

Theory of Constraints and the impact on the management of operations in the industrial sector in Perú, 2022

Guevara-Mijahuanca francisco, Alarcon-Medina Carlos Manuel, Campos-Vasquez Neicer, Maestro en Ciencias Económicas, Maza-Chumpitaz Angela Giovana, Maestra en Educación Universidad Privada del Norte, Perú N00188468@upn.pe, N00232406@upn.pe, neicer.campos@upn.edu.pe, angela.maza@upn.edu.pe

Abstract- Most of the production systems are characterized by their ability to produce and sell different types of products at the same time in the same period of time and in their efforts to achieve the strategic objective of the organization. The application of the theory of restrictions based on the use of each process in the production line of this company and the sequence for work orders and the production times that each one takes, as well as the capacities required and available. The impact generated by the theory of restrictions for the production of furniture was determined, achieving a profit of 171%, which shows us that the application of TOC and PL are efficient for the management of operations of a company in the furniture industry. furniture. It is concluded that the impact generated by the restriction theory is reflected in the new assignment of production to the machines (Skyper and Venture), reduced the processing time and achieved greater demand and a maximum profit and production of 182%. and 187.59%, respectively, generating an increase in profits of 87.62%.

Keywords-- restrictions, operation management, industry.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.107>
ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

Theory of Constraints and the impact on the management of operations in the industrial sector in Perú, 2022

Teoría de las Restricciones y el impacto en la gestión de operaciones en sector industrial en Perú, 2022

Guevara-Mijahuanca Francisco, Alarcon-Medina Carlos Manuel, Campos-Vasquez Neicer,
Maestro en Ciencias Económicas, Maza-Chumpitaz Angela Giovana, Maestra em Educação
Universidade Privada do Norte, Perú N00188468@upn.pe, N00232406@upn.pe,
neicer.campos@upn.edu.pe, angela.maza@upn.edu.pe

Resumen— La mayoría de los sistemas de producción se caracterizan por su capacidad para producir y vender diferentes tipos de productos al mismo tiempo en el mismo período de tiempo y en sus esfuerzos por lograr el objetivo estratégico de la organización. La aplicación de teoría de restricciones en base a la utilización de cada proceso en la línea de producción de esta empresa y la secuencia para órdenes de trabajo y los tiempos de producción que toma cada uno, así como las capacidades requeridas y disponibles. Se determinó el impacto que genera la teoría de las restricciones para la producción de muebles, logrando una utilidad de 171%, lo cual nos muestra que la aplicación de TOC y PL, son eficientes para la gestión de operaciones de una empresa de la industria de muebles. Se concluye que, el impacto que genera la teoría de restricción se ve reflejado en la nueva asignación de producción a las máquinas (Skyper y Venture), redujo el tiempo de procesamiento y logró mayor demanda y un máximo de utilidades y de producción de 182% y 187.59%, respectivamente, generando un incremento de utilidades de 87.62%.

Palabras clave —restricciones, gestión de operación, industria.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, debido a la Teoría de las Restricciones (TOC), la gestión de operaciones se considera actualmente como un tema complicado y se enfoca en controlar las restricciones que impiden el progreso de una organización hacia su meta. La meta de generar ingresos tanto ahora como en el futuro, puede ser descrito como la eficiencia operativa y un plan claro, altamente cruciales para el desempeño organizacional. [1].

Una de las principales causas de los límites es la desactualización de la estructura organizativa de las actividades, ya que la producción no suele ser continua, sino que tiende a adaptarse al número de órdenes de producción recibidas de la demanda impredecible y cambiante del mercado. Esto da como resultado una distribución ineficiente de los recursos en toda la gestión de la empresa. [2].

Los defensores de TOC protegen muchas prácticas de TOC teniendo en cuenta tres dimensiones (logística, procesos de pensamiento y medición del desempeño) en la jerarquía de la Dirección de Operaciones, la estrategia de producción da soporte a que la empresa consiga una ventaja competitiva en un determinado nicho de mercado [3]. La Teoría de las Restricciones (TOC) lo describe como una filosofía de mejora continua que se concentra en fortalecer el eslabón más débil del sistema de producción. El enfoque de la Teoría de las Restricciones es la mejora del sistema, que es una colección de actividades secuenciales. [4] [5].

Para lograr el objetivo estratégico de la organización como entidad económica, la gestión de dichos productos, la mayoría de los sistemas de producción se distinguen por su capacidad de fabricar y vender muchos tipos de productos simultáneamente en el mismo período de tiempo. Los sistemas deben hacer juicios cruciales sobre cómo maximizar sus recompensas financieras. [6]. El fracaso de los métodos tradicionales de administración y contabilidad de costos para eliminar los cuellos de botella debido a la globalización, la feroz competencia, los avances tecnológicos y el entorno comercial ha resultado en el desarrollo de nuevos métodos modernos de administración y técnicas de contabilidad de costos como TOC que las empresas deben usar para lograr sus principales objetivos, como aumentar la rentabilidad y el valor. [7].

Algunas implementaciones exitosas de TOC incluyen una empresa de muebles turca que lo usó para encontrar la combinación de productos ideal y el orden de fabricación para una línea de productos [7], una empresa láctea brasileña que lo usó para maximizar las ganancias [8] y una empresa del sector textil evidenció el impacto negativo en la fabricación de productos [15]. En consecuencia, TOC es aplicable a prácticamente todos los sectores empresariales. [9].

Los cinco pasos del enfoque de gestión de la producción se utilizan para construir la TOC: identificar la restricción, explotar la restricción, subordinar todo a la restricción, elevar la

restricción (aumentar la capacidad) y comenzar de nuevo [10], así como se muestra en la siguiente imagen:

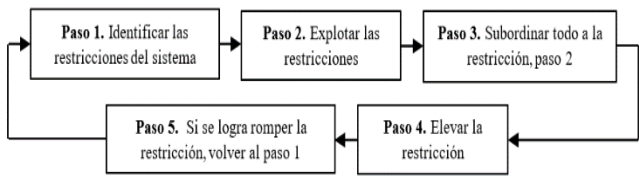


Figura N° 01. Etapas de la Teoría de restricciones
Nota. Fuente: [11]

En la investigación buscamos responder de manera clara y concisa, explicando mediante los resultados ¿Cuál es el proceso de implementación de la teoría de restricciones y su impacto en la gestión de operación de una empresa de la industria de muebles?

El objetivo general de la investigación es determinar el impacto que genera la Teoría de las Restricciones en la gestión de operaciones en sector industrial en Perú 2022.

II. METODOLOGÍA

Para la metodología, se presenta la aplicación de TOC y las etapas de la investigación de operaciones en la industria de muebles, describiendo tanto el proceso productivo, el caso de aplicación y su solución por medio de la TOC haciendo uso de un enfoque de programación lineal (PL).

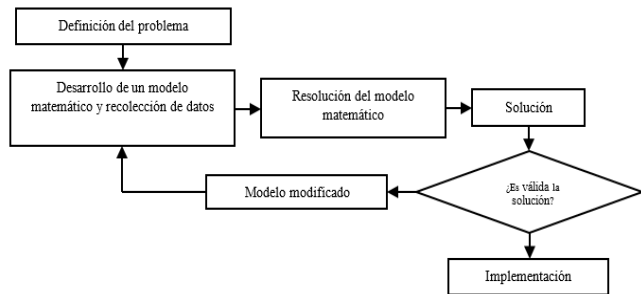


Figura N° 02. Metodología utilizara en TOC y enfoque PL
Nota. Fuente: [7]

Analizamos la figura 2, vemos que para poder generar la teoría de restricciones se debe identificar, y entender las dificultades y/o problemas que la empresa analizada posee, luego de ello se debe tener un alcance general del problema, a través de un modelo matemático el cual ayudará a mejorar mediante un método deductivo qué será validado como solución. Donde la teoría de recepción, a través de la programación lineal toma forma, y debe necesitar tanto las variables de decisión, el objetivo optimizar y cada una de las restricciones necesarias en las operaciones que se realizan.

Descripción del proceso productivo

Para conocer las operaciones en esta empresa, se debe tener en cuenta cada una de las etapas por las que su materia prima pasa. Todo Inicia con el diseño del respectivo mueble, el despiece y el envío del material a la máquina seccionadora. Luego se realizarán cada una de las etapas que serán necesarias para poder evaluar de una manera correcta el método de teoría de restricciones haciendo uso de la programación lineal.

En la figura se observar los 8 procesos necesarios los cuales serán necesarios para analizar y generar una solución a este caso de optimización.

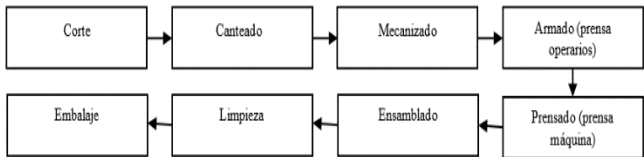


Figura N° 03. Procesos necesarios en la empresa analizada
Nota. Fuente: [7]

Descripción del caso de aplicación

Para esta investigación se está considerando la aplicación de teoría de restricciones en base a la utilización de cada proceso en la línea de producción de esta empresa, teniendo en consideración la secuencia para órdenes de trabajo y los tiempos de producción que toma cada uno, así como las capacidades requeridas y disponibles. En la tabla 1 se puede observar los 8 procesos mencionados con las cantidades ya calculadas. [12].

En producción, se debe tener en cuenta una mezcla óptima qué viene a ser parte de estudio y la planificación que debe existir considerando una solución de acuerdo a cantidades óptimas de fabricación, sujetos a restricciones de capacidad y demanda del mercado [12].

Proceso	Puestos de trabajo	Número de máquinas o trabajadores	Tiempos de producción por mueble de cocina (minutos)				Capacidad requerida (min)	Capacidad disponible (min)	Utilización (%)
			A	B	C	D			
Corte	Seccionadora	1	60.09	64.6	61.93	26.1	772.59	2.780	27.79%
Canteado	Canteadora	2	171.53	152.71	171.53	81.2	2064.26	5.560	37.13%
Mecanizado	Skyper	1	0	0	0	0	0	0	0,00%
	Venture	1	446.43	398.39	446.43	220.07	5385.07	2.780	193.71%
	Total	2	446.43	398.39	446.43	220.07	5385.07	2.780	193.71%
	Mecanizado								
Prensado	Prensa operarios	2	367.28	335.74	367.28	144.33	4425.52	5.560	79.6%
	Prensa máquina	1	106.51	102.12	106.51	40.75	1301.31	2.780	46.81%
	Armado	8	756.25	634.47	756.25	199.77	8787.64	22.240	39.51%
Ensamble	Manijas	1	111.43	97.15	111.43	0	1280.06	2.780	46.05%
Limpieza	Limpieza	7	577.96	524.6	577.96	187.21	6909.3	19.460	35.51%
Embalaje	Embalaje	4	192.15	188.77	192.15	54.25	2346.5	11.120	21.1%
Formica	Fórmica	1	0	0	0	0	0	2.780	0,00%
Demanda (Unid)			4	4	4	1			

Figura N° 04. Restricciones en TOC y enfoque PL
Nota. Fuente: [7]

Definido el modelo en base a tiempo de producción mostrado en la Figura 4, se procede a generar un modelo matemático que será desarrollado de acuerdo a la programación lineal en el que se considerarán tipos de producción, periodo de producción y los procesos necesarios, así como cada uno de los tiempos para la maximización, considerando las siguientes restricciones disponibilidad de demanda disponibilidad de capacidad, variables no negativas.

Tomando en consideración la figura 2 de la metodología de TOC, el siguiente paso es el desarrollo del modelo matemático una vez recolectada la información necesaria [13]. Se muestra a continuación la definición de las variables utilizadas para la decisión y maximización de este modelo de producción.

Variables de decisión:

C_{ij} : Cantidad de muebles i a producir en el periodo j .

i : Subíndice para el tipo de mueble a producir, donde $i = 1, \dots, N$

j : Subíndice que identifica el periodo de producción, donde $j = 1, \dots, T$

p : Subíndice que identifica el proceso a realizar, donde $p = 1, \dots, P$

Parámetros de restricción:

U_i = Margen throughput por mueble i fabricado.

D_{ij} = Demanda de mueble i en el periodo j .

Tr_{ip} = Tiempo requerido por mueble i en el proceso p .

Td_{pj} = Tiempo disponible de cada proceso p en el periodo j .

Definido las variables de decisión de acuerdo al modelo de programación lineal, y definido también cada uno de los parámetros constantes se procede a definir la maximización o

función objetivo, así como cada una de las restricciones mencionadas con anterioridad.

Función objetivo:

$$\text{Max } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^T U_i * C_{ij} \quad (1)$$

De acuerdo a lo planteado en la ecuación (1) en esta optimización el objetivo es la maximización de la utilidad teniendo valores de tiempos requeridos y disponibles, así como la cantidad de muebles a producir, que se reflejan en las ecuaciones (2), (3) y (4) [13].

Restricciones de demanda y capacidad y variable no negativa:

$$C_{ij} \geq D_{ij} \quad y \quad \forall i \in \{1, \dots, N\}, j \in \{1, \dots, T\} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N Tr_{ip} * C_{ij} \geq Tr_{pj} \quad y \quad \forall j \in \{1, \dots, T\}, p \in \{1, \dots, P\} \quad (3)$$

$$C_{ij} \in Z^+ \quad y \quad \forall i \in \{1, \dots, N\}, j \in \{1, \dots, T\} \quad (4)$$

Para el modelo de las restricciones se ha considerado el modelo utilizado para la mezcla óptima de producción, que utiliza un enfoque que relaciona TOC y PL [13].

III. RESULTADOS

En la figura 5 se puede observar los costos de mano de obra como precio de venta, así como gastos indirectos de fabricación. Luego de la aplicación del modelo de programación lineal se obtuvo los siguientes resultados: \$ 4,179.062 y \$ 3,079.647 para las cantidades a fabricar y las utilidades, respectivamente:

	A	B	C	D
Costo de materiales (USD)	1,197.82	1,234.58	1,247.89	189.96
Costo de mano de obra (USD)	388.20	348.07	388.59	36.77
CIF (USD)	317.20	316.53	327.29	45.35
Precio de venta (USD)	3,525.01	4,069.45	3,525.01	370.56
Throughput (USD)	2,327.19	2,834.87	2,277.12	180.60
Margen Throughput por mueble (U_i) (USD)	581.80	708.72	569.28	180.60
Margen Throughput por unidad de tiempo en la restricción (USD \$/min)	1.30	1.78	1.28	0.82
SOLUCION POR EL METODO DE LA PLE				
Cantidades a fabricar (Unid)	2	4	0	1
Secuencia de producción	2	1	3	4
Z (Max. Throughput) (USD)	4,179.062			
Utilidades (USD)	3,079.647			

Figura N° 05. Programación utilizando TOC y enfoque PL
Nota. Fuente: [7]

De acuerdo a la política de la empresa existen dos máquinas dentro del proceso de maquinado que solo deben encargarse de la producción de algunos pedidos (Skyper y Venture), lo cual se considera la primera restricción. Asimismo, se considera que, para evitar cuellos de botella, los trabajadores realicen actividades auxiliares las cuales pueden ser consideradas para incrementar el tiempo productivo, logrando reducir los cuellos de botella de 193.71% a 71.21%. Y del mismo modo los demás procesos aumentan su productividad que se ve evidenciado en la figura 6.

Proceso	Puestos de trabajo	Número de máquinas o trabajadores	Tiempos de producción por mueble (minutos)				Capacidad requerida (min)	Capacidad disponible (min)	Utilización (%)
			A	B	C	D			
Corte	Seccionadora	1	60.09	64.6	61.93	26.1	772.59	2,780	27.79%
Canteado	Canteadora	2	171.53	152.71	171.53	81.2	2,064.26	5,560	37.13%
	Skyper	1	268.59	0	268.59	0	2,148.73	2,780	77.29%
Mecanizado	Venture	1	0	398.39	0	220.0	1,813.63	2,780	65.24%
	Total					220.0			
	Mecanizado	2	268.59	398.39	268.59	7	3,962.36	5,560	71.27%
Prensado	Prensa operarios	2	270.16	246.96	270.16	7	3,255.28	5,560	58.55%
	Prensa máquina	1	106.51	102.12	106.51	40.75	1,301.31	2,780	46.81%
Ensamble	Armado	8	709.56	595.3	709.56	3	8,245.14	0	37.07%
	Manijas	1	104.55	91.15	104.55	0	1,201.04	2,780	43.2%
Limpieza	Limpieza	7	543.55	493.37	543.55	6	6,497.92	19,46	33.39%
								11,12	
Embalaje	Embalaje	4	138.8	136.36	138.8	39.19	1,695.05	0	15.24%
Formica	Fórmica	1	0	0	0	0	0	2,780	0,00%
Demanda (Unid)			4	4	4	1			

Figura N° 06. % Utilización aplicando restricciones
Nota. Fuente: [7]

Acuerdo a la restricción de órdenes de producción que se asignan a las máquinas (Skyper y Venture) de la figura 7, se logró reducir el tiempo de procesamiento. Así que, con el método de PL y la restricción de asignación, se ha logrado fabricar mayor cantidad de demanda obteniendo un máximo de utilidades y de producción de \$ 7,619.77 y \$ 5,778.05, respectivamente, generando un incremento de utilidades de 87.62%.

	A	B	C	D
Costo de materiales (USD)	1,197.82	1,234.58	1,247.89	189.96
Costo de mano de obra (USD)	267.69	319.82	268.08	34.15
CIF (USD)	293.10	310.88	303.19	44.82
Precio de venta (USD)	3,525.01	4,069.45	3,525.01	370.56
Throughput (USD)	2,327.19	2,834.87	2,277.12	180.60
Margen Throughput por mueble (U_i) (USD)	581.80	708.72	569.28	180.60
Margen Throughput por unidad de tiempo en la restricción ((USD) \$/min)	2.17	1.78	2.12	0.82
SOLUCION POR EL METODO DE LA PL				
Cantidades a fabricar (Unid)	4	4	4	1
Secuencia de producción	1	3	2	4
Z (Max. Throughput) (USD)	7,619.77			
Utilidades (USD)	5,778.05			

Figura N° 07. Restricción de demanda satisfecha
Nota. Fuente: [7]

Finalmente, se considera incrementos de órdenes de producción en la figura 8, agregando 2 nuevas órdenes (E y F) y se obtiene una nueva restricción en el mecanizado, observándose que el valor de utilización es de 114.65%. Sin, embargo aumenta la producción y con ellos las utilidades.

Proceso	Puestos de trabajo	Número de máquinas o trabajadores	Tiempos de producción por mueble de cocina (minutos)						Capacidad requerida (min)	Capacidad disponible (min)	Utilización (%)
			A	B	C	D	E	F			
Corte	Seccionadora	1	60.09	64.6	61.93	26.1	65.59	77.13	1,112.1	2,780	40.00%
Canteado	Canteadora	2	171.53	152.71	171.53	81.2	152.71	147.07	2,822.2	5,560	50.76%
	Skyper	1	268.59	0	268.59	124.75	0	239.13	2,512.6	2,780	90.38%
Mecanizado	Venture	1	0	398.39	0	0	398.39	0	3,187.1	2,780	114.65%
	Total Mecanizado	2	268.59	398.39	268.59	124.75	398.39	239.13	5,699.7	5,560	102.51%
Prensado	Prensa operarios	2	270.16	246.96	270.16	106.17	246.96	252.65	4,495.8	5,560	80.86%
	Prensa máquina	1	106.51	102.12	106.51	40.75	102.12	102.12	1,811.9	2,780	65.18%
Ensamble	Armado	8	709.56	595.3	709.56	187.43	595.3	594.81	11,221.1	22,240	50.45%
	Manijas	1	104.55	91.15	104.55	0	91.15	97.85	1,663.5	2,780	59.84%
Limpieza	Limpieza	7	543.55	493.37	543.55	176.06	493.37	456.54	8,927.9	19,460	45.88%
Embalaje	Embalaje	4	138.8	136.36	138.8	39.19	136.36	129.04	2,369.5	11,120	21.31%
Formica	Fórmica	1	0	0	0	0	0	223.38	223.4	2,780	8.04%
Margen Throughput por unidad de tiempo en la restricción (USD \$/min)			2.17	1.78	2.12	1.45	1.77	1.45			
Demanda (Unid)			4	4	4	1	4	1			
SOLUCION POR EL METODO DE LA PL											
Cantidad a fabricar (Unid)			4	4	3	1	4	1			
Secuencia a fabricar			2	4	3	6	5	1			
Z (Max. Throughput) (USD)			10,838.42								
Utilidad (USD)			8,354.21								

Figura N° 08. Restricciones y demanda satisfecha
Nota. Fuente: [7]

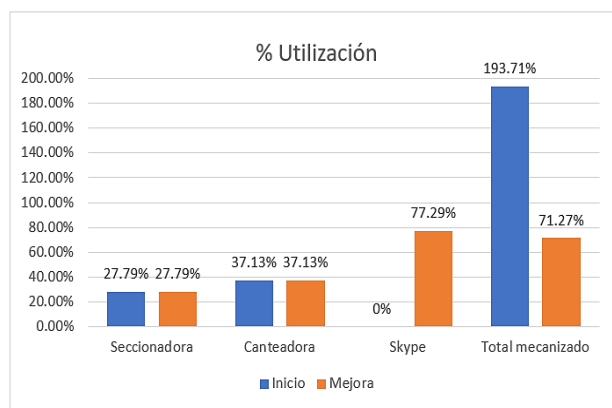


Figura N° 09. Mejoras obtenidas en los puestos de trabajo
Nota. Fuente: [7]

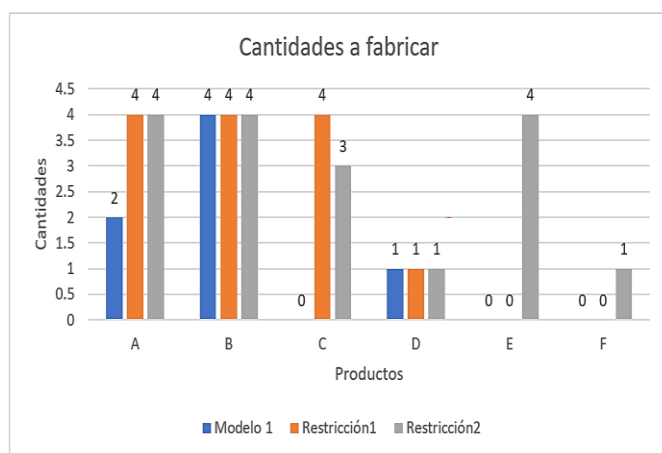


Figura N° 10. Comparativa Modelo Inicial y restricciones
Nota. Fuente: [7]

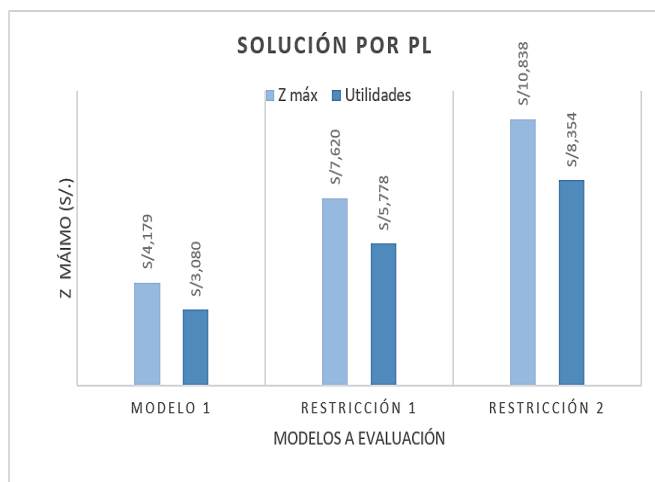


Figura N° 11. Resultados de solución óptima por PL
Nota. Fuente: [7]

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante la aplicación del TOC y PL, se puede determinar que estas herramientas permiten obtener una mayor utilidad y la reducción de tiempos de producción, comparado a la aplicación de la TA con solución de variable enteras la cual no determina una solución óptima debido a que la utilidad obtenida es de 1.42% frente al 87.62% del TOC y PL. Se determinó el impacto que genera la teoría de las restricciones para la producción de muebles, haciendo uso de teoría de restricción y programación lineal que luego de aplicar restricciones, obtuvo una utilidad de 171%, asimismo la función maximizada de 77,08%, lo cual nos muestra que la aplicación de TOC y PL, son eficientes para la gestión de operaciones de una empresa de la industria de muebles.

Además, el impacto que genera la teoría de restricción, se ve reflejado en la nueva asignación de producción a las máquinas (Skyper y Venture), las cuales lograron reducir el tiempo de procesamiento, logrando mayor demanda y obteniendo un máximo de utilidades y de producción de 182% y 187.59%, respectivamente, generando un incremento de utilidades de 87.62%. Se logró reducir los cuellos de botella de 193.71% a 71.21% y se agregó al proceso de productos 2 modelos más mejorando el valor de utilización a 114.65%.

En ese sentido, la aplicación del TOC y PL nos ayuda a encontrar la incompetencia enquistada en los diversos sistemas de producción e implementar estrategias bajo operación guiada, asegurando así, la toma de decisiones estratégicas y tácticas efectivas, logrando la maximización del beneficio económico para la empresa, demostrándose así, que, la convergencia de optimización combinatoria permite alcanzar el objetivo trazado

REFERENCIAS

- [1] De Jesús Pacheco, D. A., Junior, J. A. V. A., & de Matos, C. A. (2021). The constraints of theory: What is the impact of the Theory of Constraints on Operations Strategy?. *International Journal of Production Economics*, 235, 107955. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107955>
- [2] Sari, R. M., Syahputri, K., Rizky, I., & Siboro, N. (2019). Optimization in Critical Work Center Using Theory of Constraints. 648(1), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1757899X/648/1/012017>
- [3] Melendez, J. R., Zoghbe, Y. A., Malvacias, A. M., ALmeida, G. A., & Layana, J. (2018). Theory of constraints: A systematic review from the management context. *Revista Espacios*, 39(48).
- [4] Romero Rojas, J, Ortiz Triana, V y Caicedo-Rolón, A. (2019). La teoría de restricciones y la optimización como herramientas gerenciales para la programación de la producción. Una aplicación en la industria de muebles. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*.
- [5] Trojanowska, J., & Dostatni, E. (2017). Application of the theory of constraints for project management. *Management and production engineering review*, 8. <https://doi.org/10.1515/mp-2017-0031>
- [6] Altuni, A., & AL-yaseer, A. H. (2016). The Conventional, the Theory of Constraints, and the Linear Programming: Three Approaches to the Optimum Production Mix: A Comparative Study. *International Journal of Computer Engineering and Information Technology*, 8(7), 125.

- [7] Okutmuş, E., Kahveci, A. & Kartaşova, J. (2015). Using theory of constraints for reaching optimal product mix: an application in the furniture sector. *Intellectual Economics*, 9(2), p. 138-149. <https://doi.org/10.1016/j.intele.2016.02.005>
- [8] Buss, L. M., Gasparetto, V., Ducati, E. & Schäfer, J. D. (2015). Teoria das Restrições (TOC): utilização em um laticínio catarinense. In *Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. XXII Congresso Brasileiro de Custos – Foz do Iguaçu, PR, Brasil* <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/163135>
- [9] Janosz, M. (2018). The theory of constraints as a method of results optimization in complex organization. *Archives of Foundry Engineering*, 18(4), 59-64. <https://doi.org/10.24425/afe.2018.125169>
- [10] Kumar, D. N., Siddiqui, M. T., & Suhail, M. (2020). Theory of Constraints: A Review on its Evolution and Adoption. *The International Journal of Analytical and Experimental Modal Analysis*, 12(9), 954-969. Recuperado de: <http://www.ijaema.com/gallery/112-ijaemaseptember-4587.pdf>
- [11] Pacheco, D.A.d.J., Pergher, I., Antunes Junior, J.A.V. and Roehe Vaccaro, G.L. (2019), "Exploring the integration between Lean and the Theory of Constraints in Operations Management", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 10 No. 3, pp. 718-742. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2017-0095>
- [12] Espín-Guerrero, R., Toalombo-Rojas, B., Moyolema-Chaglla, Á., & Altamirano-Salazar, A. (2022). Optimización de los procesos operativos mediante la teoría de restricciones en una empresa metalmecánica. *Revista Digital Novasinergia*, 5(2), 33-57. <https://doi.org/10.37135/ns.01.10.03>
- [13] Altumi, A. & AL-yaseer, A. H. (2016). The Conventional, the Theory of Constraints, and the Linear Programming: Three Approaches to the Optimum Production Mix: A Comparative Study". *International Journal of Computer Engineering and Information Technology* 8, (7), p. 125-140.
- [14] Álvarez M, J., Inche M., J., & Salvador W., G. (2004). Programación de operaciones mediante la teoría de restricciones. *Industrial Data*, 7(1), 012-019. <https://doi.org/10.15381/idata.v7i1.6095>
- [15] Ortíz Barrios, M. A., (2013). Teoría de restricciones y modelación PL como herramientas de decisión estratégica para el incremento de la productividad en la línea de toallas de una compañía del sector textil y de confecciones.. *PROSPECTIVA*, 11(1),21-29.[fecha de Consulta 5 de Noviembre de 2022]. ISSN: 1692-8261. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250735003>.
- [16] Sousa, C., Machado, D., Moreira, M., Leopoldino, C., & Mota, W. (2021). Benefícios da teoria das restrições para a gestão da produção de uma indústria de panificação. *Administração de Empresas em Revista*, 1(23), 343 - 373. Recuperado de <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/admrevista/article/view/4200/371373278>
- [17] Marín Marín, William, & Gutiérrez Gutiérrez, Elena Valentina. (2013). Desarrollo e implementación de un modelo de teoría de restricciones para sincronizar las operaciones en la cadena de suministro. *Revista EIA*, (19), 67-77. Retrieved November 05, 2022, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372013000100006&lng=en&tlng=es.
- [18] Marín-González, Y., Montes-de la-Barrera, J. O., Hernández-Riaño, H. E., & López-Pereira, J. M. (2010). Validación de la lúdica como herramienta metodológica complementaria en la enseñanza del método de producción tradicional y del método de producción de la teoría de restricciones (TOC) para el manejo de los entornos multitarea. *Ingeniería*