

Proposal for an MRP system to improve productivity in a chemical substances manufacturing company, Trujillo 2024

Guevara Horna Guisella, Ingeniero Industrial¹, Santos Gonzales Cesar Enrique, Doctor en Contabilidad y Finanzas²

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00089268@upn.pe,

²Universidad Privada del Norte, Perú

Abstract– The objective of the research was to determine the influence of the proposal of an MRP system on the productivity of a manufacturing company, Trujillo 2024. The research was applied, with a quantitative approach and propositional design. A diagnosis of the current productivity situation in thinner manufacturing was made, showing a level of 9.54 liters per hour, being below the sector standard, set at 10 liters per hour. This generated a total loss of S/ 65,963.50 during the year 2023 attributed to 6 root causes. A proposal for a Master Production Plan (MPS), Material Requirements Planning (MRP) and Demand Planning was developed, managing to reduce losses and obtaining an economic benefit of S/ 38,559.50, improving its operational efficiency. The economic evaluation of the proposal obtained a NPV of S/ 53,574.28, an IRR of 78.7%, a payback period of 1.9 years and a Benefit/Cost of 1.13, confirming the viability and economic profitability of the proposal, concluding that the MRP system proposal significantly influenced the improvement of productivity in the manufacture of thinners, increasing production from 9.54 liters per hour to 10.42 liters per hour.

Keywords– planning of material requirements, MRP, MPS, Productivity.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Propuesta de un sistema MRP para mejorar la productividad en una empresa productora de sustancias químicas, Trujillo 2024

Guevara Horna Guisella, Ingeniero Industrial¹, Santos Gonzales Cesar Enrique, Doctor en Contabilidad y Finanzas²

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00089268@upn.pe,

²Universidad Privada del Norte, Perú

Resumen– *El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de la propuesta de un sistema MRP en la productividad de una empresa manufacturera, Trujillo 2024. La investigación fue aplicada, con un enfoque cuantitativo y diseño propositivo. Se realizó un diagnóstico de la situación actual de la productividad en la manufactura de thinners, arrojando un nivel de 9,54 litros por hora, estando por debajo del estándar del sector, fijado en 10 litros por hora. Esto generó una pérdida total de S/ 65,963.50 durante el año 2023 atribuida a 6 causas raíz. Se elaboró una propuesta de Plan Maestro de Producción (MPS), Planeamiento de Requerimientos de Materiales (MRP) y Planeamiento de la Demanda, logrando reducir las pérdidas y obteniendo un beneficio económico de S/ 38,559.50, mejorando su eficiencia operativa. La evaluación económica de la propuesta obtuvo un VAN de S/ 53,574.28, una TIR de 78.7%, un periodo de recuperación de 1.9 años y un Beneficio/Costo de 1.13, confirmando la viabilidad y rentabilidad económica de la propuesta, concluyendo que la propuesta del sistema MRP influyó significativamente en la mejora de la productividad en la fabricación de thinners, incrementando la producción de 9.54 litros por hora a 10.42 litros por hora.*

Palabras claves– *planificación de requerimientos de materiales, MRP, MPS, Productividad.*

I. INTRODUCCIÓN

La baja productividad en la industria de fabricación de sustancias químicas es un problema global que compromete la competitividad y rentabilidad de las empresas. Factores como la obsolescencia tecnológica, ineficiencias en la cadena de suministro y estrictas normativas ambientales incrementan los costos operativos y dificultan el cumplimiento de los objetivos de producción. La necesidad de innovar en procesos y adoptar tecnologías avanzadas es crucial para mejorar la eficiencia operativa [1]. A nivel internacional, la baja productividad en la industria de fabricación de sustancias químicas en Estados Unidos es una preocupación crítica que impacta negativamente la economía del sector. La productividad ha disminuido un 4% en la última década, resultando en pérdidas económicas de aproximadamente \$2.5 mil millones anuales, debido a las ineficiencias en los procesos productivos han incrementado los

costos operativos en un 15%, afectando significativamente los márgenes de beneficio. Estos datos subrayan la urgente necesidad de inversiones en tecnología avanzada y optimización de procesos para revertir esta tendencia [2]. En China es una problemática significativa que afecta la competitividad del sector, donde la productividad ha disminuido un 3% anual, resultando en pérdidas económicas de aproximadamente \$1.8 mil millones al año [3].

En el Perú, el sector de la industria química ha logrado un Producto Bruto Interno (PBI) de S/ 9,904 millones de soles en 2019. Dentro de este sector, los productos químicos representan la mayor proporción con un 47,5%, seguidos por los productos de caucho y plástico con un 35,3%, los farmacéuticos y medicamentos con un 10,1%, y las sustancias químicas básicas y abonos con un 7,1%. Estos resultados han sido posibles gracias a la implementación de estrategias sostenibles de mejora de la productividad. Estas estrategias incluyen la adopción de tecnologías avanzadas, la optimización de procesos de manufactura, y la integración de prácticas de gestión ambiental. Además, la industria ha fomentado la capacitación continua del personal y la mejora de la eficiencia en el uso de recursos energéticos y materiales, lo cual ha permitido incrementar la competitividad y sostenibilidad del sector. Estas iniciativas no solo han contribuido a un crecimiento económico significativo, sino que también han posicionado al Perú como un actor importante en la industria química a nivel regional [4].

El estudio esta dado en una empresa dedicada a la fabricación de sustancias químicas, en Trujillo, especializada en thinner. Esta empresa enfrentó desafíos significativos en términos de productividad durante el año 2023. Entre enero y diciembre de ese año, se registró un promedio de producción de 9.54 litros de thinner por hora, cifra que queda por debajo del estándar establecido por la empresa y el sector, que es de 10 litros por hora. Esta deficiencia en la productividad condujo a diversas pérdidas económicas que sumaron un total de S/65,963.50. La incapacidad de alcanzar los objetivos de producción no solo redujo el margen de beneficio de la empresa del 20% al 15%, sino que también resultó en la pérdida de un importante pedido. Además, se incurrió en costos adicionales por el pago de horas extras, el incremento en los desechos de materiales y una elevación de los costos de mantenimiento. Los costos logísticos, por su parte, ascendieron a S/ 21,550.00. Este conjunto de factores no solo afectó la rentabilidad de una empresa de fabricación de sustancias químicas, sino que

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

también puso en evidencia la necesidad urgente de optimizar los procesos y mejorar la eficiencia en su línea de producción para evitar futuras repercusiones financieras negativas.

Por lo expuesto, se planteó el MRP (Planificación de los requerimientos de material) es un sistema de planificación de la producción y gestión de inventarios que se utiliza para gestionar y coordinar la producción de bienes. El objetivo principal del MRP es asegurar que los materiales y componentes necesarios para la fabricación estén disponibles en el momento y lugar correctos, minimizando los niveles de inventario y optimizando la eficiencia de producción. Este sistema utiliza datos de inventarios actuales, listas de materiales (BOM), y cronogramas de producción para calcular las necesidades de materiales y planificar los órdenes de producción y compras [5]. El MRP es un método lógico, que se entiende fácilmente, para el problema de determinar el número de piezas, componentes y materiales necesarios para producir todo artículo final. La MRP también da el programa que especifica cuándo debe pedirse o producirse cada uno de estos artículos. La MRP se basa en la demanda dependiente, resultado de la demanda de artículos de nivel superior [6]. La lista de materiales (BOM) contiene la descripción completa de los productos y consigna materiales, piezas y componentes, además de la secuencia en que se elaboran los productos. Esta BOM es uno de los principales elementos del programa de MRP (los otros dos son el programa maestro y el archivo con los registros de inventarios). El archivo con la BOM se llama también archivo de estructura del producto o árbol del producto, porque muestra cómo se arma el producto [5].

Un programa maestro de producción especifica lo que se va a hacer (es decir, el número de productos o artículos acabados) y cuándo. El programa debe ser coherente con un plan agregado de producción [7]. El programa maestro de producción, las listas de materiales, los registros de inventario y compras, y los plazos de cada artículo constituyen los ingredientes de un sistema de planificación de las necesidades de materiales [6].

El programa de planificación de requerimiento de materiales opera con la información de los registros de inventarios, el programa maestro y la lista de materiales. El proceso de calcular las necesidades exactas de cada pieza que maneja el sistema se conoce como proceso de “explosión”. Al continuar en sentido descendente por la lista de materiales, las necesidades de piezas antecedentes se usan para calcular las necesidades de componentes. Se pone atención a los saldos actuales y pedidos programados para recibirse en el futuro [5].

La gestión del inventario de materias primas es fundamental para asegurar que los materiales necesarios para la producción estén disponibles cuando se necesitan, sin incurrir en excesos que puedan generar costos adicionales de almacenamiento [8]. El indicador rotación de inventario se mide a través de la frecuencia con la que el inventario se reemplaza durante un periodo determinado [8]

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Promedio de Inventario}}{\text{Consumo de Materias Primas}} \quad (1)$$

El cumplimiento de entregas mide la capacidad de una empresa para entregar productos a tiempo según los plazos establecidos con los clientes [7]. Tasa de Cumplimiento de Entregas: Mide la proporción de entregas realizadas a tiempo en comparación con el total de entregas planeadas. Para ello, con la Ecuación (2) se calculará el cumplimiento de entregas [7].

$$\text{Cumplimiento de entregas} = \frac{\text{Total de Entregas Planeadas}}{\text{Entregas a tiempo}} \times 100 \quad (2)$$

Posteriormente, la gestión de la calidad en la producción se refiere a asegurar que los productos fabricados cumplan con los estándares y especificaciones requeridas, minimizando los defectos, donde se medirá mediante el indicador de tasa de unidades defectuosas [8], utilizando la fórmula para calcular este indicador mediante la Ecuación (3)

$$\text{Tasa de Defectuosos} = \frac{\text{Unidades defectuosas}}{\text{Unidades producidas}} \times 100 \quad (3)$$

La productividad mide la relación entre la cantidad de productos obtenidos y los recursos utilizados para obtenerlos. Es un indicador clave para evaluar la capacidad de la planta de producir más con menos [7]. La productividad se calcula a través de la Ecuación (4).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Horas Trabajadas}} \quad (4)$$

La eficiencia mide la habilidad de producir el máximo output con el mínimo input, o en términos más simples, cómo de bien se utilizan los recursos disponibles se mide la relación entre la cantidad de productos obtenidos y los recursos utilizados para obtenerlos. Es un indicador clave para evaluar la capacidad de la planta de producir más con menos [7]. La eficiencia se calcula a través de la Ecuación (5).

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción actual}}{\text{Producción máxima posible}} \quad (5)$$

La eficacia se relaciona el logro de los objetivos propuestos con los resultados realmente alcanzados. Es un indicador de cuán efectivos son los procesos para alcanzar los resultados esperados [7]. La productividad se calcula a través de la Ecuación (6).

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Objetivos alcanzados}}{\text{Objetivos propuestos}} \quad (6)$$

En función a lo expuesto, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la influencia de la propuesta de un sistema MRP sobre la productividad en una empresa de fabricación de sustancias químicas, Trujillo 2024?

Para el desarrollo del problema expuesto, se determinó como objetivo general determinar la influencia de la propuesta de un sistema MRP sobre la productividad en una empresa de

fabricación de sustancias químicas, Trujillo 2024. De esta manera, para cumplir con el objetivo general, se tiene presente los siguientes objetivos específicos: Diagnosticar la situación actual de la productividad de una empresa de fabricación de sustancias químicas, desarrollar la propuesta del MRP en la línea de fabricación de thinner, evaluar económicamente la propuesta del MRP

La investigación contribuye a mejorar la productividad, abordando ineficiencias en la planificación y gestión de inventarios. A través de la metodología presenta un enfoque mixto que combina técnicas cuantitativas y cualitativas, se evaluará cómo el MRP optimiza los recursos y mejora los indicadores de rendimiento. Referente a la justificación teórica se fundamenta en teorías de gestión de producción y operaciones.

Respecto a la hipótesis general de la investigación se determinó que, la propuesta de un sistema MRP mejora la productividad en una empresa de fabricación de sustancias químicas, Trujillo 2024.

II. METODOLOGÍA

El tipo de investigación es aplicada, pues se enfocó en resolver problemas específicos y prácticos mediante la aplicación de teorías, conocimientos y técnicas. En este estudio, se orientará a resolver problemas prácticos de la empresa mediante la propuesta del sistema MRP, buscando mejorar la productividad y eficiencia operativa [9].

Asimismo, este trabajo presentó un diseño propositivo, debido a que se centra en la creación y aplicación de soluciones prácticas a problemas específicos, con el objetivo de mejorar o modificar una situación existente mediante la implementación de una intervención concreta. En este diseño, se desarrollará un sistema de Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) para mejorar la productividad en la fabricación de sustancias químicas, específicamente el thinner [9].

La población de este estudio está compuesta por todos los procesos de una empresa dedicada a la fabricación de sustancias químicas, en Trujillo. La muestra considerada en este estudio comprende los procesos del área de producción de una empresa dedicada a la fabricación de sustancias químicas, en Trujillo. Esta muestra se ha seleccionado de manera no probabilística debido a las características específicas de la investigación, que requieren un enfoque detallado y contextualizado de los datos operativos de la empresa.

En relación con la técnica de recolección de datos, se empleó el análisis documental, esta técnica permitió recopilar y analizar datos históricos y operativos, proporcionando una comprensión profunda de los patrones de productividad, eficiencia y eficacia a lo largo del año 2023.

Referente al instrumento de recolección de datos, se utilizó la ficha de registros de productividad. Inicialmente, se diseñó una ficha específica para el registro de los indicadores de productividad mensuales. Este instrumento incluyó campos para registrar la cantidad de thinner producida, cantidad de

thinner programada, las horas laborales de los empleados, y los indicadores clave como la eficiencia de la producción y la eficacia de cumplimiento de la producción. Asimismo, se solicitó y obtuvo el permiso de la empresa para aplicar el instrumento en el área de producción. Luego, se procedió a recopilar los datos mensuales de los indicadores de productividad desde enero 2023 hasta diciembre 2023. Posteriormente, los datos recolectados se ingresaron en una hoja de cálculo de Excel. Una vez ingresados en Excel, se calcularon los indicadores clave de productividad. Este paso incluyó la verificación de los datos para identificar y corregir cualquier posible error, asegurando la validez y fiabilidad de la información recopilada. Finalmente, los datos validados se organizaron y prepararon para el análisis posterior.

El estudio esta dado en una empresa dedicada a la fabricación de sustancias químicas, en Trujillo, además en la venta de materiales de construcción, artículos de ferretería. La empresa se posiciona como un proveedor integral para el sector de la construcción y la industria química, ofreciendo productos de alta calidad y un servicio al cliente personalizado. Se ubica en la calle La Merced Nro. 263, Laredo, La Libertad - Trujillo - Laredo.

Se identificaron 15 causas raíces a través de la lluvia de ideas que generan la baja productividad en la fabricación de sustancias químicas en una empresa dedicada a la fabricación de sustancias químicas, en Trujillo. Luego, se priorizaron las causas según las ocurrencias que tuvieron un impacto en la productividad durante el diagnóstico. Este análisis reveló que las siete causas principales son responsables del 78.3% de los problemas de productividad que enfrenta la empresa. Este hallazgo es crucial porque señalo específicamente dónde se deben enfocar los esfuerzos de mejora para obtener el máximo beneficio. Al abordar estas causas de manera efectiva, no solo se espera una mejora significativa en la productividad sino también una reducción sustancial en las pérdidas económicas que estas ineficiencias generan. La Fig. 1, muestra la priorización de las causas que más influyen en los problemas de productividad de la empresa.

Este análisis visual permite destacar las áreas críticas donde se debe concentrar la atención y los recursos para obtener mejoras significativas en los procesos operativos.

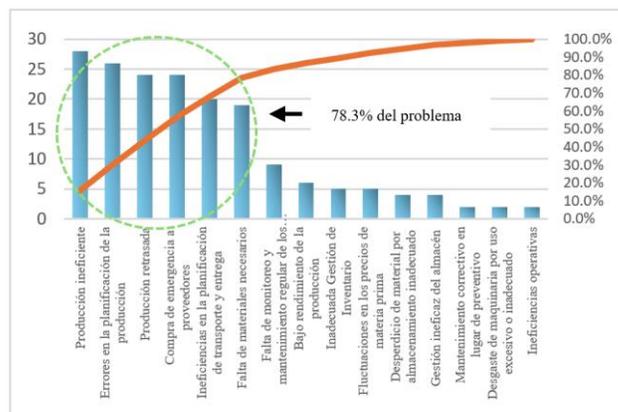


Fig. 1 Pareto con la Priorización de causas raíz

Durante el año 2023, el área de producción de la empresa dedicada a la fabricación de thinner registró una productividad de 9.54 litros por hora, que se muestra en la Tabla I, esta cifra se sitúa por debajo del estándar del sector, establecido en 10 litros por hora. Esta medición se basó en la cantidad total de thinner producido y las horas efectivas de trabajo. Esta baja productividad observada ha tenido un impacto significativo en el cumplimiento de los objetivos de producción, principalmente debido a problemas relacionados con el abastecimiento no oportuno de materiales e insumos necesarios para la producción de thinner

TABLA I
RESUMEN DE PRODUCTIVIDAD INICIAL

Mes	Eficiencia de la producción (%)	Eficacia de		Días al mes	Horas Trabajadas	Productividad
		Cumplimiento de la Producción Programada (%)	Producción			
Ene-23	87.19	95.41	20	320	10.59	
Feb-23	85.34	91.48	20	320	10.37	
Mar-23	86.01	93.80	23	368	9.09	
Abr-23	83.92	89.15	21	336	9.71	
May-23	85.19	93.24	22	352	9.41	
Jun-23	83.54	91.34	22	352	9.23	
Jul-23	84.08	89.46	21	336	9.73	
Ago-23	83.87	90.96	23	368	8.86	
Set-23	84.98	92.52	22	352	9.39	
Oct-23	83.59	91.37	21	336	9.67	
Nov-23	82.97	87.69	22	352	9.16	
Dic-23	83.46	90.64	22	352	9.22	
Promedio	84.51	91.42	22	345	9.54	

La descripción de causas raíz inicia con CR5 Producción ineficiente donde la empresa enfrentó pérdidas significativas ascendentes a S/8,613.50 soles en el año 2023, atribuibles a la producción no conforme de thinner, que alcanzó los 329 litros, y a 97 horas de inactividad en la planta de producción. Estas cifras reflejan las complicaciones internas relacionadas con la calidad y la eficiencia operativa. La producción no conforme, es decir, aquella que no cumplió con los estándares de calidad requeridos, contribuyó directamente a las pérdidas financieras, evidenciando la necesidad de revisar y mejorar los procesos de control de calidad. Por otro lado, las 97 horas de inactividad, ocasionadas por fallos mecánicos y periodos de mantenimiento necesarios, subrayan problemas adicionales en la gestión y mantenimiento de la maquinaria.

En cuanto, a la CR8 errores en la planificación de la producción y la CR11 falta de materiales necesarios durante el año 2023, la empresa enfrentó una pérdida significativa de S/37,536.00 soles, atribuible a errores en la planificación de la producción y falta de materiales necesarios. Esta situación resultó en una producción insuficiente, específicamente en la falta de producción de 368 litros de thinner, lo que generó costos adicionales considerables. Por un lado, se incurrió en un costo de S/ 7,797.18 por la falta de materiales necesarios para la producción. Por otro lado, los errores en la planificación de la producción ocasionaron costos de S/29,738.82. Estos costos se originaron por desaciertos en la programación, tales como la sobreproducción o insuficiencia de producción, conduciendo a

inventarios excesivos o al incumplimiento de pedidos de clientes, respectivamente.

De acuerdo a la CR3 producción retrasada en el año 2023, se registró una pérdida significativa de S/ 11,782.00 en la producción de thinner, atribuible a retrasos que resultaron en 97 horas perdidas. Este impacto económico se desglosa en dos componentes principales. En primer lugar, se acumularon S/ 3,686.00 en costos de mano de obra, calculados a partir de las horas perdidas y un costo de mano de obra por hora de S/ 38 soles. En segundo lugar, se contabilizaron S/ 8,096.00 en costo de oportunidad, derivado de la pérdida de ventas por los litros de thinner no producidos, considerando un precio de venta por unidad de S/ 22 soles.

Con respecto a la CR10 compra de emergencia a proveedores, durante el año 2023 se reportó una pérdida total de S/ 5,625.00 atribuida a compras de emergencia a proveedores, una situación provocada por la necesidad de adquirir materiales e insumos. Asimismo, el porcentaje de compras de emergencia durante el año 2023 alcanzó un 6.5%, un nivel considerado alto y reflejo de la frecuencia con la que la empresa tuvo que realizar adquisiciones no planificadas.

En cuanto a la CR1 de ineficiencias en la planificación de entrega de materiales a almacén, se identificó una pérdida económica total de S/2,407.00 soles originada por costos logísticos adicionales. Esta situación se derivó de las 70 horas de retraso en el traslado de materiales desde el proveedor a almacén de la empresa, que directamente afectaron la eficiencia del proceso logístico, resultando en un costo acumulado de S/ 1,047.00. Además, se incurrió en un costo de transporte de S/1,360.00, por la necesidad de gestionar entregas urgentes y reprogramaciones que pudieron haberse evitado con una planificación más rigurosa.

La propuesta de solución para solucionar los problemas son en primera instancia Plan Maestro de Producción (MPS) donde está diseñada para optimizar la eficiencia operativa y garantizar la satisfacción de la demanda del mercado. Este plan abarca un horizonte de planificación de seis meses, con revisiones mensuales para ajustarse a las variaciones de la demanda. Se proyecta una producción mensual basada en datos históricos y análisis de mercado, asegurando que los niveles de inventario inicial y final se mantengan óptimos para minimizar costos de almacenamiento y evitar interrupciones en la producción. La Fig. 2, muestra el plan maestro de producción semanal, que detalla las cantidades específicas a producir y los inventarios finales previstos, permitiendo una gestión precisa de los recursos. Además, se incluyen requerimientos de materias primas, control y seguimiento mediante indicadores de rendimiento y reuniones de producción para asegurar la alineación con el MPS.

Demanda Mensual Prevista	
Mes	Demanda Prevista (litros)
Enero	3650
Febrero	3632
Marzo	3608
Abril	3655
Mayo	3713
Junio	3655

Calendario de Producción Mensual				
Mes	Demanda Prevista (litros)	Inventario Inicial (litros)	Producción Planificada (litros)	Inventario Final (litros)
Enero	3,650	2,000	4,150	2,500
Febrero	3,632	2,500	4,132	3,000
Marzo	3,608	3,000	4,108	3,500
Abril	3,655	3,500	4,155	4,000
Mayo	3,713	4,000	4,213	4,500
Junio	3,655	4,500	4,155	5,000

Detalle de Producción Semanal para Agosto				
Semana	Demanda Prevista (litros)	Inventario Inicial (litros)	Producción Planificada (litros)	Inventario Final (litros)
1	2,500	2,000	2,700	2,200
2	2,500	2,200	2,600	2,300
3	2,500	2,300	2,600	2,400
4	2,500	2,400	2,600	2,500

Planificación de Materias Primas				
Materia Prima	Cantidad por Litro de Thinner	Necesidad Mensual (Enero)	Inventario Inicial	Pedido Requerido
Tolueno	0.5 litros	2,250 litros	500 litros	2,750 litros
Acetona	0.2 litros	1,100 litros	300 litros	1,800 litros
Xileno	0.1 litros	1,050 litros	200 litros	850 litros
Alcohol Isopropílico	0.1 litros	1,050 litros	150 litros	900 litros
Metanol	0.1 litros	1,050 litros	100 litros	950 litros

Resumen del MPS			
Mes	Demanda Prevista (litros)	Producción Planificada (litros)	Inventario Final (litros)
Enero	3,650	4,150	2,500
Febrero	3,632	4,132	3,000
Marzo	3,608	4,108	3,500
Abril	3,655	4,155	4,000
Mayo	3,713	4,213	4,500
Junio	3,655	4,155	5,000

Fig. 2 Plan maestro de producción

Luego, se realizó la propuesta de Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) haciendo uso de Excel utilizando macros de VBA (Visual Basic for Applications) implica la creación de un entorno interactivo que permite gestionar y optimizar la planificación de materiales de manera eficiente. Para registrar el MRP se consideró la hoja de datos de entrada donde se ingresaron los inventarios, lista de materiales (BOM), demanda prevista y capacidad de producción. Asimismo, para mostrar los resultados del MRP, como los requerimientos netos y los planes de pedidos, se realizó la configuración creando parámetros como tiempos de entrega, niveles de stock de seguridad y tamaños de lote. En la siguiente Figura 4 se muestra el sistema MRP completo propuesto en una empresa dedicada a la fabricación de sustancias químicas, en Trujillo. Este sistema integra todas las funciones esenciales para la gestión de la producción, desde el registro de órdenes de producción hasta la gestión de inventarios y el control de compras. La Fig. 3 muestra el sistema MRP, que está diseñado para vincular todas las hojas de cálculo de Excel con macros programadas que automatizan cálculos críticos, como la cantidad de materia prima necesaria para la producción y su costo, así como el seguimiento de todas las entradas y salidas de almacén. Además, permite al administrador realizar proyecciones precisas tanto de compras como de litros a producir, mejorando significativamente la planificación y eficiencia operativa. La plataforma ofrece una interfaz intuitiva

y fácil de usar, facilitando la entrada de datos y la ejecución de tareas clave, garantizando así una gestión más efectiva y una toma de decisiones informada.

ORDEN N°	1	COMPRAS
NUM DOC N°	B1	
TIPO DE VENTA	CONTADO	
VENDEDOR	Rosmary Salas Vertiz	
FECHA	01/12/2021	
CLIENTE	G. JAIMÉ CIENFUEGOS PASTOR	
DIRECCION	SANTA ROSA 52 - PUEBLO NUEVO - DNI: 19446822	
FACBOL/NOT	BOLETA	
MAX ITEMS	10	
RUC		\$R
DEUDA	\$.	8,222.00
IMPRESO?		
ELIMINADO	NO	

COODIGO	ARTICULO	UNID	CANT	PUUNIT	SUBTOTAL	DISCTO%	SUBTOTAL
THINER - 04	Botella thinner medio litro	UND	20	\$.	4.00	\$.	80.00
THINER - 02	Galonera thinner 3 litros	UND	20	\$.	24.00	\$.	480.00
THINER - 05	Cilindro thinner 55 galones	UND	20	\$.	440.00	\$.	8,800.00
THINER - 01	Bidón thinner 18 litros	UND	20	\$.	144.00	\$.	2,880.00

Fig. 3 Plataforma de sistema MRP

También se realizó la planificación avanzada de la demanda (PAD), un proceso estratégico que permitió prever con alta precisión la demanda futura de productos, específicamente thinner. Se utilizaron técnicas avanzadas de análisis de datos y pronósticos para optimizar la producción y la gestión de inventarios. La PAD integró información histórica de ventas, tendencias de mercado, estacionalidad y factores externos para generar pronósticos detallados. Esto facilitó la alineación de la capacidad de producción con la demanda real del mercado, minimizando costos y mejorando la satisfacción del cliente. En el formato presentado en la Figura 5 se muestra el registro de cada uno de los formatos de la planificación de la demanda avanzada en Excel en una empresa dedicada a la fabricación de sustancias químicas en Trujillo. Este registro integró los datos históricos de ventas, segmentación de clientes, pronósticos de ventas, niveles óptimos de inventario, planificación de la producción, coordinación con proveedores y revisiones mensuales. La Fig. 4 muestra la planificación de la demanda elaborada:

Formato de Datos Históricos de Ventas

Fecha	Cantidad Vendida (litros)	Cliente	Región	Precio de Venta (S/)
1/01/2023	1,000	Cliente A	Lima	15
1/02/2023	1,200	Cliente B	Arequipa	15.5
1/03/2023	950	Cliente C	Trujillo	14.75
1/04/2023	1,100	Cliente A	Lima	15
1/05/2023	1,300	Cliente D	Cusco	15.25

Formato de Segmentación de Clientes

Nombre del Cliente	Sector	Frecuencia de Compra	Volumen de Compra (litros)	Región
Cliente A	Construcción	Mensual	12,000	Lima
Cliente B	Industrial	Trimestral	4,800	Arequipa
Cliente C	Automotriz	Mensual	11,400	Trujillo
Cliente D	Pinturas	Bimestral	7,800	Cusco
Cliente E	Químicos	Mensual	15,000	Lima

Formato de Pronósticos de Ventas

Mes/Año	Demanda Prevista (litros)	Método de Pronóstico Utilizado	Ajustes	Factores Externos
Ago-24	10,000	Promedio Móvil	500	Incremento de demanda
Septiembre 2024	11,000	Suavizado Exponencial	-200	Variación estacional
Oct-24	9,000	Promedio Móvil	300	Evento de mercado
Nov-24	12,000	Modelo ARIMA	200	Lanzamiento de producto
Dic-24	10,500	Suavizado Exponencial	-100	Festividades

Formato de Niveles Óptimos de Inventario

Material	Nivel Óptimo (litros)	Punto de Reorden (litros)	Inventario de Seguridad (litros)	Cantidad a Pedir (litros)
Tolueno	5,000	1,000	500	4,000
Acetona	2,500	600	300	2,000
Xileno	1,200	400	200	1,000
Alcohol Isopropílico	1,200	400	200	1,000
Metanol	1,200	400	200	1,000

Formato de Planificación de la Producción

Mes/Año	Demanda Prevista (litros)	Producción Planificada (litros)	Inventario Inicial (litros)	Inventario Final (litros)
Ago-24	10,000	10,500	2,000	2,500
Septiembre 2024	11,000	11,500	2,500	3,000
Oct-24	9,000	9,500	3,000	3,500
Nov-24	12,000	12,500	3,500	4,000
Dic-24	10,500	11,000	4,000	4,500

Formato de Coordinación con Proveedores

Proveedor	Material	Cantidad Ordenada (litros)	Fecha de Pedido	Fecha de Recepción
Químicos del Norte S.A.	Tolueno	4,000	1/08/2024	5/08/2024
Solventes Industriales	Acetona	2,000	1/08/2024	5/08/2024
Proveedora Química S.A.	Xileno	1,000	1/08/2024	5/08/2024
Alcoholes del Sur	Alcohol Isopropílico	1,000	1/08/2024	5/08/2024
Metanol S.A.	Metanol	1,000	1/08/2024	5/08/2024

Fig. 4 Planificación de la Demanda

III. RESULTADOS

De acuerdo al resultado del objetivo general, se determinó que la implementación de un sistema MRP tuvo una influencia significativa en la mejora de la productividad en la fabricación de thinner, incrementando la producción de 9.54 litros por hora a 10.42 litros por hora, como se muestra en la Fig. 5:

Este notable aumento en la productividad se logró gracias a una planificación más precisa y eficiente de los requerimientos de materiales, que permitió una mejor

coordinación y disponibilidad de insumos necesarios para la producción.



Fig. 5 Productividad antes y después de la propuesta

De acuerdo al primero objetivo específico, se realizó un diagnóstico de la situación actual de la productividad en la fabricación de thinner, donde se evidenció un nivel de 9.54 litros por hora, situándose por debajo del estándar del sector, establecido en 10 litros por hora. Esta disminución en la productividad no solo refleja un incumplimiento del estándar del sector, sino que también pone de manifiesto ineficiencias en el proceso productivo y en la gestión de recursos. A continuación, en la Fig. 6, presenta la tendencia de productividad mensual durante el año 2023, destacando la urgencia de adoptar medidas correctivas

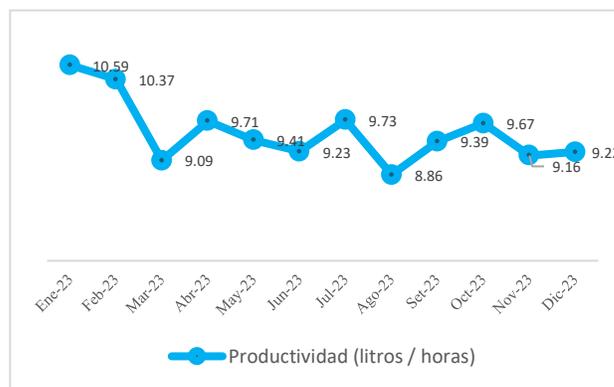


Fig. 6 Tendencia de la productividad durante el año 2023 (litros/hora)

Como parte del diagnóstico inicial, se identificó una pérdida total de S/ 65,963.50 durante el año 2023 debido a la baja productividad en la fabricación de thinner. Esta pérdida se atribuye principalmente a varias causas raíz, incluyendo producción ineficiente, errores en la planificación de la producción, falta de materiales necesarios, producción retrasada, compras de emergencia a proveedores e ineficiencias en la planificación de entrega de materiales a almacén.

De acuerdo a los resultados del objetivo específico 2, después de desarrollar la propuesta del MRP en la línea de fabricación de thinner se lograron los siguientes resultados con respecto a cada causa raíz CR5 de Producción Ineficiente, la implementación del Plan Maestro de Producción ha resultado en una notable disminución de las pérdidas económicas, reduciendo de S/8,613.50 a S/3,436.00. Esto se debe a varios

resultados positivos, incluyendo la reducción de la producción no conforme de 329 a 110 litros, lo cual representa una disminución del costo asociado de S/4,927.50 a S/1,650.00. Además, el tiempo de inactividad se redujo significativamente de 97 a 47 horas, lo que a su vez redujo el costo por tiempo de inactividad de S/3,686.00 a S/1,786.00. El valor actual del porcentaje de producción no conforme fue de 0.8%, mientras que el valor meta es 0.3%, mostrando una clara tendencia hacia la mejora continua. Estos resultados reflejan la efectividad del Plan Maestro de Producción en optimizar los procesos productivos, mejorar la calidad del producto final y aumentar la eficiencia operativa, lo que contribuye a una mayor rentabilidad y competitividad de una empresa dedicada a la fabricación de sustancias químicas, en Trujillo.

De acuerdo a la CR8 Errores en la planificación de la producción y la CR11 Falta de materiales necesarios, la implementación de la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) logró una reducción significativa en las pérdidas, disminuyendo de S/ 37,536.00 a S/ 14,517.00. Esta mejora se debe a varios factores clave: la disminución del thinner no producido de 368 a 177 litros, reduciendo costos indirectos de S/ 6,505.18 a S/ 3,386.00. Además, el costo por falta de materiales se redujo de S/ 7,797.18 a S/ 3,962.00, y el costo de inventario excesivo bajó de S/ 24,218.82 a S/ 7,900.00.

De acuerdo a la CR3 Producción Retrasada, la implementación del Plan Maestro de Producción (MPS) resultó en una notable reducción de pérdidas económicas, disminuyendo de S/ 11,782.00 a S/ 5,680.00. Esta mejora se atribuye a la significativa reducción de las horas de producción perdidas, que bajaron de 97 a 47 horas. Además, hubo una disminución en el costo de mano de obra, de S/ 3,686.00 a S/ 1,786.00, y una reducción en el costo de oportunidad, es decir, la pérdida de ventas, de S/ 8,096.00 a S/ 3,894.00. resultados reflejan cómo el MPS ha mejorado la capacidad de planificación y ejecución de la producción, minimizando los retrasos y aumentando la eficiencia operativa de una empresa dedicada a la fabricación de sustancias químicas, en Trujillo

Según la CR10 Compra de Emergencia a Proveedores, la implementación de la planificación avanzada de la demanda resultó en una notable reducción de las pérdidas, disminuyendo de S/ 5,625.00 a S/ 3,082.00. Esta mejora se logró mediante la reducción significativa en la cantidad de materiales comprados en situaciones de emergencia, tales como tolueno, acetona, xileno, alcohol isopropílico, entre otros, que bajaron de 270 litros a 127 litros. Además, se logró una disminución en el costo por incremento de materiales, reduciéndose de S/ 3,240.00 a S/ 1,524.00, y una reducción en el costo de pedidos de S/ 2,385.00 a S/ 1,558.00.

La implementación de la propuesta del MRP permitió la solución de la CR1 Ineficiencias en la planificación de entrega de materiales a almacén, resultando en una significativa reducción de pérdidas económicas, de S/ 2,407.00 a S/ 689.00. Esto se debió a la disminución de las horas de retraso en el traslado de proveedores a almacén, que bajaron de 70 a 37 horas, lo cual redujo el costo por retrasos de S/ 1,047.00 a S/

513.00. Además, el número de solicitudes no planificadas a tiempo disminuyó drásticamente de 85 a 11, y el costo de transporte se redujo de S/ 1,360.00 a S/ 176.00. Estas mejoras reflejan una planificación más eficiente y una mejor coordinación logística.

Estos resultados han permitido obtener un beneficio económico total de S/38,559.50, reflejando mejoras sustanciales en la eficiencia operativa y en la gestión de recursos de la empresa, tal como se detalla en la Tabla II:

TABLA II
MATRIZ DE INDICADORES

Causas raíz	Pérdida Actual S/	Pérdida Mejorada S/	Beneficio S/	Herramientas del MRP
Producción ineficiente	S/8,613.50	S/ 3,436.00	S/ 5,177.50	Plan Maestro de Producción (MPS)
Errores en la planificación de la producción	S/37,536.00	S/ 14,517.00	S/ 23,019.00	Planificación de Requerimientos de Materiales
Falta de materiales necesarios				
Producción retrasada	S/11,782.00	S/ 5,680.00	S/ 6,102.00	Plan Maestro de Producción (MPS)
Compra de emergencia a proveedores	S/5,625.00	S/ 3,082.00	S/ 2,543.00	Planificación Avanzada de la Demanda
Ineficiencias en la planificación de entrega de materiales a almacén	S/2,407.00	S/ 689.00	S/ 1,718.00	Planificación de Requerimientos de Materiales
Total	S/65,963.50	S/27,404.00	S/ 38,559.50	

De acuerdo al objetivo específico 3, se evaluó económicamente la propuesta de implementación del MRP en una empresa dedicada a la fabricación de sustancias químicas, en Trujillo obteniendo resultados altamente favorables. El análisis reveló un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 53,574.28, lo que indica un valor significativo añadido al proyecto después de cubrir todos los costos. Además, se determinó una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 78.7%, muy por encima del costo de oportunidad del capital, lo cual resalta la atractividad del proyecto. El período de recuperación de la inversión es de solo 1.9 años, mostrando una rápida amortización de los costos iniciales y un retorno de la inversión en un plazo muy corto. Asimismo, el ratio Beneficio/Costo de 1.13 confirma que por cada sol invertido se genera un retorno adicional de S/ 1.13, consolidando aún más la viabilidad y rentabilidad económica de la propuesta.

IV. DISCUSIÓN

La investigación determinó que la implementación de un sistema MRP en la fabricación de thinner incrementó la producción de 9.54 litros por hora a 10.42 litros por hora. Este hallazgo es coherente con los resultados de [7], quienes reportaron un aumento en la productividad de la mano de obra y la eficiencia tras la implementación de MRP. Similarmente, [2] observó un incremento del 40% en la productividad de la

fabricación de paneles de techo tras implementar MRP y cálculos de stock de seguridad. Estas comparaciones sugieren que el MRP es efectivo para mejorar la productividad en diversos contextos industriales.

El diagnóstico del estudio evidenció un nivel de productividad de 9.54 litros por hora, generando una pérdida total de S/65,963.50 debido a varias causas raíz, como producción ineficiente y errores en la planificación.

[10], también encontró que la falta de planificación precisa generaba altos costos de inventario, los cuales se redujeron significativamente con la implementación de MRP. subrayando la importancia de una planificación adecuada para evitar pérdidas significativas.

Se desarrolló una propuesta mediante el Plan Maestro de Producción (MPS), Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) y Planificación de la Demanda, logrando una reducción considerable en las pérdidas totales y alcanzando un beneficio económico de S/38,559.50. [11] lograron resultados similares al aplicar MPS y MRP en una empresa de tarimas de madera, reduciendo el presupuesto de compras en un 40% y el inventario almacenado en un 50%. [12] también demostró la viabilidad económica del MRP en la planificación de compra de materiales, mejorando la gestión de inventarios. Estos estudios confirman que la integración de MRP y MPS es una estrategia efectiva para reducir costos y mejorar la eficiencia operativa en diferentes industrias.

Con respecto a la evaluación económica la implementación del MRP, permitió obtener un Valor Actual Neto (VAN) de S/53,574.28 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 78.7%, indicando una alta rentabilidad del proyecto. [12] reportó un VAN de S/20,359 y una TIR del 41.7% en su estudio, lo que también reflejó una alta viabilidad económica. La comparación de estos resultados demuestra que la implementación del MRP no solo es técnica y operativamente beneficiosa, sino también económicamente viable, proporcionando un retorno significativo de la inversión.

En general, los antecedentes revisados coinciden en que la implementación del MRP mejora significativamente la productividad, la eficiencia operativa y la gestión de recursos, a la vez que proporciona beneficios económicos sustanciales. [13] y [14] también respaldan esta afirmación, destacando mejoras en la eficiencia y la satisfacción del cliente mediante la implementación de MRP y otras herramientas de planificación. Estos resultados confirman que la implementación de un sistema MRP puede ser una solución integral para mejorar la productividad y eficiencia en la fabricación de sustancias químicas, así como en otros sectores, optimizando la planificación de recursos y la gestión operativa.

Una limitación de la investigación fue el acceso a datos relevantes y actualizados, ya que la empresa no contaba con un sistema de registro detallado y consistente de sus operaciones históricas, lo que dificultó la recopilación de información precisa para el análisis. Además.

La implementación del sistema MRP permitirá una optimización significativa en la gestión de inventarios,

reduciendo costos operativos y mejorando la disponibilidad de materiales esenciales, lo cual se traducirá en una mayor eficiencia productiva y una respuesta más rápida a las demandas del mercado. Además, al mejorar la sincronización en la cadena de suministro, se minimizarán los tiempos de inactividad y se evitarán las compras de emergencia, contribuyendo a una operación más fluida y económica. Las implicancias teóricas de la investigación son igualmente importantes, ya que su desarrollo contribuyó al conocimiento sobre la aplicación de sistemas MRP en el sector de fabricación de sustancias químicas. Este aporte teórico ofrece un marco de referencia y una base sólida para futuras investigaciones, facilitando la comprensión de los desafíos y beneficios asociados con la implementación de MRP en este sector.

V. CONCLUSIONES

Los resultados permitieron que la propuesta de implementación de un sistema MRP tuvo una influencia significativa en la mejora de la productividad en la fabricación de thinner, incrementando la producción de 9.54 litros por hora a 10.42 litros por hora.

El diagnóstico de la situación actual de la productividad en la fabricación de thinner, donde se evidenció un nivel de 9.54 litros por hora, situándose por debajo del estándar del sector, establecido en 10 litros por hora; esto generó una pérdida total de S/65,963.50. Esta pérdida se atribuye principalmente a varias causas raíz, incluyendo producción ineficiente, errores en la planificación de la producción, falta de materiales necesarios, producción retrasada, compras de emergencia a proveedores e ineficiencias en la planificación de entrega de materiales a almacén.

La propuesta se desarrolló mediante el Plan Maestro de Producción (MPS), Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) y Planificación de la Demanda, se logró una reducción considerable en las pérdidas totales, alcanzando un beneficio económico total de S/ 38,559.50, mejorando la eficiencia operativa y la gestión de recursos.

La evaluación económica permitió obtener un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 53,574.28, indicando un valor significativo añadido al proyecto tras cubrir todos los costos. La Tasa Interna de Retorno (TIR) fue del 78.7%, superando ampliamente el costo de oportunidad del capital, lo que resalta la atractividad del proyecto. El período de recuperación de la inversión es de 1.9 años, demostrando una rápida amortización de los costos iniciales. Además, el ratio Beneficio/Costo de 1.13 confirma que por cada sol invertido se genera un retorno adicional de S/ 1.13, consolidando la viabilidad y rentabilidad económica de la propuesta.

REFERENCIAS

- [1] Montes Valencia, N. (2015). La Industria Química: Importancia y Retos. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=613965326010>
- [2] Gong, G. Q., Wang, Z. Y., Zhang, Y. J., Wan Xing, X., Zhi Ling, L., Shao Jie, L., . . . Shan, L. (2021). Extraction of fulvic acid by citric acid–ethanol method and its biochemical activity. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jctb.7020>
- [3] Yankovitz, D., Hardin, K., Kumpf, R., & Christian, A. (2023). 2024 chemical industry outlook. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/oil-and-gas/chemical-industry-outlook.html>
- [4] Sociedad Nacional de Industrias. (2019). Producción de la industria química. <https://sni.org.pe/wp-content/uploads/2022/01/26-Industria-Quimica.pdf>
- [5] Jacobs, R., & Chase, R. (2014). Administración de Operaciones: Producción y cadena de suministros. ISBN: 978-607-15-1004-4
- [6] Heizer, J., & Render, B. (2015). Dirección de la producción y de operaciones 11ed. ISBN: 9788490352892
- [7] Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2022). Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management. Pearson. <https://doi.org/ISBN-13:9780137649136>
- [8] Chopra, V., & Meindl, P. (2013). Administración de la cadena de suministro. ISBN: 978-607-32-2133-7
- [9] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. México D.F.: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. ISBN: 978-1-4562-2396-0
- [10] Gonzales Abanto, W., Quispe Vasquez, L., Carrión Mosqueira, I., Castrejon Atalaya, M., & Leiva Roncal, D. (2022). Impact of the MRP technique on the Inventory Management of Rosmery Bakery in the Cajamarca City. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.232>
- [11] Urbano Aparicio, J. M., García Santamaría, L. E., Mora Ramirez, T. d., Vargas Gonzalez, J., & Cruz García, V. (2021). Productivity Improvement in a Manufacturing Company in the North of the State of Veracruz. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94467989005>
- [12] Valdiviezo Basauri, J. (2021). Estudio de mejora en la planificación de compra de materiales a partir de la aplicación de un modelo MRP en la planta de ropa: Ysabel Basauri Lescano. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/14483>
- [13] Karakutuk, S. S., & Ornek, M. A. (2023). A goal programming approach to lean production system implementation. <https://doi.org/10.1080/01605682.2022.2046518>
- [14] Chakroun, A., Hani, Y., Elmhamedi, A., & Masmoudi, F. (2023). A proposed integrated manufacturing system of a workshop producing brass accessories in the context of industry 4.0. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10057-x>