

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



Aplicación de la metodología DMAIC en la mejora de productividad en procesos constructivos de un proyecto vial

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Oscar Marlo Aguilar Rojas

ASESOR

Angel Antonio Ruiz Pico

<https://orcid.org/0000-0003-2638-0593>

Chiclayo, 2023

6481 METODOLOGIA DMAIC

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	5%	2%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia Trabajo del estudiante	1%
2	www.mexicocalidadsuprema.com Fuente de Internet	1%
3	Leidy Indira Hinestroza Còrdoba. "Aplicación de tecnologías sostenibles para el desarrollo de alimentos nutritivos y saludables dirigidos a mejorar el estado nutricional de la población del departamento del Chocó (Colombia)", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	<1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	safetya.co Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.ulima.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	4
Abstract	5
Introducción	6
Materiales y métodos	7
Resultados y discusión	14
Conclusiones	15
Recomendaciones.....	15
Referencias	15

Resumen

Los proyectos viales son fundamentales para el desarrollo de la sociedad sin embargo en la ejecución de proyectos como la creación o mejoramientos de carreteras se caracterizan por su incumplimiento de los plazos de ejecución y sobrecostos del proyecto, dado a esto la ingeniería busca metodologías o herramientas de gestión de proyectos que ayudan en la mejora de productividad una proyecto vial, cabe mencionar que actualmente las empresas constructoras usan ciertas herramientas de mejoramiento de productividad en sus procesos, por al es importante también llevar estas herramienta a la ejecución de proyectos viales permitiendo con su aplicación adecuada optimizar. A través del presente artículo se muestra la implementación de la metodología DMAIC en un proyecto vial para la mejora de productividad de los procesos constructivos más incidente, mediante los 5 pasos que presenta esta metodología donde se realiza el análisis detallado del proceso elegido a mejorar, posteriormente muestra medidas de los y se plantea soluciones en mejora de productividad, obtenidos resultados positivos a partir de la mejora de este proceso.

Palabras clave: mejora de productividad; proyecto vial; DMAIC; metodología Six Sigma; gestión de proyectos.

Abstract

Road projects are fundamental for the development of society, however, in the execution of projects such as the creation or improvement of highways, they are characterized by their non-compliance with the execution deadlines and project cost overruns, given this, the engineering seeks methodologies or tools of project management that help improve productivity in a road project, it is worth mentioning that construction companies currently use certain tools to improve productivity in their processes, so it is also important to take these tools to the execution of road projects, allowing their application proper optimize. Through this article, the implementation of the DMAIC methodology is shown in a road project for the improvement of productivity of the most incident construction processes, through the 5 steps that this methodology presents, where the detailed analysis of the process chosen to improve is carried out, later It shows measures of and silver solutions in productivity improvement, obtained positive results from the improvement of this process.

Keywords: productivity improvement; road project; DMAIC; Six Sigma Methodology; Projects management.

Introducción

La red vial a nivel de Sudamérica es significado de competitividad, desarrollo, impulso económico e integración para los pueblos, del mismo modo y de manera gradual los proyectos infraestructura refleja calidad de vida, progreso, equidad e inclusión social, por lo que se considera como un pilar fundamental para el desarrollo de un país [1].

Como ha habido una competencia global cada vez mayor en la economía mundial, las empresas han sido igualmente obligado a mejorar sus servicios y procesos para resistir a sus diversos competidores. Esto es evidente en el tremendo desarrollo de los sistemas de gestión de empresas en el mercado existente. [2]

Actualmente este rubro de la construcción de infraestructuras viales presenta muchas dificultades encabezado con los sobrecostos y demora en los plazos o tiempos de ejecución, muchos son los factores del causante de esta problemática, entre los cuales destaca la baja productividad en los procesos, consecuente a esto la ingeniería buscar implantar metodologías de mejora de productividad en un inicio aplicadas en el sector empresario e industrial [3], pero con el paso del tiempo se han ido implementado en el sector de la construcción de edificaciones y también en los proyectos viales que son procesos repetitivos facilitando su aplicación. [4]

La metodología Six Sigma fue creada en los años 1980 por ingeniero Bill Smith de la compañía motorola, con el fin de promover la mejora continua de los procesos involucrados en su producción [5]. Esta metodología se viene aplicando a diversos sectores, ámbitos que contemple una serie de procesos [3], en busca de mejorar la productividad en sus procesos, y la ingeniería civil no es la excepción para su aplicación, la cual ya se viene aplicando en las construcciones de edificaciones [6], sin embargo se plantea su aplicación en proyectos viales que presentan muchas dificultades en la ejecución de sus procesos, como retrasos en sus plazos de ejecución o sobrecostos, en busca de mejorar la productividad en los procesos se plantea la metodología DMAIC [8], en busca de mejorar uno de los procesos más incidente logrando una mejora continua de este, permitiendo el cumplimiento de plazos y garantizando la calidad del proyecto. [9]

Materiales y métodos

1. IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DMAIC

El modelo de Six Sigma se fundamenta en 5 etapas, estas están muy diferenciadas entre sí: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar, lo que se conoce como acrónimo DMAIC. [10]

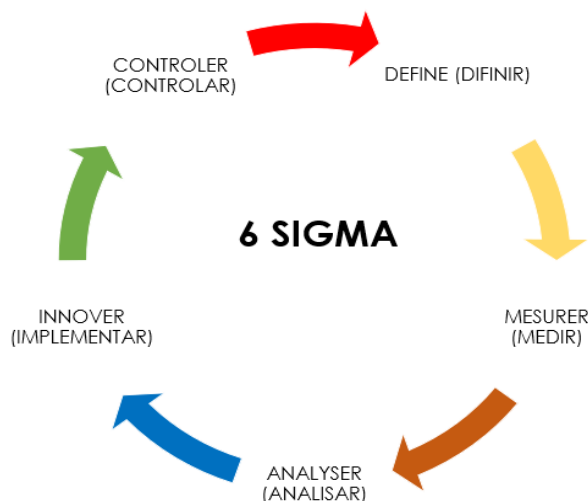


Figura 1. Ciclo de Six Sigma.

Fuente: Elaboración Propia.

1.1 Definir Procesos a Mejorar

Para la elección del proceso o partida a mejorar se debe de evaluar diversos criterios, en este caso se evaluó 2 criterios.

Como primer criterio se utilizó un “Diagrama de Pareto”, según los costos directos de cada proceso, evaluando el porcentaje de incidencia y acumulado. [11]

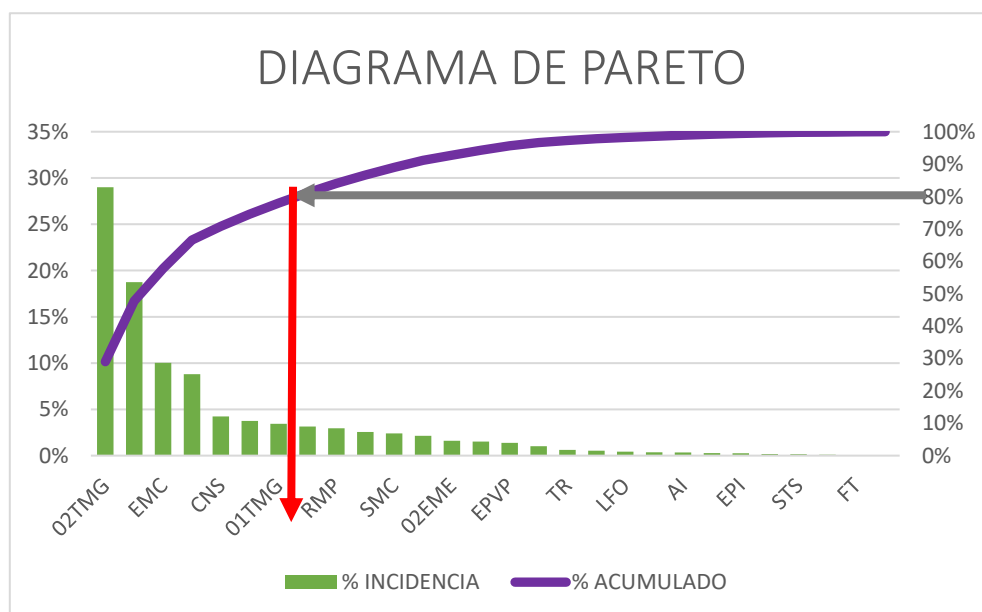


Figura 2. Diagrama de Pareto- Procesos directos.

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en la Figura 2, que los procesos ya ordenados de mayor a menor y debidamente codificados, a partir de la fecha al lado izquierdo significan el 80% de costo del proyecto, siendo éstas las partidas más incidentes del tal, por lo contrario, al lado derecho se aprecia las partidas con menor incidencia. [12]

El segundo criterio utilizado fue la elección del proceso según la ruta crítica del proyecto, para esto se avalúa la programación de obra, a través del diagrama de Gantt se identificó estas partidas involucradas en la ruta crítica.

Teniendo en cuenta ambos criterios el equipo técnico del proyecto determinó que el proceso a mejorar mediante la metodología DMAIC sería la “**Extracción de Material de Cantera**” con la codificación “EMC” con un % de incidencia de 10.02% y siendo en la ruta crítica la más relevante dado que de la cantidad del material para afirmado extraído en la cantera depende el avance del proyecto. [13]

Teniendo el proceso a mejorar definido, se procede a determinar las actividades de control dependiendo al tipo de trabajo que se realiza, para esto se hizo el uso de una herramienta Lean que es la Carta Balance, la cual sirve para el análisis detallado de las partidas seleccionadas. Se clasificó como Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y Trabajo No Contributivo. [7]

DEFINIR					
Proceso:		Extracción de Material de Cantera			
Herramienta Usada:		Carta Balance			
Actividades:		Control con carta balance de los actividades de este proceso			
TRABAJO PRODUCTIVO		TRABAJO CONTRIBUTIVO		TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
Sigla	Actividad	Sigla	Actividad	Sigla	Actividad
CT	Corte de Talud	AM	Acumulacion de Material	R	Retrabajo
C	Carguio	M	Movimiento o desplazamiento	E	Esperas
D	Descarga	EC	Encendido o Calentamiento	PA	Pausa Activa
		I	Indicaciones		
		IT	Inspeccion tecnica		

Figura 3. Clasificación de actividades a evaluar.

Fuente: Elaboración Propia.

1.2 Medición de Procesos

Para medir el proceso seleccionado es importante primero establecer indicadores y objetivos de mejora según la clasificación de actividades, teniendo como objetivo para los Trabajos Productivos que sean mayores a al 60 % y los Trabajos no Contributivos menores al 25%.

En la primera medición se designó un responsable para la toma de datos en campo siendo el equipo por medir los tiempos una Excavadora CAT 336D-2L, obteniendo los siguientes tiempos. [14]

Tabla 1. Medida de actividades del proceso EMC

TP	ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	2:20:00	58.1%	
CT	Corte de Talud	0:50:00	20.7%	
C	Carguío	0:58:00	24.1%	
ZM	Zarandeo de Material	0:32:00	13.3%	
TC	ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS	1:13:00	30.3%	
AM	Acumulación de Material	0:27:00	11.2%	
M	Movimiento o desplazamiento	0:24:00	10.0%	
EC	Encendido o Calentamiento	0:06:00	2.5%	
I	Indicaciones	0:08:00	3.3%	
IT	Inspección técnica	0:08:00	3.3%	
TNC	ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS	NO	0:28:00	11.6%
R	Retrabajo	0:03:00	1.2%	
E	Esperas	0:13:00	5.4%	
PA	Pausa Activa	0:12:00	5.0%	

Fuente: Elaboración Propia.

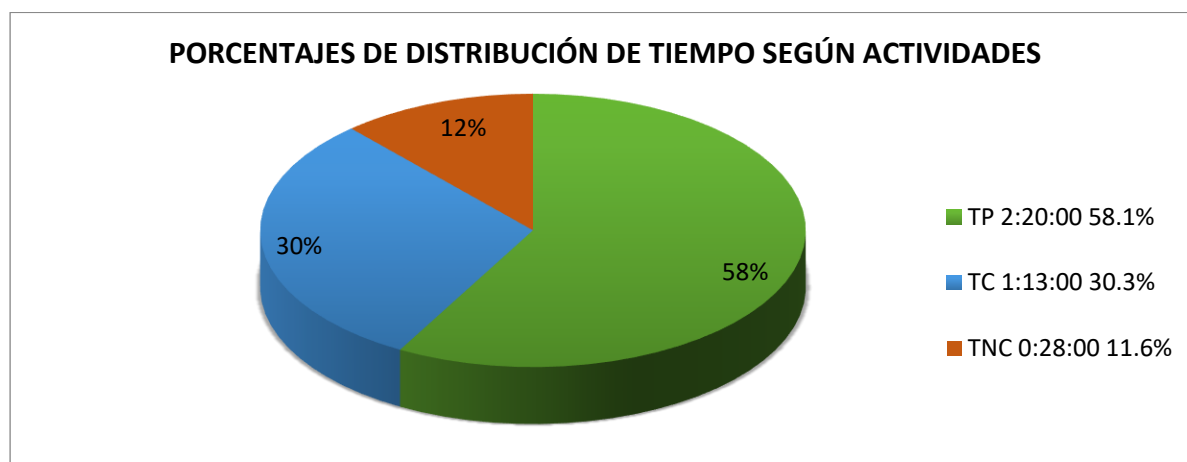


Figura 4. Distribución porcentual de tiempos según cada tipo de trabajo.

Fuente: Elaboración Propia.

1.3 Análisis de Proceso Estudiado

Para realizar el análisis de los tiempos empleados según las actividades del proceso de Extracción de Material de Cantera (EMC) se convoca a una reunión con el equipo técnico del proyecto o el área de productividad, con el fin de en conjunto buscar posibles oportunidades de mejora en tal proceso, el primer paso fue determinar las posibles causas-efecto, para esto se usó el diagrama de Ishikawa, identificando las siguientes causas. [15]

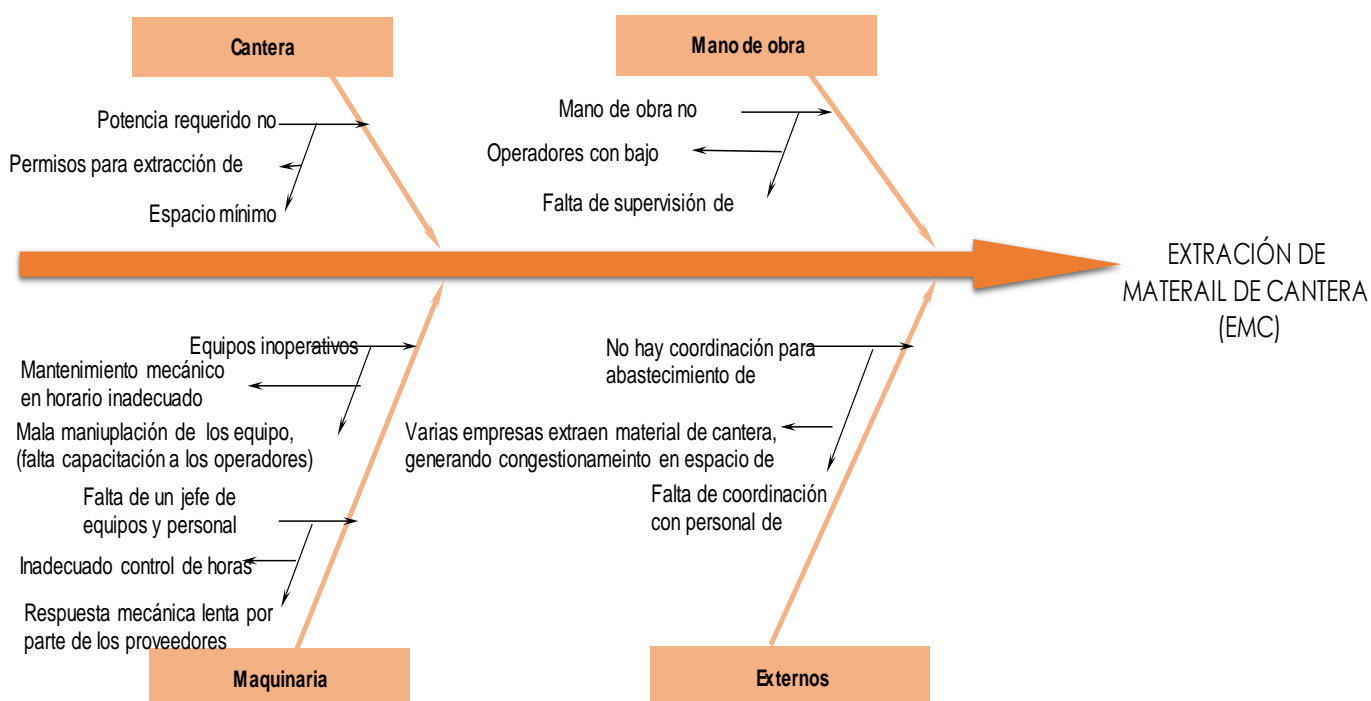


Figura 5. Diagrama Ishikawa de Extracción de Material de Cantera (EMC)

Fuente: Elaboración Propia.

A partir del análisis de las causas se plantea 1 oportunidad de mejora que plantean mejorar los tiempos de Trabajo Productivos y reducir los de Trabajo No Contributorio. [16]

Oportunidad de Mejora 01: El carguío de material de afirmado es la actividad con mayor incidencia en este proceso, considerando que este proceso es solo la extracción de material afirmado y al realizar las actividades como zarandeo de material y el carguío de este en los volquetes, por los mismo que el cucharón tiene una capacidad de 1.35 m³, generando esto un retraso en la actividad principal que es la extracción del material, del mismo modo generando retrasos y mayores tiempos de espera en los volquetes



Figura 5. Carguío de material por excavadora.

Fuente: Elaboración Propia.

Propuesta de mejora 01: Es preferible el uso de un cargador frontal debido a que la capacidad del cucharón es de 4.00 m³, a grosso modo comparándolo con la capacidad de carga de la excavadora es 3 veces mayor, y en 05 lampones ocuparía la capacidad del volquete, siendo mucho más rápido y lo mismo se realizó para el zarandeo del material al pasar por la malla utilizando también para esta actividad el cargador frontal, liberando a la excavadora de estas actividades, y designándola solo a la actividad de extracción y acumulación de material, generando un frente continuo de material agilizando las próximas actividades consecuentes.



Figura 6. Carguío de material por cargador frontal.

Fuente: Elaboración Propia.

1.4 Implementación de Mejoras

Análogamente a la etapa de medición se realiza este procedimiento considerando las propuestas de mejora y recomendaciones hechas por parte del equipo técnico obteniendo los siguientes resultados en las medidas. [17]

Tabla 2. Medida de actividades del proceso, considerando la propuesta de mejora.

TP	ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	2:46:00	60.6%
CT	Corte de Talud	2:46:00	60.6%
C	Carguío	0:00:00	0.0%
ZM	Zarandeo de Material	0:00:00	0.0%
TC	ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS	1:25:00	31.0%
AM	Acumulación de Material	0:45:00	16.4%
M	Movimiento o desplazamiento	0:23:00	8.4%
EC	Encendido o Calentamiento	0:06:00	2.2%
I	Indicaciones	0:07:00	2.6%
IT	Inspección técnica	0:04:00	1.5%
TNC	ACTIVIDADES NO CONTRIBUTORIAS	0:23:00	8.4%
R	Retrabajo	0:06:00	2.2%
E	Esperas	0:07:00	2.6%
PA	Pausa Activa	0:10:00	3.6%

Fuente: Elaboración Propia.

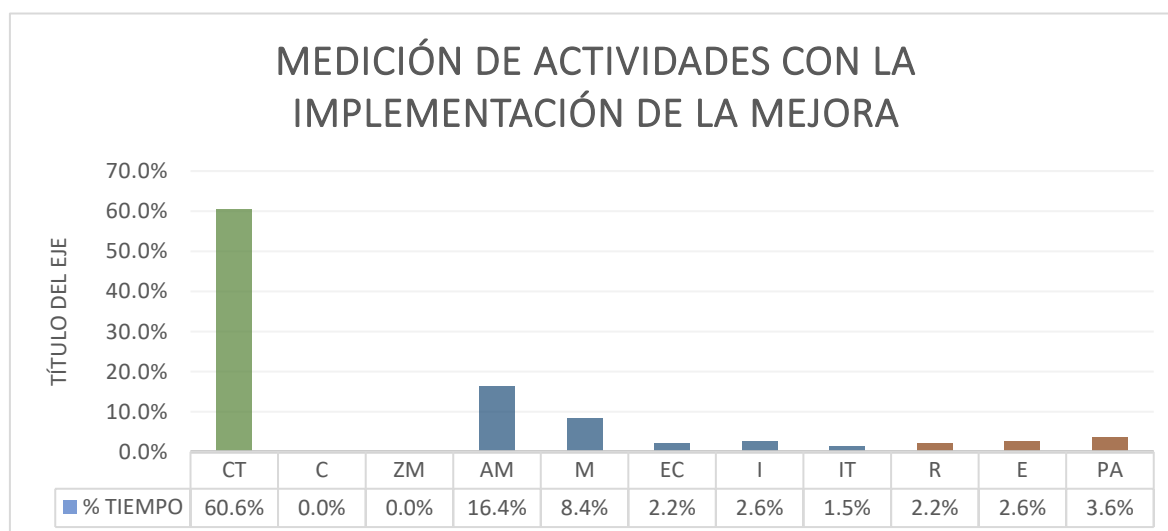


Figura 7. Medida de actividades con implementación de mejora.

Fuente: Elaboración Propia

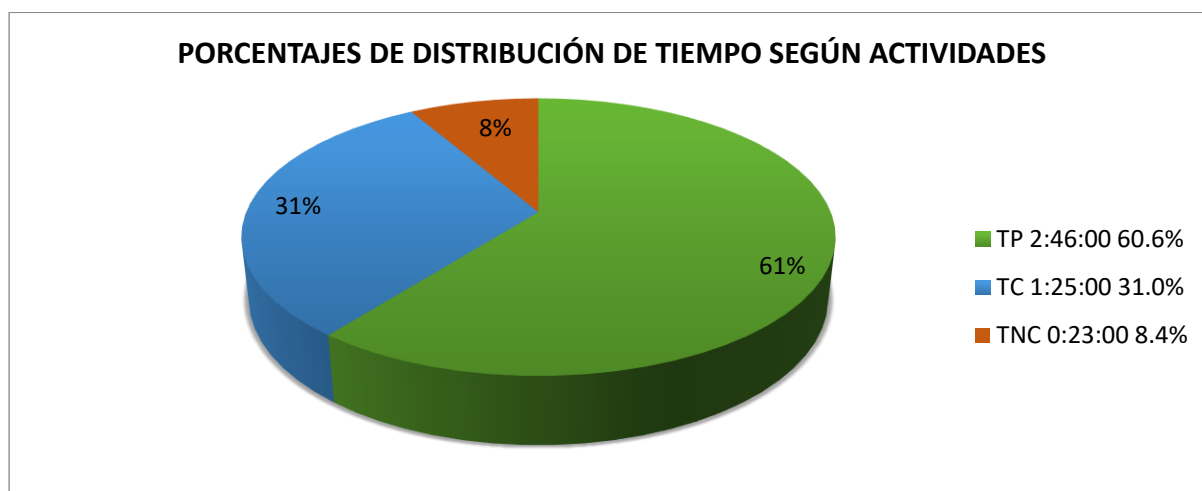


Figura 8. Distribución porcentual de tiempos según cada tipo de trabajo considerando propuesta de mejora.

Fuente: Elaboración Propia.

1.5 Control de Mejoras

En esta etapa se realizó en análisis de los tiempos iniciales y los tiempos con la aplicación de la propuesta de mejora [18]. Teniendo en cuenta las metas propuestas en la fase 1.2 Mejora de procesos, se verifica que el cumplimiento de estas, superando el 60% de trabajos productivos y un valor inferior de trabajos no Contributorios, muchas más bajo de lo planificado, así mismo identificando que la propuesta de mejora muestra indicadores positivos en mejora del proceso analizado, por tal motivo se considera que la aplicación de la oportunidad de mejora en este proceso debe de mantenerse en el trabajo, en función a esto se plantea un conjunto de acciones que garanticen la correcta aplicación de las mejoras: [19]

- ✓ Plan de mitigación de riesgos, acciones frente a incidentes en el proceso.
- ✓ Plan de supervisión y control para reevaluación continua de mejoras implementadas en el proceso.
- ✓ Plan de respuesta en el caso de que rendimientos comiencen a reducirse.

Resultados y discusión

Los resultados teniendo en cuenta que esta partida es la base para los procesos posteriores fueron evaluados en dos ámbitos principales para el proyecto.

El primer aspecto se enfocó en la mejora del proceso en sí, donde la principal actividad de esta partida es la extracción o corte del material para afirmado, en la figura 9 se observa que actividad principal es la de Corte de Talud (CT) tuvo en un inicio un 20.7% del tiempo total, significando esperas en los procesos posteriores, mientras tanto ya aplicada la mejora el porcentaje incrementa considerablemente a un 60.6%, y en las otras actividades del mismo modo disminuyendo sus porcentajes, generando con esto una mayor fluidez para los trabajos siguientes a este proceso como el zarandeo de material y carguío de material de afirmado generando permitiendo avanzar con los trabajos en el otro frente de trabajo.

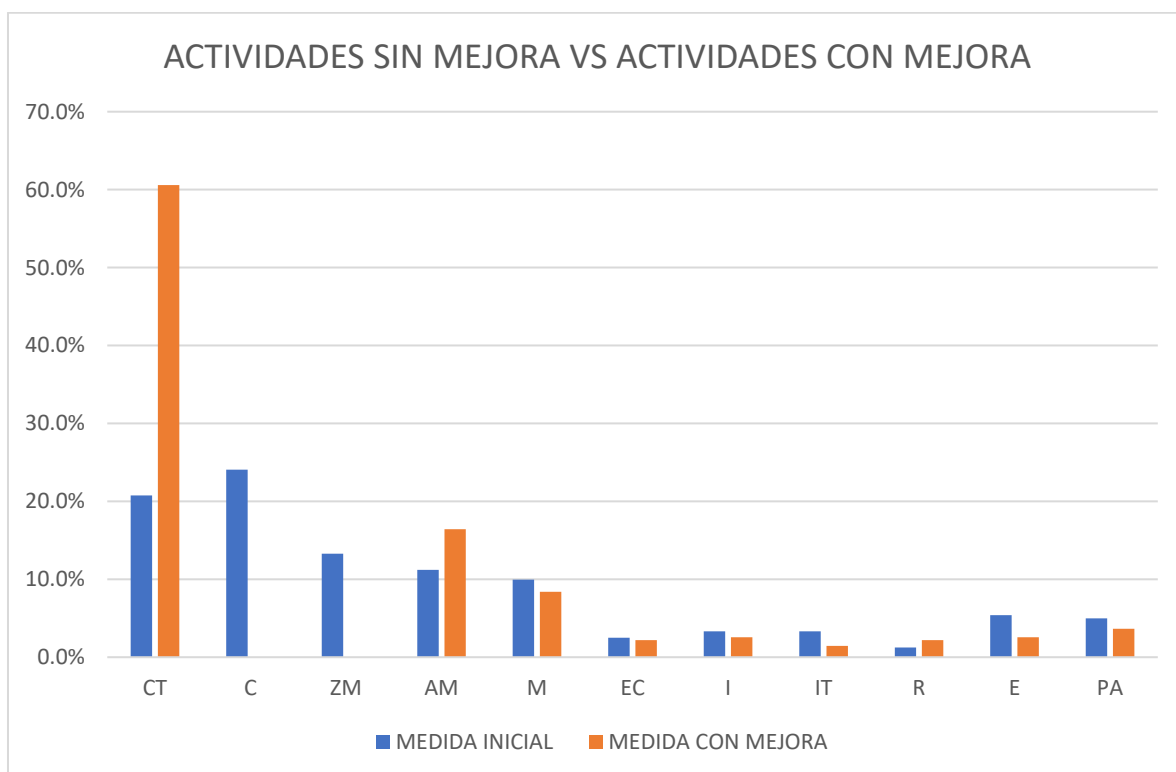


Figura 9. Actividades con medida inicial vs actividades medidas con mejora.

Fuente: Elaboración Propia.

El segundo aspecto de evaluación fue el económico, donde en conjunto con el área de costo del proyecto mediante la herramienta de Análisis Diario de Costos (ADC), se obtuvo las ratios (Soles/m³) iniciales (Sin mejora) y finales (Con mejora), 7.73 y 6.18 respectivamente, obteniendo resultados satisfactorios, generando esto un ahorro del 14.56% con respecto al costo real del proceso, teniendo en cuenta los metrados y plazos restantes del proyecto. [20]

Conclusiones

Con la aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de Extracción de Material para cantera (EMC), se logró un notable aumento en el tiempo trabajo de la actividad principal que es el corte de talud, asimismo en el aspecto económico con la implementación de esta mejora se logra un ahorro del 14.56 % de costo total de este proceso.

Otra mejora que se contempló con la aplicación de esta oportunidad de mejora es la que aumento la fluidez de los procesos posteriores, como el zarandeo del material y el carguío más rápido de los volquetes, actividades que en un inicio se realizaban con la excavadora, pero con la mejora, se realizaron con el cargador frontal, permitiendo a la excavadora fijarse netamente en el corte de talud permitiendo optimizar este proceso.

Recomendaciones

Se formulan propuestas para completar la investigación, mejorarla e incentivar la ejecución de otros proyectos. Al igual que las conclusiones, las recomendaciones deben ser claras, breves y concisas, sin profundizar en mayores detalles.

La extensión máxima del documento, desde la introducción hasta recomendaciones, debe ser de 30 hojas.

Referencias

- [1] Banco Interamericano de Desarrollo, «Infraestructura sostenible para la competitividad y el crecimiento inclusivo,» 2013. [En línea]. Available: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Infraestructura-sostenible-para-la-competitividad-y-el-crecimiento-inclusivo.pdf>.
- [2] M. Ertürka y Muhemmetali.Tuerdi, «The Effects of Six Sigma Approach on Business Performance: A Study of White Goods (home appliances) Sector in Turkey,» Procedia - Ciencias Sociales y del Compo, n° 229, pp. 444-452, 2016.
- [3] M. M. S. Carrillo-Landazabal, M. L. E. Vargas-Ortiz, D. C. A. Severiche-Sierra, I. J. T. Peralta-Ordosgoitia y I. V. P. O. Vélez, «Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico,» Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, vol. 6, n° 1, pp. 31-63, 2022.
- [4] V. A. G. Ca y R. B. Walker, «INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA

- CONSTRUCCIÓN AHORA ES CUANDO,» Revista Ingeniería de Construcción, n° 14, pp. 9-18, 1995.
- [5] Y. Víctor y P. Eugenio, «APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN LA MEJORA DE RESULTADOS DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN,» Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil-Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2006.
- [6] P. M. Hernán Porras Díaz, O. G. S. Rivera y J. A. G. Guerra, «Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos,» Investigación en Ingeniería, vol. 11, n° 1, pp. 32-53, 2014.
- [7] A. S. B y R. V. R, «Análisis de operaciones mediante cartas de balance,» Revista Ingeniería de Construcción, n° 9, 1990.
- [8] C. M. D. B. VALENCIA, «La mejora continua,» Economía industrial, n° 331, pp. 59-66, 2000.
- [9] R. C. Garza Ríos, C. N. González Sánchez y E. L. Rodríguez González, «Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas,» Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa., vol. 22, pp. 19-35, 2016.
- [10] M. I. C. M. Borjas, «LEY DE PARETO APLICADA A LA FIABILIDAD,» Ingeniería Mecánica,, vol. 8, n° 3, pp. 1-9, 2005.
- [11] J. R. Ocampo y A. E. Pavón, «Integrando la Metodologia DMAIC de Seis Sigma con la Simulacion de Eventos Discretos en Flexsim,» de Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Panama City, Panama , 2012.
- [12] L. D. F. T. J. D. Xingxing Zu, «The evolving theory of quality management: The role of Six Sigma,» Journal of Operations Management, vol. 26, n° 5, pp. 630-650, 2008.
- [13] A. Tenera y L. C. Pinto, «A Lean Six Sigma (LSS) project management improvement model,» Procedia - Social and Behavioral Sciences 1, n° 119, pp. 912-920, 2014.
- [14] R. B. Erika y D. C. Jacqueline, «El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos,» Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México), vol. XL, n° 3-4, pp. 127-142, 2010.
- [15] H. Felizzola y C. Luna, «Lean Six Sigma in small and medium enterprises: A methodological approach,» Ingiariare, n° 22, pp. 263-277, 2014.
- [16] M. A. M. Espinoza, «Hacia la Gestión de la Calidad en losProcesos Constructivos,»

Revista Científico Tecnológica Departamento Ingeniería de Obras Civiles , vol. 3/2013, pp. 62-69, 2013.

- [17] J. Kovach y L. Fredendall, «The Influence of Continuous Improvement Practices on Learning: An Empirical Study,» Quality Management Journal, n° 20, pp. 6-20, 2013.
- [18] L. Hernández y A. Grettel., «Mejoramiento de los procesos constructivos,» Tecnología en Marcha, vol. 21, n° 4, pp. 64-68, 2008.
- [19] J. J. Cardiel-Ortega, R. Baeza-Serrato y a. R. A. Lizarraga-Morales, «Desarrollo de un modelo de dinámica de sistemas basado en la metodología Seis Sigma,» Ingeniería e Investigación, vol. 37, n° 1, pp. 80-90, 2017.
- [20] E. N. Albert, V. G. Soler y A. I. P. Molina, «METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA,» 3C Empresa, pp. 73-80, 2017.