

Aplicación de la teoría de restricciones para reducir los costos de los servicios de mantenimiento en una empresa de servicios navales

Application of the theory of constraints to reduce the cost of maintenance services in a marine services company

Aplicação da teoria das restrições para reduzir o custo dos serviços de manutenção em uma empresa de serviços marítimos

Acuña Carbajal, Luis Octavio¹

<https://orcid.org/0000-0002-1303-7836>

Del Castillo Vásquez, Julio Anatolio²

<https://orcid.org/0000-0002-0688-0729>

Vasquez Guzmán Juan Carlos³

<https://orcid.org/0000-0002-7112-4006>

Recibido: 29.03.2023

Aceptado: 02.05.2023

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo emplear la teoría de restricciones para reducir los costos dentro de los servicios de mantenimiento de una empresa de servicios navales. Materiales y métodos: La investigación fue de tipo aplicada y enfoque cuantitativo. La población es de tipo censal y pertenece a los tres servicios de mantenimiento más demandados de la empresa: mecánica de montaje, arenado y tuberías. Resultados. Se caracterizó las principales deficiencias del servicio de mecánica de montaje que era la carencia de organización y limpieza, la ausencia de mantenimiento preventivo de las embarcaciones y, en el caso de arenado, la falta de formación son un inconveniente para los altos costos dentro de los servicios de mantenimiento, los costos actuales de montaje de S/21,895.50 y servicios de arenado S/81,001.60, gracias a la implementación tanto de TPM, métodos 5S y el plan de capacitación, estos costos en conjunto bajaron al 49%. Conclusiones: El uso de la TOC ha sido eficaz para la reducción de los costos de los servicios de mantenimiento de la empresa.

Palabras clave: *servicios, restricciones y costos asociados*

ABSTRACT

The objective of the research was to use the theory of constraints to reduce costs within the maintenance services of a naval services company. Materials and methods: The research was of applied type and quantitative approach. The population is census type and belongs to the three most in-demand maintenance services of the company: assembly mechanics, sandblasting and pipes. Results. The main deficiencies of the assembly mechanics service were characterized, which were the lack of organization and cleanliness, the absence of preventive maintenance of the vessels and, in the case of sandblasting, the lack of training, which are a drawback for the high costs within the maintenance services, current assembly costs of S/21,895.50 and sandblasting services S/81,001.60, thanks to the implementation of both TPM, 5S methods and the training plan, these costs together dropped to 49%. Conclusions: The use of TOC has been effective in reducing the costs of the company's maintenance services.

Keywords: *services, restrictions and associated costs*

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi utilizar a teoria das restrições para reduzir custos dentro dos serviços de manutenção de uma empresa de serviços navais. Materiais e métodos: A pesquisa foi do tipo aplicada e abordagem quantitativa. A população é do tipo censitária e pertence aos três serviços de manutenção mais requisitados da empresa: mecânica de montagem, jateamento e tubulações. Resultados. Foram caracterizadas as principais deficiências do serviço de mecânica de montagem, que eram a falta de organização e limpeza, a ausência de manutenção

¹ Universidad Cesar Vallejo. Chimbote. Perú. Bachiller. aluisc@ucvvirtual.edu.pe

² Universidad Cesar Vallejo. Chimbote. Perú. Bachiller. idelva21@ucvvirtual.edu.pe

³ Universidad Nacional del Santa. Chimbote. Perú. Doctor. jvasquez@uns.edu.pe

preventiva das embarcações e, no caso do jato de areia, a falta de treinamento, que são um inconveniente para os altos custos dentro os serviços de manutenção, os custos atuais de montagem de S/21.895,50 e os serviços de jateamento de S/81.001,60, graças à implementação dos métodos TPM, 5S e do plano de treinamento, esses custos juntos caíram para 49%. Conclusões: A utilização do TOC tem sido eficaz na redução dos custos dos serviços de manutenção da empresa.

Palavras Chave: *serviços, restrições e custos associados*

Introducción

Rodríguez y Sullca (2020) demostraron que llevar a la práctica los límites de la teoría de restricciones (TOC siglas en ingles de Theory of Constraints) aumenta el desarrollo productivo porque optimizar el uso de los distintos recursos repercute positivamente en los costos y la capacidad de producción. La TOC, fue de mucha ayuda en la minimización de costos de producción en 5,46% a 9,38%, además incrementa la capacidad de producción en 125%, Por otro lado, Ahumada et al. (2021) destacan la influencia en la reducción de costos de \$136.555 a 133.534 al aplicar herramientas de ingeniería industrial.

Mauricio y Armijos (2021), a través de la TOC demuestro que la falta de organización del mantenimiento genera la disminución de costos, al aplicar la TOC se reduce el costo en un 50.2%, al mismo tiempo que le reportó a la empresa una relación costo/beneficio muy significativo de 1.27. Así también, Juro y Yovera (2017), plantearon que la meta para poder reducir los costos de operaciones teniendo como instrumentos de estudio a la TOC, la disminución de estos costos de operación se ven reducidos de un S/. 109,800 a un S/. 76,941.4, utilidad reducida S/. 30.158,51, se redujo el costo operativo en un 11% y se incrementó con gran capacidad de producción.

Los problemas de la empresa están directamente relacionados con el aumento de los costos operativos, lo que impacta negativamente en el incremento de ganancias actualmente y a futuro. El propósito de este estudio es emplear TOC para disminuir los costos de los servicios de mantenimiento, disminuir aquellos problemas identificados dentro de los diferentes trabajos de mantenimientos como máquinas varadas, contratistas con alta demora de mano de obra, mala planeación de la producción, retrabajos frecuentes, proceso productivo no estandarizado, viéndose afectado directamente a los costos de servicio de mantenimiento de la empresa. El objetivo general de la investigación es aplicar la teoría de restricciones para reducir los costos de servicios en mantenimiento de la empresa de servicios navales. En cuanto a los objetivos específicos, se planteó, primero analizar la situación inicial de la empresa para identificar los costos de servicio en la empresa, segundo determinar las etapas críticas y elevar las restricciones a través de los pasos del TOC y tercero evaluar los beneficios después de emplear mejoras según la teoría de restricciones.

Guananga et al. (2020) identificaron las restricciones del proceso de producción, proyectaron la demanda, determinaron el tiempo estándar y realizaron balance de líneas, finalmente determinaron los costos por procesos y el costo directo consiguiendo la reducción de costos en 5,46% y 9,38% respectivamente, a su vez registraron un incremento de la capacidad productiva de 125%. Además, Carrión (2020), determino que la producción durante el período de evaluación de la implementación de la TOC el índice de confiabilidad se incrementó desde un valor base del 51.64% hasta llegar a un valor del 80.80%, esta mejora fue acompañada por una mejora significativa en los otros resultados operativos de la compañía. También Juiña y Cabrera y Reina (2017) aplicaron la teoría de restricciones, mediante el uso de un marco de planificación de diseño asistido por ordenador y un enfoque de producción CAM de última generación, consiguiendo mejorar el método de planificación y montaje para reducir el tiempo.

Finalmente, Mora et al. (2018) realizaron un estudio de mejora de procesos basado en el uso de TOC como estrategia de mejora continua, los resultados se centran en el control de la dieta y las entradas de desechos, ya que muestran que estos pueden minimizarse mediante el uso de cultivos previos a la floración, lo que proporciona ahorros a corto plazo al cambiar el proceso de alimentación.

Materiales y métodos

La investigación fue de tipo aplicada y de enfoque cuantitativo. Tuvo por finalidad solucionar un problema específico en la empresa, utilizando la estructura que propone la Teoría de Restricciones a fin de que los costos de mantenimiento puedan ser reducidos; Kothari (2017, p.3) menciona: Como objetivo fue buscar resultados ante un problema que la empresa pueda tener y aplicarla.

El diseño de la investigación fue pre experimental, por lo que se manejaron las variables. En consecuencia, se realizaron evaluaciones de los costos del servicio de mantenimiento de la empresa., se desarrolló un plan de mejora para reflejar su impacto en la variable y, finalmente, se realizaron evaluaciones de los efectos del plan de mejora antes y después de su implementación.

El estudio utiliza el método TOC como punto de referencia y busca identificar las limitaciones de un sistema. Es aplicable en muchas situaciones y su objetivo principal es identificar algún problema en especial. Según Guananga (2017), se utiliza la metodología DBR (Drum, Buffer, Rope), propuesta por Eli Goldratt, para implementar el TOC en una cadena productiva.

Resultados

Antes de que la propuesta se pusiera en práctica, había un promedio de 7 incidentes cada mes (tomándose aproximadamente 8 horas por día), lo que equivalía a un promedio de 240 horas perdidas por mes. El resultado en términos del número de los registros obtenidos en la recolección de datos para el área de seguridad, los incidentes relacionados con la falta de orden y limpieza disminuyeron en un promedio de 1.3 incidentes por mes después de la mejora con 5S, es decir una reducción del 21% como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1

Registro por déficit de Orden y Limpieza (pre y post test)

MANTENIMIENTO	PRETEST	POSTEST
	ENERO – MARZO	ABRIL – JUNIO
INCIDENTES	21	4
PROMEDIO	7	1.3
DIAS PERDIDOS	30	15
HORAS PERDIDAS	240	120
PROMEDIO	80	40

Nota: Datos obtenidos del área de planeamiento

Tabla 2

Incidentes por falta de Orden y Limpieza (pre y post test)

INDICADOR	PRETEST	POSTEST
% incidencias	88%	67%
Orden y Limpieza		
RESULTADOS	21%	

Nota: Datos obtenidos del procesamiento de información

El primer paso para implementar la metodología 5s fue mapear el área de trabajo involucrada, utilizando el plan de distribución de la planta como guía. Este paso identificó el área de mantenimiento como el área que necesitaba mejoras debido a la falta de orden y limpieza.

En lo que respecta a los primeros meses del año 2023 que corresponde a los meses de enero al mes de marzo se presentó un porcentaje de capacitaciones del 9%, luego de la mejora se pudo obtener un 33% de capacitaciones para el área de mantenimiento (embarcación), como se visualiza en la Tabla 3.

Tabla 3

Capacitaciones realizadas en el área de mantenimiento

Áreas	Cantidad de Capacitaciones	%
Logística	25	41%
RR.HH.	2	3%
Sistemas	5	8%

Patrimonio	3	5%
Contabilidad	1	2%
Mantenimiento (embarcación)	20	33%
Operaciones	1	2%
Mecánica	2	3%
Oficina de seguridad industrial	2	3%
Total	61	100%

Nota: Datos obtenidos del área de planeamiento

Para el desarrollo del último objetivo se elaboró una comparativa del proceso de mantenimiento del Antes y Después de las mejoras, con la finalidad de evidenciar los resultados alcanzados y la reducción en cuanto a costos operacionales.



Figura 1. Servicio de mantenimiento (pre test)

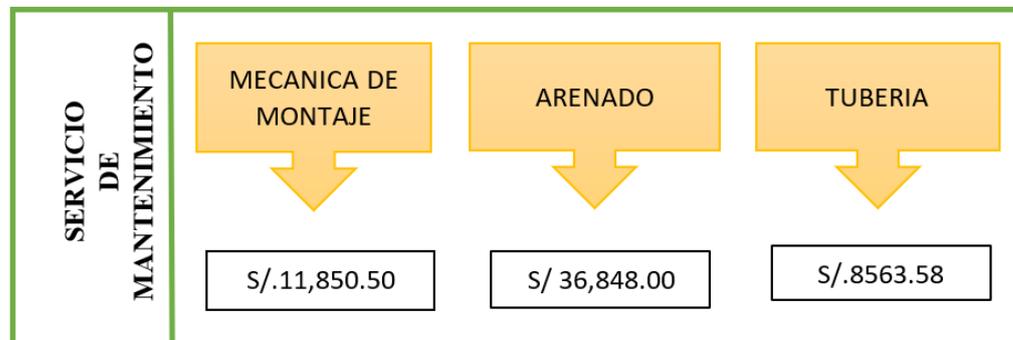


Figura 2. Servicio de mantenimiento (post test)

Como se puede observar en los cuadros en los periodos de Enero – Marzo del 2023 se obtuvo una diferencia del 34% de costos operacionales a lo que se refleja en los meses de Abril – Junio del año 2023.

Tabla 4

Estado de resultados de los costos de servicio de mantenimiento

MESES EVALUADOS, 2023	(ENERO – MARZO) S/.	(ABRIL – JUNIO) S/.
INGRESOS	156,044.94	156,044.94
COSTOS OPERACIONALES	111,460.68	57,262.08
UTILIDAD BRUTA	44,584.26	98,782.86
OTROS COSTOS	110,020.68	50,500.68
UTILIDADES OPERACIONALES	-65,436.42	48,282.18

Nota: Datos obtenidos del procesamiento de información

Los costos operacionales disminuyeron como resultado de las modificaciones sugeridas e implementadas, debido a ello el costo promedio del período post test fue de S/ 57,262.08 mientras que el costo promedio del período pre test fue de S/ 111,460.68, el cual disminuyó en S/ 98,782.86. En consecuencia, dado que la utilidad fue de S/ -70,020.68 para el primer periodo y de S/ 48,282.18 para el segundo se observa que hubo un incremento en la utilidad operativa de 49%, estos detalles se pueden observar en la Tabla 4.

Tabla 5
Comparativa de resultados de los costos operacionales

Formula	ANTES	DESPUÉS
$\%D.C = \frac{Ci - Cf}{Ci} * 100$	S/ 111,460.68	S/ 57,262.08
RESULTADOS	Se redujo un 49%	

Nota: Datos obtenidos del procesamiento de información

A su vez se elaboró un cuadro de las comparaciones de los indicadores de las restricciones presentadas:

Tabla 6
Resultados de Causa raíz e Indicadores

CAUSAS RAÍZ	INDICADORES	ANTES	DESPUÉS
		ENERO – MARZO 2023	ABRIL – JUNIO 2023
Falla de Mantenimiento Preventivo	Servicios levantados	81%	84%
	Servicios pendientes	19%	16%
Falta de Orden y Limpieza	Incidencias	88%	67%
Falta de capacitaciones	Capacitaciones	9%	33%

Nota: Datos obtenidos del procesamiento de información

Discusión

Utilizando un diagrama de Pareto, este estudio evaluó los problemas y el estado inicial de la empresa de servicios navales, donde se ha constatado que los gastos de funcionamiento de los servicios de mantenimiento son excesivos; uno de los problemas es la ausencia de mantenimiento preventivo, la falta de organización y limpieza, y la falta de capacitación, todo lo cual debería haberse tenido en cuenta para reducir los costos de mantenimiento. Se necesitaron gráficos para identificar los servicios de mantenimiento críticos con el principal objetivo de reducir los costos operativos. A través de esta mejora, se llegó a observar que los servicios de mantenimiento y las restricciones identificadas guardaban una relación lógica. Además, se pudo analizar las restricciones que generaban un aumento de los costos. Estos registros, que se fijaron de enero a marzo de 2023, fueron cruciales para la toma de datos. Estos datos fueron cruciales para poder facilitar la identificación de las restricciones más importantes. Estos resultados fueron compatibles con el trabajo de Asmat y Lopez (2020), quienes identificaron las causas de los problemas de sus servicios brindados. Utilizando la metodología adecuada de un diagrama de Ishikawa, este permite ver las causas de los problemas dentro de cada servicio.

Para encontrar las restricciones de los servicios de mantenimiento, se realizó un análisis de costos utilizando la metodología de la teoría de restricciones, se descubrió que los servicios de mecánica de montaje y arenado, eran servicios en los cuales se presentaba altos costos ya sea por falta de capacitaciones o falta de mantenimientos preventivos siendo estos un monto de S/ 21,895.50 en mecánica de montaje y en el servicio de arenado de S/81,001.60. Para eliminar las restricciones, se propuso una serie de técnicas y herramientas de mejora como TPM, 5S y Plan de capacitación. De ello podemos indicar que Juro y Yovera (2017) sugirieron un sistema de mejora continua, utilizando la Teoría de Restricciones (TOC) como metodología y herramientas como SMED, 5'S y Plan de Capacitación, para aumentar la eficiencia productiva.

A través de la elevación de la restricción, se consideraron soluciones las cuales no requerían grandes inversiones para la empresa. En su mayor parte, se buscó explotar las restricciones utilizando los propios recursos. Esto implica la aplicación de técnicas y equipos como el TPM (Mantenimiento Productivo Total), que reduce la carga de trabajo asociada al mantenimiento preventivo y aumenta el tiempo de actividad de la empresa. Los recursos propios de la empresa también se utilizan para reducir costos a través de prácticas 5S, buscar el apoyo de un gerente de mantenimiento y reducir el tiempo perdido, los accidentes laborales y el tiempo de inactividad (principalmente relacionado con encontrar cosas).

Finalmente, crear para el área de servicio de arenado un plan de capacitación adecuado para enseñar y capacitar al personal en las técnicas y herramientas propuestas, para que realicen un mantenimiento adecuado en las embarcaciones, además de poder tener un ambiente ordenado y limpio y así se disminuyan los incidentes y las demoras en la reparación. Estas mejoras disminuyeron los incidentes en las reparaciones de las embarcaciones de la empresa a un 67%, mientras que antes de la propuesta era del 88 %. Los ingresos obtenidos por la empresa en los meses de enero a marzo, permitieron comparar la realidad descrita antes de la creación de la presente investigación por ello se logró ver la notable diferencia entre la situación actual a la establecida después de la mejora. Analizando el objetivo principal de este trabajo, se han reducido los costos de mantenimiento, lo que significa que las mejoras realizadas a través del uso del enfoque de Teoría de Restricciones son positivas para la empresa.

Mientras que, en el aspecto económico, el servicio de mantenimiento redujo los costos en S/. 54,198.60 debido a la reducción del número de incidentes en un 21% y al aumento de conocimientos entre los trabajadores, además del orden y la limpieza dentro de su lugar de trabajo. Antes de la propuesta, la utilidad operativa era de S/. -65,436.42 en promedio entre los meses de enero a marzo, las utilidades promedio de la empresa aumentaron un S/. 48,282.18 después de que se propuso la teoría de restricciones durante los meses de abril a junio.

Conclusiones

Para aumentar el rendimiento global de un sistema, el estilo de gestión de la Teoría de las Restricciones (TOC) se centra en localizar y eliminar las restricciones o limitaciones del sistema. Se utiliza en diversos sectores, como la gestión de proyectos, las operaciones y la producción. En el contexto mencionado, uno de los pasos más importantes para reducir los costos de los servicios es la identificación de los límites de desarrollo del mantenimiento.

Se llegó a observar que la empresa generó S/. 111,460.68 en costos de servicio entre enero y abril de este año por sus servicios de mecánica de montaje, arenado y pintura. Las causas principales de estos altos costos fueron la deficiente limpieza, la falta de capacitación y las horas extras dentro del servicio.

Con la introducción de la metodología 5S y un programa de capacitaciones, se decidió aprovechar la restricción de procesos importantes. El TPM fue otro método de mejora que redujo del 19% al 16% el número de servicios que había que realizar. Dado que, por ejemplo, el área de embarcación tenía sólo un 9% de capacidad antes de la mejora, pero tenía un total del 67% de capacidad después de la mejora proyectada, el plan de formación permitió formar al personal en la aplicación de la TOC.

Tras la aplicación de la teoría de la restricción entre abril y junio de 2023, los costos disminuyeron en un promedio de S/98 782.86 lo que conlleva a una disminución significativa para la empresa en el precio de los servicios de mantenimiento de montaje mecánico y arenado.

Referencias

Ahumada, T., Casalins-Barrios, H., Mercado, Y., & Troncoso, A. (2021). Utilización de Simulación de Eventos Discretos para analizar una propuesta de mejora en los costos de almacenamiento. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, Vol.3, Num. (1). <https://doi.org/10.17981/bilo.3.1.2021.01>

Asmat, M. A., & Lopez, D. L. (2020). Teoría de restricciones en la reducción de costos operacionales del proceso de mantenimiento en la Empresa Transportes Rodrigo Carranza SAC. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/6471>

Carrión, X. M. (2020). Análisis de la aplicación de la Teoría de Restricciones (TOC) en la industria como un sistema de mejoramiento continuo: caso de estudio Sismode Cía. Ltda (Master's thesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador). <http://hdl.handle.net/10644/7269>

Juñá, L., Cabrera, V. H., & Reina, S. (2017). Aplicación de la teoría de restricciones en la implementación de un Sistema de Manufactura CAD-CAM en la industria Metalmeccánica-Plástica. *Enfoque UTE*, 8(3), 56-71. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n3.167>

Rodríguez, A. G., & Sullca, J. C. (2020). Aplicación de la gestión de compras para reducir los costos en el área de almacén de la Empresa Alianza Metalúrgica SAC, SJL-2019. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/95133>

Mauricio, R. J., & Armijos, A. G. (2021). Aplicación de teoría de restricciones para reducir los costos de almacenamiento de una empresa metalmecánica-Lima, 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/9867>

Mora, N. V., Pupo, J. M., Novillo, E. F., & Espinosa, M. O. (2018). Aplicación de la Teoría de Restricciones en la actividad camaronera de ANDAMAR SA (Ecuador): Estrategias para el mejoramiento continuo. *Revista Espacios*, 39(39). <https://www.revistaespacios.com/a18v39n39/18393919.html>

Juro, A. R., & Yovera, P. A. (2017). Aplicación de teoría de restricciones para disminuir los costos operacionales en la producción de bebidas de la empresa Marco Antonio SRL. <https://hdl.handle.net/11537/12485>

Guananga, F. R. (2017). Aplicación de la Teoría de Restricciones y su Incidencia en los Costos de Producción en la Empresa MIVIRN, de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo. <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/6577>

Kothari, C. R. (2004). *Research methodology: Methods and techniques*. New Age International.