.96
	Tractor tipo CAT D6R o similar	HM	2.00	0.017	87.00	1.51
	Volquete 15 m3	HM	40.00	0.347	44.00	15.28
						17.75

En el campo se observó el escenario que se muestra a continuación:



Si comparamos lo estimado en el presupuesto, el costo meta y lo que se obtenía en campo, y lo aplicamos a todo el volumen estimado en el presupuesto el resultado era:

PRESUPUESTO

ITEM	PARTIDA	UND	CANT.	P.U.	PARCIAL
4.00	CARGUÍO y TRANSPORTE				
4.01	Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 1 km	m3-km	251,769	4.60	1,158,137
4.02	Transporte de materiales granulares para distancias mayores de 1 km	m3-km	4,007,273	1.00	4,007,273
					5,165,410

META

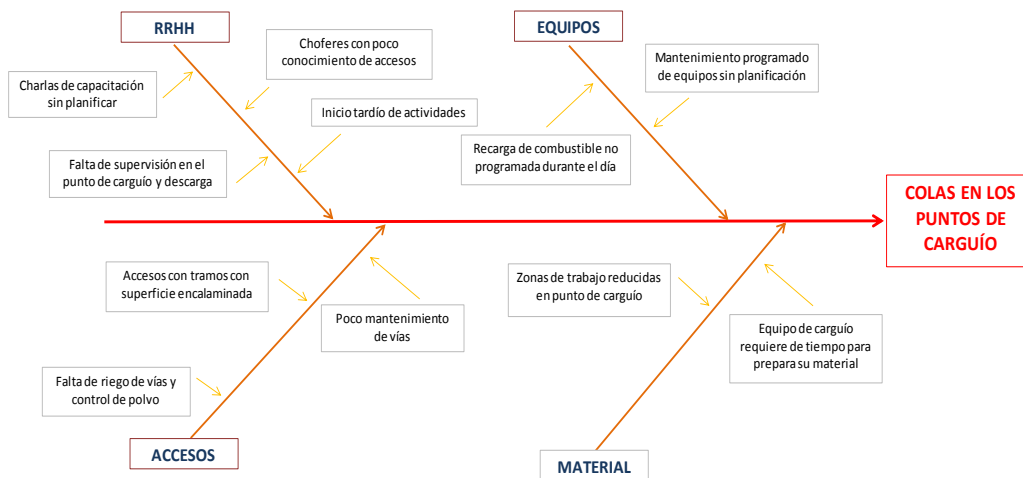
ITEM	PARTIDA	UND	CANT.	P.U.	PARCIAL
4.00	CARGUÍO y TRANSPORTE				
4.01	Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 1 km	m3-km	251,769	3.98	1,002,041
4.02	Transporte de materiales granulares para distancias mayores de 1 km	m3-km	4,007,273	0.82	3,285,964
					4,288,004

REAL

ITEM	PARTIDA	UND	CANT.	P.U.	PARCIAL
4.00	CARGUÍO y TRANSPORTE				
	Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 17 km	m3-km	251,769	17.96	4,521,771
					4,521,771

En resumen se notó que aunque se venía logrando tener un costo menor al de presupuesto, éste venía siendo mayor al costo meta estimado.

Con la finalidad de aprovechar la oportunidad de mejorar la productividad en este proceso, se hizo un análisis de los factores que no permitían mejorar la productividad, para lo cual se hizo un análisis causa efecto, cuyo resultado fue:



Luego de determinar las causas que originaban el que se produjeran improductivos por tener colas en los equipos de transporte, tanto en los puntos de carguío como en el de descarga, operativamente se dispuso realizar lo siguiente:

- 1) Mejorar el estado de los accesos mediante un mantenimiento continuo



- 2) Mejorar el mantenimiento de los equipos, cumpliendo su realización de manera coordinada con la operación.-



- 3) Capacitación a los choferes y operadores de los equipos de carguío



- 4) Control detallado de ciclos de transporte y tiempos de carguío, tanto en el punto de carguío como de descarga.-

Tarea de Volquetes
(Medición de Ciclos)

Volquete (Placa / Código): Contratista:

Fecha / Turno: Día: Noche:

Vta No.	A	B	C = B - A	D	E = D - B	F	G = F - A	Equip. de Carguío: (1) Escav. (2) C. Front.	Faseo	Observaciones
	Hora de Llegada	Hora en la cual empieza a Cargarse / Descargarse	Tiempo de Posicionamiento / Espera (min)	Hora de Salida	Tiempo de Carguío / Descarga (min)	Hora de Retorno	Tiempo de Ciclo (min / horas)			
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
Total Horas										

PARADAS:

Nº	Desde	Hasta	Tiempo	Motivo
1				
2				
3				

SUMINISTROS:

Consumo	Galones
Petróleo	
Hidráulico	
Acabte	

Comentarios: _____

Controlador
Nombre y Firma

Contratista / Operador
Nombre y Firma

Supervisor
Nombre y Firma

CONTROL DE EQUIPOS				
EQUIPO:	FECHA:	HOROMETRO INICIAL:	DIFERENCIA HOR. :	
CODIGO:	TURNO:	HOROMETRO FINAL:	EMPRESA:	
HORA DE INICIO	HORA DE FIN	PARCIAL HORAS	AREA - PROCESO	DESCRIPCIÓN
TOTAL HORAS				
PARADAS:				
DESDE	HASTA	PARCIAL HORAS	MOTIVO	
TOTAL HORAS				
OBSERVACIONES:		SUMINISTROS:		
		GLN PETROLEO		
		HIDROLINA		
		ACEITE		
FIRMA DEL CONTROLADOR		FIRMA DEL OPERADOR		FIRMA DEL SUPERVISOR
NOMBRE DEL CONTROLADOR		NOMBRE DEL OPERADOR		NOMBRE DEL SUPERVISOR

RESULTADO DE LAS ACCIONES IMPLEMENTADAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO.-

Como resultado de las acciones se logró:

- A) Mejorar (reducir) la cantidad de volquetes en el ciclo mediante el incremento de la velocidad promedio de transporte, dentro del límite máximo permitido.
- B) Reducción de tiempo improductivos en el punto de carguío (colas)
- C) Ampliación de la zona de descarga lo que permitía mejor fluidez de volquetes
- D) Mejorar la productividad del equipo de carguío
- E) Reducción del costo del proceso

El costo promedio que se obtuvo en adelante para el proceso es el que se muestra:

Partida	Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 1 km		
Unidad	m3		
Rendimiento	1241.00 m3/Día	Costo unitario:	\$14.83

Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
	Peón	HH	3.00	0.027	8.30	0.22
						0.22
Equipos						
	Herramientas manuales	% MO		1.0%	0.22	0.00
	Excavadora tipo CAT 330 o similar	HM	1.00	0.009	110.00	0.98
	Tractor tipo CAT D6R o similar	HM	2.00	0.018	87.00	1.54
	Volquete 15 m3	HM	31.00	0.275	44.00	12.09
						14.61

En general se observó para el proceso lo siguiente:



En el cuadro siguiente se observa como fue cambiando el costo del proceso desde la etapa de presupuesto hasta luego de aplicar conceptos de mejora de la productividad.

PRESUPUESTO

ITEM	PARTIDA	UND	CANT.	P.U.	PARCIAL
4.00	CARGUÍO y TRANSPORTE				
4.01	Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 1 km	m3-km	251,769	4.60	1,158,137
4.02	Transporte de materiales granulares para distancias mayores de 1 km	m3-km	4,007,273	1.00	4,007,273
					5,165,410

META

ITEM	PARTIDA	UND	CANT.	P.U.	PARCIAL
4.00	CARGUÍO y TRANSPORTE				
4.01	Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 1 km	m3-km	251,769	3.98	1,002,041
4.02	Transporte de materiales granulares para distancias mayores de 1 km	m3-km	4,007,273	0.82	3,285,964
					4,288,004

REAL

ITEM	PARTIDA	UND	CANT.	P.U.	PARCIAL
4.00	CARGUÍO y TRANSPORTE				
	Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 17 km	m3-km	251,769	17.96	4,521,771
					4,521,771

MEJORA DE PRODUCTIVIDAD

ITEM	PARTIDA	UND	CANT.	P.U.	PARCIAL
4.00	CARGUÍO y TRANSPORTE				
	Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 17 km	m3-km	75,000	17.96	1,347,000
	Carguío y transporte de materiales granulares para distancias menores a 17 km	m3-km	176,769	14.83	2,621,484
					3,968,484

La mejora de la rentabilidad en el proyecto por este proceso fue de:

Presupuesto – Mejora de productividad = US \$ 1'196,926

La mejora respecto a lo que se venía realizando (al cambiar el cargador frontal por excavadora)

Real – Mejora de productividad = US \$ 553,287

CONCLUSIONES.-

Entre las conclusiones que podemos señalar del presente trabajo están:

- 1) Es muy importante identificar las actividades que tienen alto impacto (positivo o negativo) en un proyecto.
- 2) Herramientas como Pareto, Histogramas, Diagrama causa-efecto son de mucha ayuda para identificar actividades de alto impacto en un proyecto (oportunidades de mejora).
- 3) Una adecuada identificación de las causas que originan efecto no deseados permitirá planificar e implementar acciones correctivas efectivas.
- 4) La implementación adecuada y oportuna de acciones de mejora permiten mejorar el resultado de un proyecto.
- 5) El seguimiento y control de las actividades de un proyecto forma parte del ciclo de mejora continua. Su continua implementación en el proyecto permitirá poder alcanzar sus objetivos.