

Prospective Analysis, AHP, Causal Loop Diagram and Montecarlo Simulation to reduce costs of a metal-mechanic company.

Aurorita Tello, estudiante¹ Gian Pierre Caruanambo, estudiante² Junior Julcamoro, estudiante³ Leslie Huancahuire, estudiante⁴ Walter Tiznado, estudiante⁵ Jimy Oblitas, doctor⁶

¹Universidad Privada del Norte, Perú, melissatellozavala@gmail.com, gianpierre caruanambocarhuayano@gmail.com, juniorjulcamoro1234@gmail.com, gamboita186@gmail.com, wal_enri@outlook.com, Jimy.oblitas@upn.edu.pe

Abstract- The project focuses on addressing the current and future challenges of a metal-mechanical company. A prospective analysis and casual diagrams were performed to propose optimal solutions oriented toward continuous improvement. The goals established in this investigation were reorganizing the physical space to maximize efficiency, implementing a preventive maintenance plan for equipment, addressing the environmental impact of noise through acoustic insulation, improving inventory logistics management with ABC methodology, and using a Monte Carlo simulation for cost reduction. The discussion of results highlights the performance, such as improved operational efficiency and productivity with the new layout, reduced downtime with preventive maintenance, regulatory compliance and welfare generated by the acoustic insulation, and accuracy in inventory management with the ABC methodology. In conclusion, the implementation of these solutions has proven to be fundamental for the integral optimization of the company, effectively addressing the identified challenges.

Keywords- Maintenance, inventory, Saaty, ABC Monte Carlo

Análisis Prospectivo, AHP, Diagrama Causal Loop y Simulación Montecarlo para reducir costos de una empresa metalmeccánica

Aurorita Tello, estudiante¹ Gian Pierre Caruanambo, estudiante² Junior Julcamoro, estudiante³ Leslie Huancahuire, estudiante⁴ Walter Tiznado, estudiante⁵ Jimmy Oblitas, doctor⁶

¹Universidad Privada del Norte, Perú, melissatellozavala@gmail.com,

gianpierrecuruanambocarhuayano@gmail.com, juniorjulcamoro1234@gmail.com, gamboita186@gmail.com,
wal_enri@outlook.com

Resumen– El proyecto se enfoca en abordar los desafíos actuales y futuros de una empresa metalmeccánica. Se realizó un análisis prospectivo y diagramas causales; para luego proponer soluciones óptimas y orientadas a la mejora continua. Se establecen metas como reorganizar el espacio físico para maximizar la eficiencia, implementar un plan de mantenimiento preventivo para equipos, abordar el impacto ambiental del ruido mediante aislamiento acústico, mejorar la gestión logística de inventarios con la metodología ABC y una simulación Montecarlo para reducción de costos. La discusión de resultados destaca los beneficios obtenidos, como la eficiencia operativa y productividad mejoradas con el nuevo layout, la reducción de tiempos de inactividad con el mantenimiento preventivo, el cumplimiento normativo y bienestar generado por el aislamiento acústico, y la precisión en la gestión de inventarios con la metodología ABC. En conclusión, la implementación de estas soluciones ha demostrado ser fundamental para la optimización integral de la empresa, abordando eficazmente los desafíos identificados.

Palabras clave– Mantenimiento, inventario, Saaty, ABC Montecarlo

I. INTRODUCCIÓN

En busca de una mirada hacia el futuro, las empresas desarrollan un ejercicio sistemático de la imaginación sobre lo desconocido, de acuerdo a esto se define el análisis prospectivo, el cual es un proceso que detalla los posibles escenarios a futuro que pueden afectar a un organismo teniendo en cuenta riesgos y oportunidades que podrían surgir[1]. En la actualidad, los organismos que presentan una deficiente gestión operativa originan un incremento de costos que los afectan económicamente a corto o mediano plazo y es por ello que buscan diferentes alternativas de optimización de procesos que los impulse a ser más eficientes y corregir problemáticas que se presenten.[2]. El sector metalmeccánico no es ajeno estas problemáticas. Aun cuando esta industria es dinámica y va evolucionando en conjunto a la creación de nuevos equipos y herramientas que facilitan la vida del ser humano, también se denotan obstáculos relacionados a la calidad de gestión de mantenimiento e inventario que se planifica en cada empresa [3]. Ante estos problemas, que frenan su desarrollo y competitividad, existen recursos y alternativas de solución que muchas veces pueden ser difícilmente identificados y que, sin embargo, pueden optimizar sus procesos y reducir sus costos generales de

manera eficaz[4]. No obstante, antes de pensar en las soluciones que se le pueden brindar a un problema, es imprescindible determinar porqué sucedieron. Es así que dentro de Las Herramientas Lean desarrolladas por Sakichi Toyoda se tiene el Método de los 5 porqués, método que permite identificar la causa principal de un problema determinado[5]. De igual forma, otra herramienta que posibilita eficientemente la identificación de un problema es también el Diagrama de Forrester (Diagrama Causal Loop), mediante el cual se puede comprender cómo interactúan las partes de un sistema o, en este caso las áreas de una empresa y analizar si es que existe una connotación extraña entre los mismos.[6]. Por consiguiente, luego de saber la razón principal por la que una empresa está amplificando sus costos de manera excesiva, se procede a buscar la solución idónea, es donde es muy factible el Método Saaty (Proceso de Jerarquía Analítica AHP)[7]. Este método, desarrollado por Thomas Saaty se basa tomar decisiones de manera racional y sistemática teniendo en cuenta diversos criterios a considerar dentro del problema [8]. En tanto, para la ejecución de un plan o solución frente a la problemática de la empresa se debe de tener parámetros de éxito o fracaso [9]. Para ello se tiene a la simulación Montecarlo, la cual es utilizada para estudiar múltiples escenarios de un sistema o contexto general con el fin de conocer una estimación de probabilidad de resultados y si, en este caso, los modelos o sistemas creados para dar solución a los problemas de una empresa metalmeccánica funcionarán de manera efectiva [10]. Es por ello que este artículo tiene el objetivo de determinar la eficacia del Análisis Prospectivo, Método Saaty (AHP), Diagrama de Forrester (Loop) y Simulación Montecarlo, para reducir los costos de una empresa de la industria Metalmeccánica.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de investigación utilizado es preexperimental, los resultados obtenidos es una valoración de los costos obtenidos antes del diseño de las alternativas de solución planteadas y después del diseño de dichas soluciones, El presente trabajo se realizó en una empresa metalmeccánica del sector norte del Perú, ubicada en una zona urbana, se obtuvieron datos e información necesaria que se pudo sintetizar y obtener los problemas de falta de mantenimiento

en sus equipos y una deficiente gestión logística de inventarios. Los métodos utilizados en la investigación son: Un análisis prospectivo para alinear los objetivos hacia el horizonte en que la empresa se encuentre, Diagrama causal Loop o diagrama de Forrester para analizar la causa y efecto de los problemas, así mismo, determinar los indicadores que permiten medir nuestras soluciones y como repercuten en los costos de la empresa metalmeccánica, por otro lado, el método Saaty o AHP para la toma de decisiones basada en 3 criterios, los cuales fueron el criterio de viabilidad, impacto y costos, estos criterios determinan la mejor alternativa de solución para el problema encontrado, flujos de caja en donde se contempla en los costos que incurre la empresa cuando tiene los problemas mencionados, y un flujo de caja integrado en donde se puede observar los costos de implementación y costos e ingresos en general, por último, una simulación Montecarlo para el análisis de riesgo y para la toma de decisiones, esta simulación estimará los diversos resultados de un suceso.

III. RESULTADOS

A. Análisis prospectivo e identificación de problemas

La mirada hacia el futuro de una empresa metalmeccánica es aplicar las mejoras propuestas, para así lograr ser una empresa competitiva que sobresalga a nivel regional y nacional, aparte de esto, contar con planes proyectados a un futuro cercano frente a cualquier dificultad que se presente en el camino, las primordiales deben ser: las nuevas tendencias tecnológicas en este rubro y si son necesarias su implementación de inmediato o ésta se puede prolongar a un tiempo determinado, este análisis prospectivo capta la idea de un escenario apuesta, el cual busca prepararse para los cambios venideros. Para lograr cumplir el escenario apuesta propuesto a la empresa metalmeccánica, se propone solucionar los problemas identificados en un análisis previo, los cuales son la falta de mantenimiento de los equipos con los que se trabaja y la deficiente gestión logística de inventarios que se maneja en la actualidad, es por esto que para profundizar en los problemas e identificar posibles soluciones, se propone trabajar con la técnica de los 5 porqués.

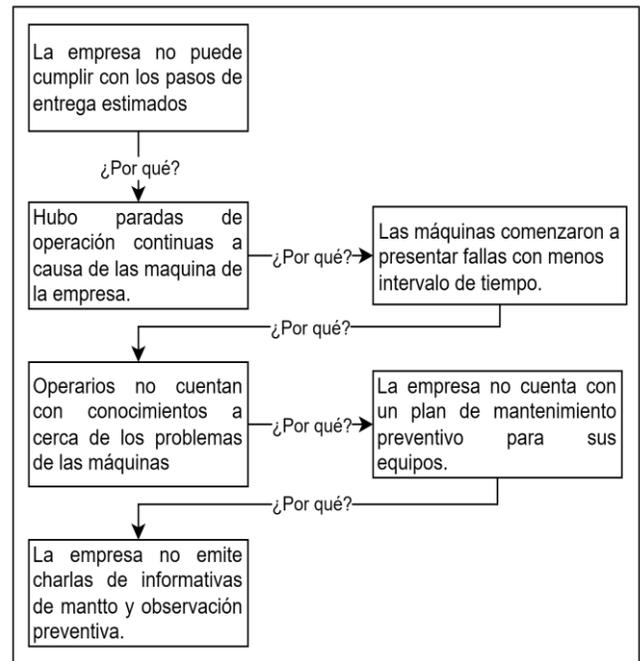


Fig. 1 Diagrama de los 5 porques del problema de mantenimiento

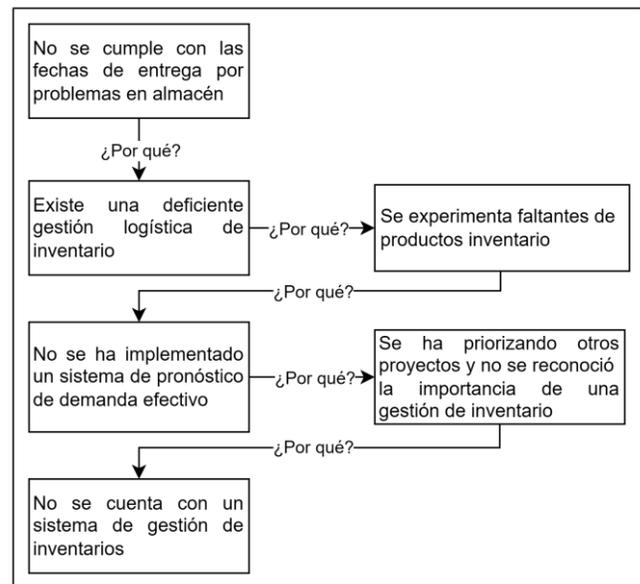


Fig. 2 Diagrama de los 5 porques del problema de inventario

Se trabajó esta técnica y se pudo constatar que la causa central del problema de mantenimiento es que la empresa no emite charlas informativas de mantenimiento y observación preventiva, lo que se puede traducir en que no se cuenta con un plan de mantenimiento para ninguna de sus máquinas, por otro lado, la causa central del problema de la deficiente gestión logística de inventario es que no se cuenta con un sistema de gestión de inventarios, uno que satisfaga las

actuales necesidades de la empresa y que a su vez la haga más competitiva en el mercado.

Al conocer las causas que generan los problemas centrales identificados en la empresa metalmecánica, se elabora un Diagrama Causal Loop o Diagrama de Forrester, el cual permite identificar las causas y los efectos de las variables que influyen en los problemas mencionados.

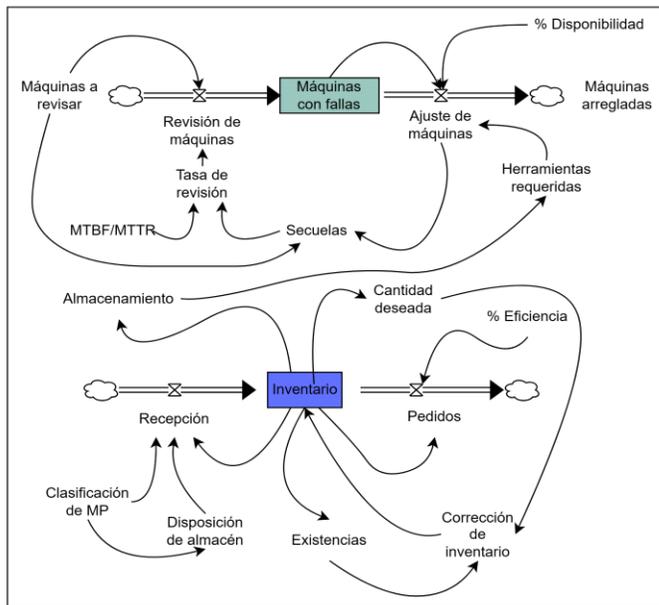


Fig. 3 Diagrama Causal Loop de los problemas encontrados

Podemos observar en la figura 3, dos de los principales indicadores que tienen ambos problemas y que son suma de utilidad al momento de evaluar las futuras soluciones que se plantearán. Por el lado de mantenimiento tenemos el indicador de disponibilidad el cual medirá el porcentaje de tiempo que las máquinas se encuentran disponibles, para el problema de inventarios, tenemos el indicador de eficiencia que medirá el orden y el almacenamiento del inventario, en el gráfico también se puede observar otros indicadores o términos que están asociados a los temas de mantenimiento e inventario.

B. Selección de la alternativa de solución

Identificada la causa raíz y los costos que estos problemas generan, se propone dos alternativas de solución para cada problema, las soluciones planteadas para el problema de falta de mantenimiento de los equipos son: Diseñar y definir un plan de mantenimiento preventivo adecuado en todos los equipos utilizados por la empresa en conjunto con la plena adquisición de conocimientos a los operarios del mismo y que este se cumpla en el intervalo estimado y como segunda alternativa de solución se plantea recurrir a una empresa externa para realizar mantenimiento en un intervalo estimado ideal a todos los equipos de la empresa para evitar paradas de operación, para el problema de deficiente gestión logística de

inventario se propone las siguientes alternativas de solución: implementar un sistema eficiente a través del método ABC que optimice la logística de almacén de la empresa Baur Metalmin y establecer niveles de stock.

Utilizando el método AHP o comúnmente llamado método Saaty, se evalúan las alternativas de solución mencionadas bajo el criterio de viabilidad, impacto y costo para así escoger la solución que mejor se acomode a estas alternativas.

TABLA I
MÉTODO AHP PARA ELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Criterios	Viabilidad	Impacto	Costo	Priorización	%
Plan de mantto preventivo	0.875	0.750	0.833	0.83801	84%
Tercerización de mantto	0.125	0.250	0.167	0.16199	16%
Ponderación	0.633	0.260	0.106	1	100%

El método AHP, teniendo en cuenta los criterios de viabilidad, impacto y costo nos menciona que la alternativa de solución debe ser el plan de mantenimiento preventivo para solucionar el problema de falta de mantenimiento de equipos.

TABLA II
MÉTODO AHP PARA ELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Criterios	Viabilidad	Impacto	Costo	Priorización	%
Método ABC	0.775	0.875	0.200	0.7729	77%
Establecer nivel de stock	0.225	0.125	0.800	0.2271	23%
Ponderación	0.571	0.363	0.066	1	100%

El método AHP, teniendo en cuenta los criterios de viabilidad, impacto y costo nos menciona que la alternativa de solución debe ser el método ABC para solucionar el problema de deficiente gestión logística de inventario.

C. Diseño de la alternativa de solución

Para diseñar el plan con el que se seguirá para poder diseñar la alternativa seleccionada se utilizará un modelo que hace referencia a 4 etapas en donde estarán distribuidas todas las actividades para la implementación de la solución escogida, estas 4 etapas son Planificación, Ejecución, Supervisión y Corrección, este modelo está guiado del ciclo de Deming o el ciclo de mejora continua, ya que creemos firmemente en la idea de que nunca se termina de mejorar, siempre existe y existirá cosas que se pueden optimizar o

proponer ideas para que la mejora continua no se estanque y continúe progresando, adentrándose así en un ciclo.

TABLA III
DISEÑO DE LA SOLUCIÓN ESCOGIDA PARA MANTENIMIENTO

1° Etapa - Planificación	2° Etapa - Ejecución	3° Etapa - Supervisar	4° Etapa - Corregir
Difusión de mantenimiento preventivo	Realizar inventario de equipos, repuestos y accesorios en la empresa	Elaborar y dar seguimiento general a ejecución al plan de mantenimiento preventivo	Realizar ajustes de costo, personal y tiempo de ejecución del plan
Planificar objetivos, prioridades y tareas iniciales	Consultar historial de incidencias de equipos y manuales	Utilizar técnicas de inspección de activos para evaluar rendimiento de activos	Realizar ajustes de inventario de activos en uso y próximos a obsolescerse
Definir tiempo y costo de ejecución de plan	Calcular disponibilidad	Evaluar rendimiento de operarios y comité de m.p referente al plan	Realizar ajuste de inventario de repuestos y accesorios
Definir comité de mantenimiento prev.	Estimar promedio de tiempo a realizar m.p en equipos	Evaluar parámetro de tiempo de ejecución de plan y si se requieren ajustes de intervalo	Evaluar funcionalidad del plan a largo plazo
Capacitar a operarios	Ejecutar plan de m.p en el tiempo estimado	Programar reunión general para brindar alcances y conclusiones	

TABLA IV
DISEÑO DE LA SOLUCIÓN ESCOGIDA PARA INVENTARIO

1° Etapa - Planificación	2° Etapa - Ejecución	3° Etapa - Supervisar	4° Etapa - Corregir
Identificar las causas de las deficiencias	Adaptación de almacén para la distribución de materia prima y orden de herramientas	Verificar que no existan pérdidas de herramientas y o equipos	Nivel de inventario para responder ante la demanda
Determinar las posibles soluciones	Implementación y uso de Excel para control de inventario	Hacer comparación de inventario físico y control de inventarios en Excel	Orden de inventario según la rotación de este
Definir solución y objetivos a realizar	Correcto orden de herramientas y almacenamiento de materia prima	Comparación del aprovechamiento de los recursos con historiales anteriores	Seguridad y verificación de datos con control de inventarios en Excel
Asignar responsable para gestionar adecuadamente el trabajo	Calcular cantidad promedio de materia prima mensual para realizar pedidos correspondientes	Control para el uso adecuado de herramientas y aprovechamiento máximo de la materia prima	

D. Indicadores para medir la eficacia de las soluciones

Se propuso el porcentaje de disponibilidad de las máquinas como indicador para poder medir la efectividad de

la solución planteada para el problema de mantenimiento y el porcentaje de eficiencia para medir la efectividad de la solución planteada para el problema de inventario, a continuación, se puede observar un cuadro resumen de todo lo que involucra los indicadores propuestos, desde una breve definición hasta los beneficios y oportunidades de mejora.

TABLA V
INDICADOR DE DISPONIBILIDAD

Indicador	Disponibilidad
Definición	El indicador de Disponibilidad representa el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo se encuentra apto y operativo.
Cálculo	$\frac{\text{Tiempo total disponible}}{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}} * 100$
Frecuencia de recogida de datos y cálculo	Calculando cada que una máquina presenta fallas, se debe calcular el tiempo promedio transcurrido entre una falla y la siguiente y el tiempo promedio que lleva realizar una reparación después de que se haya producido la falla.
Responsable de obtener y comunicar datos	Operadores
Beneficios	Se conocerá la disponibilidad y posible reparo de la máquina, prediciendo su estado de fallas y darle mantenimiento preventivo en un intervalo determinado.
Oportunidades de mejora	Contiene beneficios referidos a la reducción significativa del tiempo muerto provocado por fallas de los equipos, evitando costos más altos de reparación por fallas catastróficas inesperadas.

TABLA VI
INDICADOR DE EFICIENCIA

Indicador	Eficiencia
Definición	Tener un adecuado orden y almacenamiento de inventario para evitar pérdida de este y optimizar los recursos contar con la suficiente materia prima para cumplir con los pedidos sin retrasos.
Cálculo	$\frac{\text{Cuanto aumenta la eficiencia}}{\text{Eficiencia después de la implementación} - \text{Eficiencia antes de la implementación}}$
Frecuencia de recogida de datos y cálculo	Semanalmente para realizar un análisis de la eficiencia
Responsable	Gerente de área logística.
Beneficios	Al hacer un correcto almacenamiento y orden de la materia prima obtendremos menor pérdida de esta y reduciríamos costos imprevistos.
Oportunidades de mejora	Identificar la materia prima principal y tipos de pedidos más frecuentes para el correcto almacenamiento de esta y haya un mejor control.

E. Metaanálisis

Para contrastar los indicadores escogidos, se realizó un metaanálisis para comparar lo propuesto con los estándares de ingeniería, se tomaron en cuenta 5 autores de bases de datos confiables y que el problema en donde trabajaron siga la misma línea industrial, el cual es el rubro metalmecánico.

TABLA VII
METAANÁLISIS DEL INDICADOR DE DISPONIBILIDAD

Indicador	Método de cálculo	Valor de indicador	Línea industrial	Fuente
Disponibilidad	Disponibilidad = $(MTBF / (MTBF + MTTR)) * 100$	88%	Industria Metalmecánica	[11]
Disponibilidad		99.31%	Industria Metalmecánica	[12]
Disponibilidad		90.86%	Industria Metalmecánica	[13]
Disponibilidad		93%	Industria Metalmecánica	[14]
Disponibilidad		95%	Industria Metalmecánica	[15]

TABLA VIII
METAANÁLISIS DEL INDICADOR DE EFICIENCIA

Indicador	Método de cálculo	Valor de indicador	Línea industrial	Fuente
Eficiencia	Diferencia del % de eficiencia antes y después de la implementación	17%	Metalmecánica	[16]
Eficiencia		14%	Metalmecánica	[17]
Eficiencia		19%	Metalmecánica	[18]
Eficiencia		12%	Metalmecánica	[19]
Eficiencia		8%	Metalmecánica	[20]

Realizado el metaanálisis, se pudo llegar a la conclusión que las soluciones propuestas en el presente trabajo, tienen un respaldo de publicaciones que aplicaron las mismas propuestas en la misma línea industrial, lo que nos da a entender que si

aplicamos lo propuesto podemos llegar a obtener buenos resultados y sobre todo beneficiosos para la empresa, además de esto, se tiene una idea clara de los valores que se pueden manejar para la mejora y no caer en supuestos muy optimistas que resulten contradictorios una vez finalizada la implementación, asegurando así la transparencia con la que siempre se busca trabajar.

F. Simulación Montecarlo

Se procedió a realizar la simulación Montecarlo, con un nivel de confianza de 95% y 1000 pruebas, se tuvo 3 suposiciones las cuales son, los ingresos por mejoras con una distribución triangular, costos de implementación con una distribución triangular y costos de mantenimiento con una distribución uniforme, se obtuvo un error estándar de media de 16 y se obtuvo los siguientes gráficos.

Podemos observar que la distribución es simétrica y un poco centrada por lo que se concluye que los beneficios obtenidos y que se plasman en el flujo de caja, en el futuro son constantes y precisos

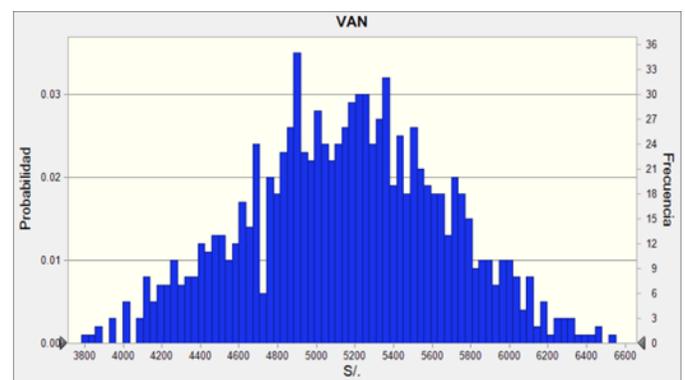


Fig. 4 Previsión VAN

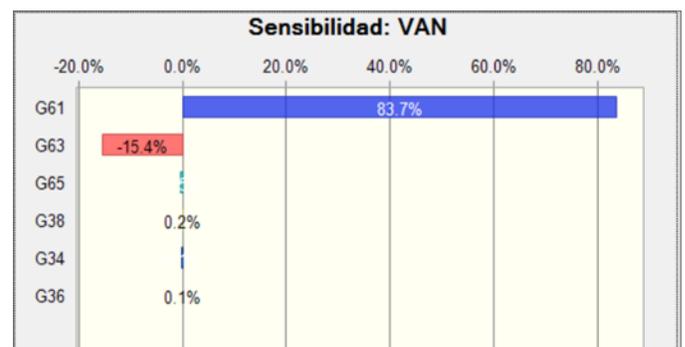


Fig. 5 Sensibilidad VAN

G. Análisis del flujo de caja integrado

TABLA IX
INDICADORES DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

Indicadores Económicos	
TMAR	2%
VAN	65490.3
TIR	29%
B/C	4.1
VAN Beneficios	S/ 79,526.47
VAN Egresos	S/ 34,926.21

En ingeniería económica un VAN positivo o en otras palabras, un VAN que es mayor a 0 significa un proyecto rentable en el futuro, trasladando este concepto a esta propuesta, se tiene un VAN de S/. 65490.3 por lo que las propuestas de solución brindadas a la empresa metalmeccánica resultan beneficiosas no solo para solucionar el problema en el acto, si no también, para reducir costos y aumentar la rentabilidad del negocio, que al final de todo es lo que toda empresa busca.

IV. CONCLUSIÓN

La implementación de estrategias clave en la empresa, como el rediseño del layout para una utilización más inteligente del espacio, la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo, la aplicación de aislamiento acústico y la adopción de la metodología ABC en la gestión de inventarios, ha demostrado ser integral y beneficiosa. Estos enfoques no solo han optimizado significativamente la eficiencia operativa y la productividad mediante una reorganización eficaz del espacio físico y la reducción de tiempos de inactividad, sino que también han aportado mejoras sustanciales en términos de costos y resultados. El compromiso con el cumplimiento normativo y la responsabilidad social, evidenciado a través del aislamiento acústico, ha generado un impacto positivo en el bienestar de las áreas circundantes y en los trabajadores. La implementación de la metodología ABC ha destacado la importancia de una gestión eficiente en la clasificación de inventario, el manejo de materiales y herramientas, impulsando la eficiencia general del almacén y la operatividad de la empresa. En conjunto, estos esfuerzos estratégicos han fortalecido la posición competitiva de la empresa y su capacidad para adaptarse a un entorno empresarial dinámico. Estos hallazgos resultan útiles, pues generan posibles prácticas que se pueden emplear en búsqueda de la mejora continua de este tipo de empresas.

REFERENCIAS

- [1] H. R. Gorgone, «El análisis prospectivo. Una necesidad en tiempos de la sociedad del conocimiento. Un ejercicio de aplicación en la Universidad Tecnológica Nacional», *IDEAS Working Paper Series from RePEc*, 2001, Accedido: 28 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/1698809264/B39553B813D44B49PQ/12>
- [2] J. J. Ccahuay Cercado, K. E. Jara Roncal, y M. H. Vásquez Coronado, «Plan de mejora en la gestión operativa para reducir costos de la empresa Shalom empresarial S.A.C. Chiclayo», *Tzhoeoen: Revista Científica*, vol. 12, n.º 3, pp. 348-359, 2020.
- [3] L. K. Dadul Guzmán y K. I. García Mendoza, «Gestión de la experiencia del cliente en las empresas de la industria metalmeccánica en Barranquilla», Trabajo de grado - Maestría, Corporación Universidad de la Costa, 2020. Accedido: 28 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11323/7150>
- [4] J. C. Vinuesa Calderón, J. I. Oviedo Esparza, D. F. Maldonado Chávez, y I. G. Bonilla Gavino, «Alternativas de soluciones a los problemas empresariales», *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, n.º 1 (Enero), p. 24, 2020.
- [5] F. G. Correa, «Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas», *Revista Raites*, vol. 1, n.º 2, Art. n.º 2, oct. 2007.
- [6] H. Samaniego, «Un modelo para el control de inventarios utilizando dinámica de sistemas», *Estudios de la Gestión*, n.º 6, pp. 134-154, 2019, doi: 10.32719/25506641.2019.6.6.
- [7] J. A. P. Soler, F. M. Delgado, y M. N. García, «Metodología para evaluar el nivel ético en las organizaciones/Methodology for assessing ethical level in organizations», *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería*, vol. 25, n.º 1, pp. 170-179, 2017.
- [8] J. M. Beltrán Ayala, G. F. Acurio Hidalgo, P. S. Alulema Zurita, J. M. Beltrán Ayala, G. F. Acurio Hidalgo, y P. S. Alulema Zurita, «Método AHP de Saaty para determinar los factores del quantum indemnizatorio por daño inmaterial en materia penal en Ecuador», *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 13, n.º 2, pp. 249-256, abr. 2021.
- [9] JOHMUN, «‘Hay que experimentar y dejar de lado el miedo a fallar’: Samuel West, fundador del Museo del Fracaso, habló sobre cómo nació la idea de exponer los productos fallidos de las empresas, con el fin de conocer y aprender del lado “oscuro” de innovar.», *Portafolio*, 2023, Accedido: 28 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2887938318/citation/50B124A0F3864816PQ/2>
- [10] J. Inquilla-Mamani, E. a sitio externo E. enlace se abrirá en una ventana nueva, O. M. Rodríguez-Limachi, y E. a sitio externo E. enlace se abrirá en una ventana nueva, «Análisis de riesgo mediante el método de simulación de Montecarlo aplicado a la inversión pública en el sector educativo peruano: el caso del departamento de Puno», *Praxis*, vol. 15, n.º 2, pp. 163-176, 2019, doi: 10.21676/23897856.2858.
- [11] E. Castillo Ramirez, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad en la Empresa Fabrication Technology Company S.A.C. para la mejora de la productividad», 2017, Accedido: 16 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/915>
- [12] S. Chambilla Chambi, «Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de soldadura del taller metalmeccánica en la empresa Picofam SAC., Lima 2023», *Repositorio Institucional - UCV*, 2023, Accedido: 16 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/124001>
- [13] K. A. Rojas Cadillo y A. A. Salas Gomez, «Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento basada en la metodología TPM con el fin de reducir la capacidad ociosa en una empresa del sector metalmeccánico», *Total productive maintenance model to improve maintenance management system and reduce idle capacity in a metalworking company*, jul. 2022, Accedido: 2 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/661044>

- [14] E. Chuquimbalqui Fernández, «Propuesta de mejora de un Plan de Mantenimiento Preventivo para incrementar en la Productividad del Área de Producción en la Empresa Metalmecánica S.A. Lima, 2018», *Universidad César Vallejo*, 2018, Accedido: 2 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3001675>
- [15] G. A. Bances Enriquez y L. G. Llontop Paredes, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de equipos en Nave Armado de una planta metalmecánica», *Repositorio Institucional - UCV*, 2021, Accedido: 16 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89003>
- [16] S. M. Cordero Heredia y J. R. Gamarra Ortiz, «Propuesta de mejora de la productividad en el área de maquinado de una empresa del sector industrial metalmecánico utilizando la metodología Estudio del Trabajo», *Universidad Tecnológica del Perú*, 2020, Accedido: 2 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3346>
- [17] V. Barrenechea Chamorro, «Propuesta de mejora de la eficiencia en la fabricación de vigas en una empresa MYPE del sector metalmecánico en el Perú, utilizando herramientas de Lean Manufacturing y estandarización de trabajo», *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*, ago. 2022, Accedido: 2 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660864>
- [18] A. M. Andrade, C. A. Del Río, D. L. Alvear, A. M. Andrade, C. A. Del Río, y D. L. Alvear, «Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado», *Información tecnológica*, vol. 30, n.º 3, pp. 83-94, jun. 2019, doi: 10.4067/S0718-07642019000300083.
- [19] D. A. Medina Salas, «Aplicación de la herramienta SMED para la reducción del tiempo de cambio de molde en la línea de inyección de plásticos en la empresa PLASTIMEC S.A.C.», *Repositorio Institucional - UTP*, 2021, Accedido: 2 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4385>
- [20] J. Torres Martínez y J. R. Tucno Alcantara, «Propuesta de implementación del mantenimiento autónomo para reducir las paradas de máquina no programadas en una empresa metal mecánica», *Universidad Tecnológica del Perú*, 2019, Accedido: 2 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2913>