

# Implementation of an inventory management system to improve the material flow of expanded polystyrene (EPS) products

## Implementación de un sistema de gestión de inventarios para mejorar el flujo de materiales de productos de poliestireno expandido (EPS)

Carlos Enrique Pérez-Mata<sup>1</sup>, Luis Felipe Romero-Dessens<sup>2</sup>

Departamento de Ingeniería Industrial

Universidad de Sonora

Hermosillo, Sonora, México

carlosmata095@gmail.com, luisfelipe.romero@unison.mx

**Abstract—** *The application of an inventory management system is essential for the subsistence of manufacturing companies because it plays a key role because it forms a great impact process that involves all operational and administrative areas of the company, becoming an aspect fundamental. This article presents the implementation of an inventory management system, with the objective of streamlining the flow of materials to reduce the delivery times of the inventory in process towards the production area. As well as facilitating the execution of a First In-First Out (FIFO) strategy, through the application of administrative and statistical tools to know the quantitative and qualitative characteristics of inventory management, the classification of inventory items through the ABC analysis method and the use of the System Layout Planning (SLP) methodology. Among the most outstanding results that were obtained once the project was completed, a significant reduction of approximately 50% of the deteriorated inventory in process was achieved; likewise, the average time for the inventory to leave the warehouse to the Insulpanel production area was reduced to 15 days, the time that the inventory requires to rest so that it can be used in production, and finally, the area (m<sup>2</sup>) used in WIP 1 was reduced by approximately 573 m<sup>2</sup>, which allowed to have a greater space inside the warehouse allowing the operating personnel to maneuver freely and carry out their activities comfortably.*

**Keywords:** Inventory management system, Material flow, ABC Classification, First In-First Out, SLP Methodology.

**Resumen—** *La aplicación de un sistema de gestión de inventarios es esencial para la subsistencia de las empresas manufactureras, ya que este desempeña un papel clave porque conforma un proceso de gran impacto que involucra a todas las áreas operativas y administrativas de la empresa, convirtiéndose en un aspecto fundamental. En este artículo se presenta la implementación de un sistema de gestión de inventarios, con el*

*objetivo de agilizar el flujo de materiales para reducir los tiempos de entrega del inventario en proceso hacia el área de producción. Así como también facilitar la ejecución de una estrategia Primeras Entradas-Primeras Salidas (PEPS), mediante la aplicación de herramientas administrativas y estadísticas para conocer las características cuantitativas y cualitativas de la gestión de inventarios, la clasificación de los artículos del inventario mediante el método de análisis ABC y el uso de la metodología System Layout Planning (SLP). Entre los resultados más destacados que se obtuvieron una vez finalizado el proyecto, se logró una reducción significativa de aproximadamente el 50% del inventario en proceso deteriorado; asimismo el tiempo promedio de salida del inventario en el almacén hacia el área de producción de Insulpanel se redujo a 15 días, tiempo que requiere el inventario reposar para que pueda ser empleado en producción, y finalmente, se disminuyó el área (m<sup>2</sup>) utilizada en el WIP 1 aproximadamente 573 m<sup>2</sup>, lo que permitió tener un mayor espacio dentro del almacén permitiendo al personal operativo maniobrar libremente y realizar sus actividades cómodamente.*

**Palabras clave:** Sistema de gestión de inventarios, Flujo de materiales, Clasificación ABC, Primeras Entradas-Primeras Salidas, Metodología SLP.

### I. INTRODUCCIÓN

Las empresas industriales y manufactureras deben de desarrollar estrategias que les proporcionen alguna ventaja competitiva y diferenciarse con el resto para obtener una mejor posición en el mercado que cada vez es más global, competente y exigente [1-2]. Dichas estrategias deben de tener el enfoque de mejorar la calidad de sus productos, cumplir con los tiempos de entrega, mantener bajos costos de producción, reducir y/o eliminar desperdicios en sus procesos y hacer un mejor uso de los recursos que la empresa dispone [3]. Para lograrlo, es vital que se establezcan acciones para tener un ágil flujo de materiales e información en sus procesos, de manera que responda oportunamente a la demanda del mercado [4].

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.554>

ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

Este trabajo se llevó a cabo en una empresa líder que se dedica a la fabricación de productos de poliestireno expandido (EPS), ubicada en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. Sus principales mercados son el de construcción, empaques industriales, agropecuarios y hieleras. En esta empresa laboran más de 120 personas entre personal operativo y administrativo, se fabrican más de 200 productos diferentes entre bovedillas y casetones para el mercado de construcción que se ofrecen a los clientes de la ciudad y a la región del estado.

El proyecto se desarrolló en el área de almacén de producción en proceso, debido a la necesidad de mejorar los tiempos de entrega del inventario en proceso hacia el área de producción y agilizar el flujo de materiales de modo que apoye el cumplimiento de los objetivos de los planes de producción. La situación actual del manejo de los materiales en el almacén complica la salida del inventario que ingresó primero, al ser estos artículos perecederos se degradan y pierden su calidad entre mayor tiempo permanezcan dentro del almacén, de ahí la importancia de que una vez estén listos y reposados, salgan hacia el área de producción para que puedan ser empleados.

El objetivo del artículo es presentar un sistema de gestión de inventarios en donde consiste analizar los elementos que participan directamente en el proceso de producción con la finalidad de desarrollar estrategias que permitan anticiparse a las necesidades y gestionar los recursos del proceso productivo de una manera adecuada, con el fin de reducir el inventario en proceso mediante la ejecución de una estrategia de primeras entradas primeras salidas y agilice el flujo de materiales del almacén al área de producción.

La estructura del artículo se compone en 6 secciones, en primer lugar, se introduce brevemente una idea clara del objetivo del proyecto. Después, en la sección 2 se resumen los fundamentos teóricos empleados para esta investigación. En la sección 3 se expone el entorno de la problemática donde se realizará este trabajo. La sección 4 describe el enfoque y el alcance de la investigación a desarrollar, la estructura metodológica a seguir en este artículo, así como también muestran las implementaciones de las mejoras más relevantes de este trabajo. Posteriormente, la sección 5 presenta los resultados obtenidos después de implementar la metodología propuesta, por último, la sección 6 muestra las conclusiones del artículo.

## II. MARCO DE REFERENCIA

En esta sección, se muestran los antecedentes teóricos que permitirán al lector comprender los conceptos básicos relacionados a la investigación a realizar como: sistema de gestión de inventarios, flujo de materiales, clasificación ABC, primeras entradas primeras salidas y metodología SLP.

### A. Sistema de Gestión de Inventarios

La gestión del inventario ha ido tomando mayor auge en las organizaciones, en especial hacia las empresas de giro comercial e industrial debido a que es importante garantizar la disponibilidad del inventario en el momento justo para asegurar

el suministro de los bienes para la producción, además, se ha demostrado que minimiza los costos de producción, agiliza el flujo de materiales y contribuye hacia el cumplimiento de los objetivos trazados por la organización y a la satisfacción del cliente [5]. Un Sistema de Gestión de Inventarios (SGI) es el proceso de administración del inventario de modo que este se logre reducir mediante una adecuada planeación y control, de manera que apoye los procesos para cumplir con los objetivos trazados por la empresa y que no afecte el proceso de producción y el servicio al cliente. El enfoque tradicional, en lo que respecta a la gestión de inventarios, está basada en conceptos de punto de pedido y la cantidad a pedir, como base para tomar las decisiones de: ¿qué pedir? ¿cuánto pedir? ¿cuándo pedir? y ¿cómo pedir? [6]. Una definición más amplia es la que proporciona [7] donde menciona: “Un sistema de gestión de inventarios involucra organizar, planificar y controlar de manera adecuada las existencias que cuenta la empresa, esto con la finalidad de fijar criterios, regular los ritmos de abastecimientos, calcular todos los pedidos efectuados, prever las necesidades de los consumidores y lo más importante que es el controlar la administración de todo el inventario reduciendo los riesgos de futuras pérdidas lo que involucraría afectaciones en la economía de la empresa”.

La gestión de inventarios se origina de las existencias de los bienes que disponen las empresas, naciendo de ahí la necesidad de administrarlos y controlarlos adecuadamente [8]. La gestión de inventarios en empresas de manufactureras y de servicios comprende dos actividades vitales: el control de inventarios, el cual busca conocer con exactitud el estado de los inventarios, y la gestión de inventarios es la que está encaminada a establecer políticas, formas y procedimientos de forma que busque gestionar adecuadamente el inventario en términos de qué mantener, cuánto mantener y cuánto ordenar de los diferentes artículos y/o materiales que una empresa utiliza, fabrica o comercializa, de modo que se cumplan oportunamente los objetivos trazados por esta [9]. [10] afirman que no existe una técnica mejor o peor para gestionar los inventarios, sino que cada organización debe plantear diferentes técnicas, evaluarlas y definir cuál de estas se adecua a sus necesidades, se adapta al manejo del inventario y al entorno donde se opera.

### B. Flujo de materiales

El flujo de materiales es una actividad que se encuentra presente en cada una de las actividades del proceso que participan directamente en la cadena de suministro, al ser un conjunto de elementos que interactúan en la adquisición, fabricación y en la distribución de los productos terminados hacia los clientes, se ven en la necesidad de transportar los bienes de manera eficiente sin dejar de lado su calidad [11].

De acuerdo con [12] el manejo de los materiales engloba todas aquellas actividades que consiste en representar la secuencia física o conceptual que deberán seguir los materiales para que estos sean transformados en productos, transportando los bienes de un lugar a otro al menor costo con la menor

cantidad posible de movimientos, además, debe de haber una secuencia en los desplazamientos, llegando la cantidad correcta al lugar indicado en el momento más apropiado. El flujo de materiales al ser un conjunto de actividades que apoyan a la producción, un diseño ineficiente de este puede ser un gran problema y generar consecuencias de gran impacto para las empresas, el cual puede manifestarse directamente en los retrasos de tiempos de entrega, almacenamiento desorganizado, esfuerzo manual excesivo, máquinas inactivas y un control deficiente del inventario [13].

### C. Clasificación ABC

La clasificación de inventario tiene como objetivo garantizar que los artículos de inventario que impulsan a la empresa se administren de manera eficiente a pesar de los recursos limitados [14]. Una técnica para clasificar los inventarios es por medio del análisis ABC, de acuerdo con [15] es una técnica utilizada para determinar el grado de importancia de los insumos que se dispone en el almacén de la organización, clasificando los insumos en tres grupos: A, B y C. El objetivo principal de la aplicación de esta técnica es identificar y clasificar todos aquellos artículos del inventario de forma sistemática, para posteriormente tomarla como base para realizar una distribución estratégica del inventario dentro de las instalaciones, es decir, de manera que los artículos más solicitados se encuentren al alcance más rápidamente, de esta forma reducir los tiempos de búsqueda y distancias de transporte de los artículos del almacén al área de producción [16-17].

[8] menciona que para llevar a cabo la clasificación de los artículos del inventario es necesario definir un tipo de criterio que más se adapte a las condiciones y necesidades de la empresa, entre esos criterios se destacan los siguientes: volumen de producción, importancia del artículo, precio de venta, rotación del artículo, dificultad en el aprovisionamiento, estabilidad de la demanda a lo largo del tiempo, entre otros. Por otra parte, [18] recalcan que es necesario establecer los insumos más relevantes del inventario en el almacén, en base a la demanda que han tenido durante un tiempo determinado, mediante el valor que estos representan para la empresa, o a través de una combinación de ambas.

La clasificación ABC del inventario está basada en el criterio establecido por Vilfredo Pareto, mejor conocida como la regla 80/20, la cual estipula que el 20% de los artículos del inventario o productos representan aproximadamente el 80% del valor del inventario total, esto quiere decir que un pequeño porcentaje de los artículos que se disponen son los principales responsables del cumplimiento de los objetivos globales del almacén, permitiendo así a la organización priorizar los artículos del inventario según la relevancia que estos tengan con el fin de enfocarse en lo que requiere mayor atención, siendo un punto de partida para establecer acciones de mejora, tomar decisiones estratégicas que les permitan mejorar sus procesos internos y agilizar el flujo de materiales dentro de la empresa [19-20].

[21] definen los grupos de la clasificación ABC del inventario de la siguiente manera:

- Grupo A: Son los artículos que más relevancia tienen dentro de la empresa según el tipo de criterio utilizado. Agrupan del 10% al 20% del total de los artículos del inventario o productos, los cuáles abarcan del 60% al 80% del valor del inventario total.
- Grupo B: Son los artículos de relevancia secundaria para la empresa. Agrupan del 20% al 30% del total de los artículos o productos del inventario y abarca del 20% al 30% del valor del inventario total.
- Grupo C: Son los artículos de menor relevancia para la empresa. Agrupan del 50% al 70% del total de los artículos o productos del inventario y abarca del 5% al 15% del valor del inventario total.

### D. Primeras Entradas Primeras Entradas

El manejo del inventario PEPS (Primeras entradas, Primeras Salidas) o también conocido como FIFO (First In, First Out) por sus siglas en inglés, es una estrategia interna definida por las organizaciones en donde se establece que los primeros artículos en ingresar al almacén, es decir los más antiguos deben necesariamente de ser los primeros artículos en salir, con el fin de evitar que aquellos artículos que son perecederos se degraden o caduquen entre mayor tiempo permanezcan almacenados o simplemente que se vuelvan obsoletos [22]. Por su parte, [23] apunta que el criterio en la gestión de un almacén con estrategia PEPS debe de ser la fecha de fabricación o de consumo, la cual debe de ser el punto de partida sobre el que gire el sistema de gestión para no correr el riesgo de que los productos caduquen o se deterioren.

### E. Metodología SLP

[24] señalan que es esencial distribuir la planta de una empresa estratégicamente porque así es posible permite establecer la ubicación de los diversos departamentos, elementos e insumos que la empresa dispone, además mejora la eficiencia en la ubicación de la materia prima, inventario en proceso y productos terminados trayendo consigo una reducción de costos de fabricación al optimizar las actividades.

La metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución de Planta, conocida también como SLP (System Layout Planning) por sus siglas en inglés, ha sido por décadas la metodología más reconocida y la más usada para el diseño y resolución de problemas relacionadas a la distribución de planta considerando criterios cuantitativos y cualitativos, sin embargo, fue desarrollada para el diseño de cualquier tipo de distribución en planta sin importar su naturaleza [25]. La metodología SLP fue desarrollada por Richard Muther en los años 60's como un procedimiento sistemático de multicriterio de distribución de planta, la cual puede ser adaptable a distribuciones recientemente creadas o a distribuciones de plantas ya existentes [26]. El objetivo principal de llevar a cabo esta metodología según [27] es organizar la distribución de las instalaciones de la organización, especialmente el área de producción con la finalidad hacerlas más efectivas y eficientes

para que el tiempo de producción sea el mínimo posible y contribuir a la producción de productos de calidad. El método SLP utiliza entradas cuantitativas como la distancia y frecuencia de los movimientos de las áreas, materiales y entradas cualitativas como el grado de relación de las actividades en las etapas de análisis, para que el análisis contemple los parámetros que puedan presentarse dentro de la organización [25].

Otra de las características de esta metodología es que puede combinarse con otras herramientas para así obtener un mejor desempeño dentro del proceso, por ejemplo las herramientas de manufactura esbelta donde el objetivo es eliminar y/o reducir los desperdicios, de modo que contribuya a la disminución de los tiempos de ciclo, por medio de una simulación de diversos escenarios de distribución de planta para evaluar su impacto antes de la implementación [28].

### III. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA A ABORDAR

En el almacén de producción en proceso de la empresa se almacenan más de 40 artículos en proceso de 7 tipos distintos de densidad, donde según sea su tipo, los artículos requieren un tiempo de reposo que van desde 1 hasta 14 días (Tabla 1), tiempo en el que se reduce el porcentaje de concentración de pentano inherente al proceso de fabricación de moldeo y necesario para continuar en el proceso de corte. Esto quiere decir que para que los materiales sean considerados en el proceso de corte, necesariamente tienen que fabricarse con días de anticipación de acuerdo con el tipo de densidad, con el fin de que se encuentren reposados y listos para ser utilizados en el área de producción de corte.

TABLA 1. TIEMPO DE REPOSO DE LOS MATERIALES SEGÚN EL TIPO DE DENSIDAD

Tipo de densidad	Cantidad de artículos	Días de reposo
10	20	1
12	5	3
16	8	7-14
20	1	7
24	1	7
28	2	7
32	1	7

Los artículos que se resguardan en el almacén de producción en proceso son artículos que se degradan entre mayor tiempo permanezcan almacenados, un problema que está sucediendo es que se están procesando los artículos más recientes, y se quedan los de mayor antigüedad, esto genera complicaciones para definir el lugar de acomodo de los artículos en proceso, lo que su vez entorpece las actividades productivas e impide un flujo continuo de salida de los materiales, en especial hacia aquellos que tienen un tiempo prolongado dentro del almacén, obteniendo que estos empiecen a degradarse, perder la consistencia y la calidad poco a poco.

Cuando varían los volúmenes de producción, comúnmente se ven a la necesidad de fabricar nuevos artículos, pasando desapercibidos los existentes en el inventario, esto ocurre por la complejidad de rastrear físicamente la ubicación de cada uno de

los materiales que ingresaron primero al almacén, o simplemente porque los materiales no cumplen con las especificaciones de calidad, debido a que llevan largos periodos de tiempo almacenados, ocupando grandes dimensiones de espacio.

Esta situación afecta directamente a los planes de producción del proceso de corte, ya que recurrentemente la producción se ha visto atrasada por falta de inventario en condiciones apropiadas, o en su defecto ocurre lo contrario, el inventario no es suficiente para cubrir la demanda de producción de las áreas de corte e Insulpanel.

### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

De manera general se explica brevemente el tipo de enfoque y el alcance de la investigación que se llevó a cabo en este artículo, así como también la estructura metodológica, con las actividades y técnicas que se aplicarán para lograr el cumplimiento del objetivo planteado.

Considerando las características de la naturaleza a desarrollar en este proyecto de investigación, se tendrá un enfoque mixto ya que posee características de enfoque cuantitativo ya que usa la recolección de datos para la medición numérica y análisis estadísticos; por otra parte, también posee características de enfoque cualitativo, ya que usa técnicas de recolección de información clave sin medición numérica, para describir y así comprender más a detalle el fenómeno que se está estudiando. Se utilizará este tipo de enfoque con el fin de reflejar datos e información de manera clara y concreta sobre los diferentes aspectos que puedan presentarse en esta investigación. Finalmente, la presente investigación tiene una combinación entre los alcances descriptivo, correlacional y explicativo, ya que es necesario conocer a detalle el entorno del problema, describiendo la interacción que tiene cada uno de los elementos que participa en el flujo de materiales y en el proceso de producción.

La metodología propuesta cuenta un par de estratos adaptados de los trabajos presentados por [29-30], las cuales buscan gestionar los inventarios y reducir el inventario en proceso respectivamente. La metodología está basada en un conjunto de tópicos fundamentados en la literatura, tomando como base principal la gestión de inventarios mediante la clasificación ABC [8, 15, 16, 17, 18, 21]; la mejora del flujo de materiales en la cadena de suministro [12-13]; reducción del inventario en proceso [30]; la redistribución del inventario mediante la metodología SLP [25, 26, 27, 28]; la creación de una estrategia primeras entradas primeras salidas [22-23], con un enfoque de manufactura esbelta en la reducción de desperdicios [31, 32, 33].

La figura 1 presenta la metodología propuesta para la solución de la problemática anteriormente expuesta. La metodología que se propone en este proyecto de investigación está compuesta por 5 fases que son las siguientes: Análisis, Diagnóstico, Propuestas de solución, Implementación y Control, y Evaluación. Las flechas en color gris muestran la secuencia de cada una de las fases, en caso de haber un perenne

o problema atípico en la fase IV de implementación y evaluación, se recomienda regresar a la fase II de análisis.

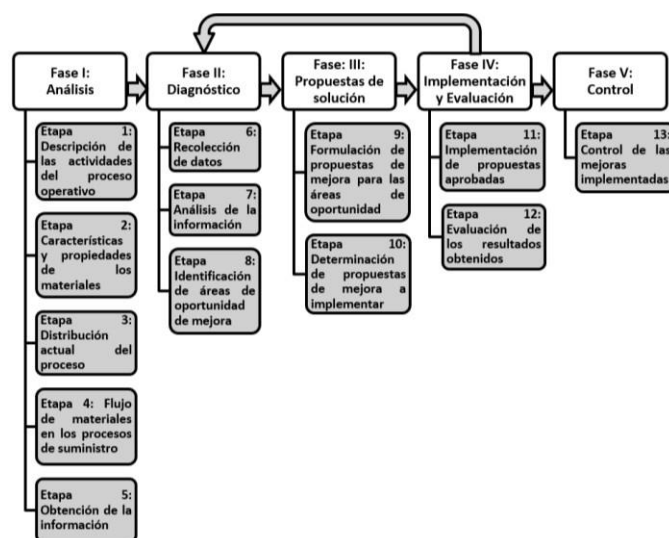


Figura 1. Metodología propuesta.

- **Fase I Análisis:** En esta primera fase consiste recolectar la mayor información relacionada al proceso de producción y el flujo de materiales con el fin de esta sea analizada y tener así un panorama general sobre el entorno, funcionamiento que tiene el proceso productivo y la relación que tiene el área de almacén de proceso con las áreas de producción.
- **Fase II Diagnóstico:** En esta fase de la metodología a emplear en esta investigación, se busca complementar la información recopilada en la fase anterior con datos más contundentes que ayudarán a fortalecer el análisis del flujo de materiales y así establecer un diagnóstico de la situación actual e identificar áreas de oportunidad de mejora.
- **Fase III Propuestas de solución:** Esta fase tiene la finalidad de proponer alternativas que permitan solucionar las áreas de oportunidad encontradas; todo esto con el fin de poder gestionar adecuadamente el inventario y agilizar el flujo de materiales.
- **Fase IV Implementación y evaluación:** Esta fase de la metodología consiste en implementar y evaluar las propuestas de solución, en donde se ejecutará lo planteado en la fase anterior, con el fin de mejorar el flujo de materiales dentro de la empresa.
- **Fase V Control:** En esta fase final se busca tener un control adecuado de cada una de las mejoras implementadas en la empresa, con el fin de asegurar que el sistema de gestión de inventarios estará funcionando adecuadamente y de forma autónoma.

A continuación, se muestran las implementaciones más relevantes del trabajo después de realizar las fases correspondientes para la obtención del objetivo principal.

## Clasificar el inventario mediante el análisis ABC

Con ayuda de la base de datos de la empresa se realizó la clasificación ABC del inventario en proceso, en el que se seleccionó el criterio de volumen de producción en unidades de metros cúbicos, debido a que se busca darle más atención y prioridad a los de mayor demanda. Para efectuar el análisis se consideró la información de producción del 1 de enero al 31 de diciembre de 2021. La tabla 2 muestra dicho análisis.

TABLA 2. ANÁLISIS DE CLASIFICACIÓN ABC DEL INVENTARIO

No. Parte	Descripción	Tipo	Demanda M	Porcentaje	% Acumulado	Clasificación	%
BLOC-003619	BLOCK TIPO 10 1.27 X5.62X1.25	10	77118.93	42.57%	42.57%	A	78.3%
BLOC-002011	BLOCK TIPO 10 1.27X5.62X1.27	10	24906.18	13.75%	56.31%	A	
BLOC-002110	BLOCK TIPO 12 1.27 X5.61 X1.25	12	14900.93	8.22%	64.54%	A	
BLOC-002109	BLOCK TIPO 16 1.27 X4.97 X1.03	16	12555.99	6.93%	71.47%	A	
BLOC-000504	BLOC 1.27X4.97X 1.2, INSN	16	12446.86	6.87%	78.34%	A	
BLOC-000527	BLOCK 1.27 X5.05 X1.02 MTS, ECO	10	10375.51	5.73%	84.07%	B	16.63%
BLOC-000780	BLOC, 1.27 X 4.85 X 1.23 MTS, ECO, HMO	10	7458.19	4.12%	88.18%	B	
BLOC-001290	BLOCK TIPO 16 1.27 X4.98 X1.16	16	4945.53	2.73%	90.91%	B	
BLOC-002107	BLOCK TIPO 16 1.27 X4.95 X1.25	16	3018.34	1.67%	92.58%	B	
BLOC-002750	BLOCK TIPO 12 1.27 X4.9X 1.25	12	2235.08	1.23%	93.81%	B	
BLOC-000502	BLOC 1.27X5.07X 1.04, INSD	12	2096.65	1.16%	94.97%	B	5.03%
BLOC-002108	BLOCK TIPO 16 1.27 X5.07 X1.03	16	1859.74	1.03%	96.00%	C	
BLOC-000518	BLOCK TIPO 10 1.27 X4.95 X1.02	10	1585.22	0.87%	96.87%	C	
BLOC-000517	BLOCK TIPO 10 1.27 X4.95 X1.18	10	1237.58	0.68%	97.55%	C	
BLOC-000506	BLOC 5.03X1.27X1.27, ECO.	10	848.27	0.47%	98.02%	C	
BLOC-002487	BLOCK TIPO 16 1.27 X4.96 X1.25 Green	16	841.66	0.46%	98.49%	C	
BLOC-002772	BLOCK TIPO 10 1.27 X4.99X1.25	10	721.08	0.40%	98.88%	C	
BLOC-001138	BLOCK TIPO 16 1.27 X5.08 X1.03 Green	16	558.33	0.31%	99.19%	C	
BLOC-002539	BLOCK TIPO 28 1.27X4.97X1.25	28	498.59	0.28%	99.47%	C	
BLOC-001297	BLOCK TIPO 10 1.27 X4.93X1.14	10	289.72	0.16%	99.63%	C	
BLOC-002143	BLOCK TIPO 10 1.27 X4.05 X1.42	10	174.21	0.10%	99.72%	C	
BLOC-000528	BLOCK, 1.27 X4.85 X1.02 MTS, ECO	10	171.41	0.09%	99.82%	C	
BLOC-003625	BLOCK TIPO 28 1.27 X5.08X1.03	28	72.84	0.04%	99.86%	C	
BLOC-001320	BLOCK TIPO 10 1.27 X5.1X 1.08	10	61.35	0.03%	99.89%	C	
BLOC-000330	BLOCK1.27X1.04X5.10, INSD 20, WISE	20	43.76	0.02%	99.92%	C	
BLOC-000721	BLOCK INSUIT KURTZ 2 LB 4.97 X1.27 X	32	43.40	0.02%	99.94%	C	
BLOC-027928	BLOCK TIPO 12 1.27 X5.15X1.31	10	28.59	0.02%	99.96%	C	
BLOC-001949	BLOCK TIPO 10 1.27X4.90X1.42	10	26.76	0.01%	99.97%	C	
BLOC-000512	BLOC 1.27X5.07X 1.04, INSD	24	20.44	0.01%	99.98%	C	
BLOC-027927	BLOCK TIPO 12 1.27 X5.15X1.39	12	14.64	0.01%	99.99%	C	
BLOC-002077	BLOCK TIPO 10 1.27X5.12X1.50	10	14.30	0.01%	100%	C	
BLOC-002233	BLOCK TIPO 16 1.27 X4.59 X1.54	16	2.90	0.00%	100%	C	
BLOC-000529	BLOCK FIDE, 1.27 X 4.97 X1.04 MTS, INSN	10	0.46	0.00%	100%	C	
BLOC-000010	BLOCK, 1.27X1.04X5.10, INSD 24KG, WIE	10	0	0.00%	100%	C	
BLOC-000505	BLOC 1.27X5.07X 1.04, INSN	10	0	0.00%	100%	C	
BLOC-000513	ASIGNAR A HERMOSILLO	10	0	0.00%	100%	C	
BLOC-000914	BLOC, 1.27 X 5.63 X 1.27 MTS, ECO, HMO	10	0	0.00%	100%	C	
TOTAL GENERAL			181173.39	100%			100%

La tabla 3 se aprecian los resultados generales sobre el análisis de clasificación ABC anteriormente realizado, donde presenta la cantidad de artículos de cada grupo, el porcentaje que estos representan, así como también el porcentaje de volumen de producción que abarcan y su acumulado.

TABLA 3. RESULTADOS GENERALES DEL ANÁLISIS DE CLASIFICACIÓN DE INVENTARIO ABC

%	Clasificación	No. Art.	% Art.	% Vol. de prod.	% Acum.
0-80%	A	5	13.51%	78.34%	78.34%
80%-95%	B	6	16.22%	16.63%	94.97%
95%-100%	C	26	70.27%	5.03%	100%
Total		37	100%	100%	

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla anterior, se observa que el 13.51% de los artículos del inventario representan el 78.34% del volumen de producción total (Clasificación A, color verde); el 16.22% de los artículos del inventario corresponde el 16.63% del volumen de producción total (Clasificación B, color azul) y finalmente, el 70.27% de los artículos del inventario abarca únicamente el 5.03% del volumen de producción total (Clasificación C, color naranja). La figura 2 muestra el gráfico de Pareto de la clasificación ABC

considerando los porcentajes de artículos del inventario y el valor que estos representan obtenidos anteriormente

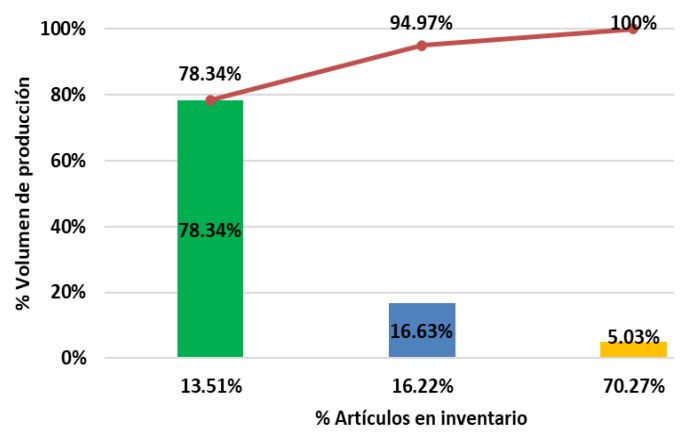


Figura 2. Diagrama de Pareto: Clasificación ABC del inventario.

### Distribuir el inventario basado en la metodología SLP considerando el análisis ABC

Una vez realizada la clasificación de inventarios ABC para identificar los artículos de mayor volumen de producción, se procedió establecer la distribución del inventario de producción en proceso en los almacenes que dispone la empresa, basado en la metodología SLP de Muther.

Se tomó como base la escala descendiente con el orden de las cinco vocales establecida por Muther para determinar el grado de relación de los artículos del inventario en proceso. La tabla 4., muestra la lista de relación de los artículos del inventario y el valor de su cuantificación.

TABLA 4. LISTA DE RELACIÓN ENTRE ARTÍCULOS DEL INVENTARIO Y SU CUANTIFICACIÓN

Código	Proximidad	Color	No. de líneas
A	Absolutamente necesaria	Rojo	4 rectas
E	Especialmente importante	Amarillo	3 rectas
I	Importante	Verde	2 rectas
O	Ordinario	Azul	1 recta
U	Sin importancia	---	---
X	No recomendable	Marrón	Zigzag

La figura 3 muestra el grado de relación que deben de tener los artículos del inventario en proceso. Cabe mencionar que fue generado en conjunto con el encargado de producción considerando los diagnósticos establecidos en la fase II y la clasificación de inventarios ABC realizada anteriormente. Para hacer el análisis de grado de relación de proximidad más simplificado, se unificaron todos los artículos de clasificación “C” (color naranja) y se optó por considerarlo como una sola categoría (12). Los artículos en color verde pertenecen a la clasificación “A”, y los que están en color azul como clasificación “B”.

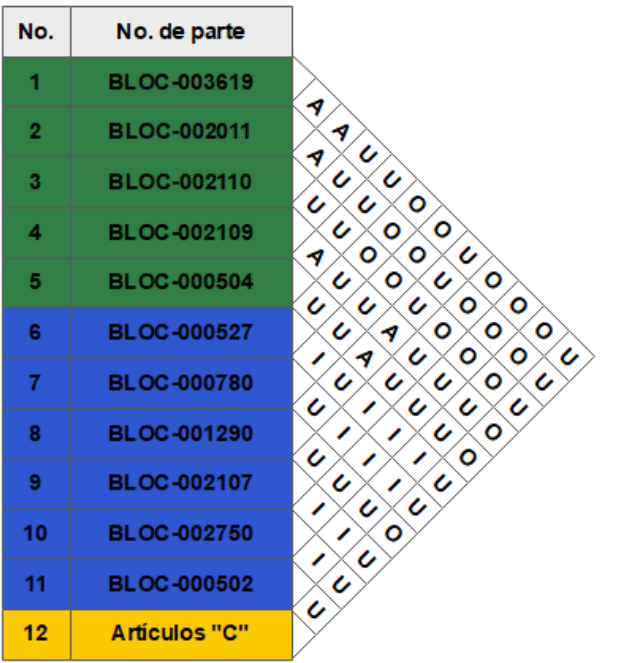


Figura 3. Grado de relación de proximidad de los artículos del inventario en el almacén de producción en proceso

Ya establecido el grado de relación de proximidad que debe de existir entre los artículos del inventario en el almacén de producción en proceso, se procedió a elaborar el diagrama relacional que se presenta en la figura 4, con el fin de ordenar de forma parcial y visualizar el nivel de cercanía que debe de haber entre estos, esto es con la finalidad de tener una idea preliminar y un punto de partida sobre la ubicación definitiva que tendrían cada uno de los artículos del inventario en los 3 almacenes en proceso que dispone la empresa.

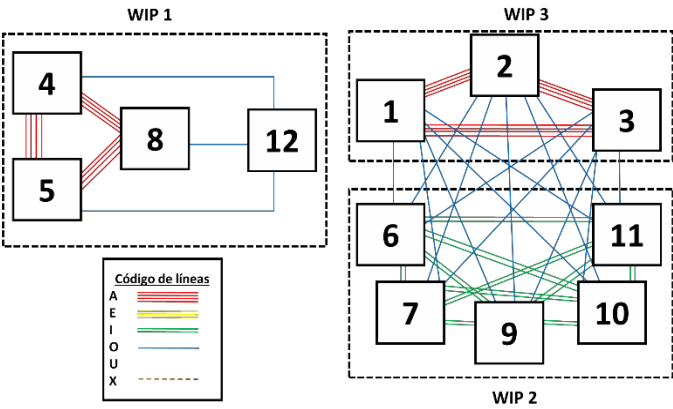


Figura 4. Diagrama relacional de proximidad de los artículos en el almacén de producción en proceso

El diagrama relacional de proximidad anteriormente presentado permitió tener una visualización previa sobre la ubicación que tendría el inventario dentro del almacén. La información anterior fue tomada como referencia para establecer la distribución definitiva del inventario dentro de los almacenes



de producción en proceso la cual se muestra en la figura 5. Los recuadros en color verde corresponden a los artículos de clasificación A; el color azul representa a los que pertenecen a la clasificación B, y finalmente, el recuadro en color naranja representa a todos los artículos que pertenecen a la clasificación C. Los artículos de clasificación A son los más demandantes en cuestión de volumen de producción, por lo tanto, requieren mayor cantidad de espacio en el almacén.

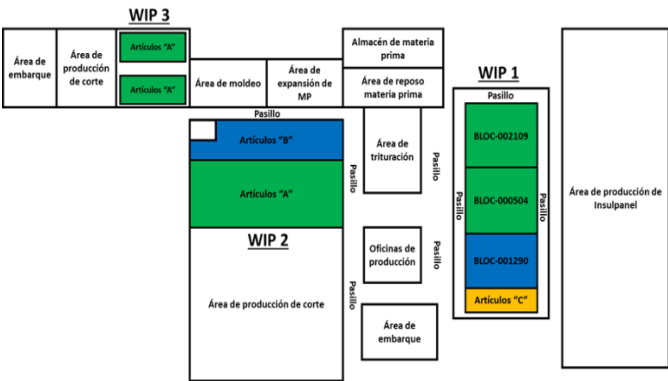


Figura 5. Distribución definitiva del inventario en los almacenes de producción en proceso

Ya establecida la ubicación que tendrían los artículos del inventario en proceso, se procedió a hacer la distribución física del inventario en cada uno de los almacenes correspondientes, tomando como base el análisis realizado anteriormente, en donde los materiales se ordenaron por fecha, es decir, se acomodaron de izquierda a derecha los artículos más antiguos dentro del almacén a los más recientes, esto fue con la finalidad de identificar a los artículos que mayor tiempo tienen almacenados y para que sean los primeros en salir una vez que se pusiera en marcha la aplicación de la estrategia PEPS. La tabla 5 muestra un resumen de la ubicación del inventario dentro de los almacenes.

No.	No. de parte	WIP	No.	No. de parte	WIP
1	BLOC-003619	2,3	7	BLOC-000780	2
2	BLOC-002011	2,3	8	BLOC-001290	1
3	BLOC-002110	2,3	9	BLOC-002107	2
4	BLOC-002109	1	10	BLOC-002750	2
5	BLOC-000504	1	11	BLOC-000502	2
6	BLOC-000527	2	12	Artículos "C"	1

**Crear una estrategia Primeras Entradas Primeras Salidas**  
La creación de la estrategia PEPS consistió primeramente en diseñar un sistema de coordenadas en el WIP 1 considerando sus dimensiones y capacidad de almacenamiento con el fin de definir cómo sería la ubicación de cada uno de artículos que sean ingresados y visualizar como sería el flujo de los materiales en las entradas y salidas una vez que estuviera puesto en marcha, tal y como se muestra en la figura 6. Cabe señalar que cada celda mostrada en la figura representa un artículo.



Figura 6. Sistema de coordenadas en WIP 1

Una vez diseñado el sistema de coordenadas y visualizado como sería el flujo de materiales, se adquirieron calcomanías de uso rudo y se colocaron en el contorno del piso, tomando como referencia la figura anteriormente presentada. De forma simultánea, se adquirió un pizarrón con el diseño del sistema de coordenadas en WIP 1 tal y como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Pizarrón de control de entrada y salida de materiales en WIP 1

El funcionamiento de esta estrategia consiste en que el materialista responsable de ingresar los artículos al WIP 1, con ayuda de un marcador escriba en la parte superior de la celda el número de parte del artículo y en la parte inferior de la celda la fecha que ingresaron al almacén en la celda que el artículo fue colocado dentro del almacén considerando el sistema de coordenadas plasmado en el piso o con calcomanías de uso rudo como se muestra en la figura 8.

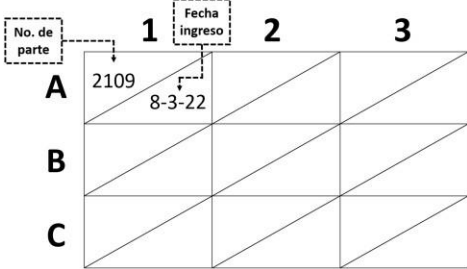


Figura 8. Ejemplo de funcionamiento del pizarrón aplicando la estrategia primeras entradas primeras salidas basado en el sistema de coordenadas.

Para la salida de los artículos, el materialista responsable de transportar los materiales del almacén hacia las áreas de producción, antes de retirarlos debe de consultar el pizarrón e identificar los artículos de mayor antigüedad, posteriormente se traslada hacia la coordenada del artículo deseado donde se encuentra ubicado, lo toma y lo transporta hacia el área de





estrategia PEPS, de manera que permita agilizar el flujo de materiales y así reducir su degradación. Es por ello, que a pesar de la naturaleza del proceso de producción y por las grandes dimensiones de los materiales, es posible llevar a cabo una estrategia PEPS por medio de la implantación de un sistema de coordenadas y controles visuales dentro del almacén, ya que permite coordinar el flujo de los materiales, mayor rastreabilidad e información sobre su ubicación, el día en que fueron ingresados, entre otra información de carácter pertinente.

Asimismo, se pretende establecer valores máximos y mínimos para los artículos del inventario en proceso con el fin de mantener un equilibrio para el manejo de estos, es decir, tener el inventario suficiente para abastecer la demanda de producción evitando acumulaciones excesivas de inventario mediante el cálculo de las cantidades de cuanto y hasta cuando pedir.

Finalmente, es importante contar con una adecuada gestión de inventarios y un ágil flujo de materiales dentro del proceso de producción, más cuando se habla de artículos que se degradan con el paso del tiempo, porque a través de una interrupción afecta de forma significativa todos los compromisos contraídos por la misma empresa y a los elementos que participan en la cadena de suministro, y además facilita la planeación de los movimientos auxiliando durante la ejecución de las operaciones y actividades, teniendo como objetivo incrementar la productividad, minimizar los costos operativos y reducir los tiempos de entrega.

#### AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo económico y a la empresa Fanosa por la confianza brindada para la elaboración de este proyecto de investigación.

#### REFERENCIAS

- [1] D. A. Agudelo-Serna and Y. M. López-Rivera, "Dinámica de sistemas en la gestión de inventarios," *Ing. USBMed*, vol. 9, no. 1, pp. 75–85, 2018, doi: 10.21500/20275846.3305.
- [2] Y. Bouazza, A. Lajjam, and B. Dkhissi, "The Impact of Lean Manufacturing on Environmental Performance in Moroccan Automotive Industry," *Manag. Syst. Prod. Eng.*, vol. 29, no. 3, pp. 184–192, 2021, doi: 10.2478/mspe-2021-0023.
- [3] V. M. Ibarra-Balderas and L. L. Ballesteros-Medina, "Manufactura Esbelta," *Concienc. tecnológica*, no. 53, 2017, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- [4] F. Ortiz, P. Nuño, R. Torres, and O. Baéz, "Comparación del sistema de costos estándar y la teoría de restricciones para el control del flujo de materiales mediante un modelo de simulación," *Rev. la Ing. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–16, 2008.
- [5] M. Gupta, S. Tiwari, and C. K. Jaggi, "Retailer's ordering policies for time-varying deteriorating items with partial backlogging and permissible delay in payments in a two-warehouse environment," *Ann. Oper. Res.*, vol. 295, no. 1, pp. 139–161, 2020, doi: 10.1007/s10479-020-03673-x.
- [6] J. Reyes, Y. Treto, and G. Gómez, "Procedimiento para el mejoramiento de la Eficiencia Empresarial mediante la aplicación de la Gestión del Inventario para el tratamiento de las existencias / Procedure for the improvement of Business Efficiency through the application of Inventory Manageme," *El Dir. al día*, no. 2, pp. 51–61, 2018.
- [7] C. A. Pulla, "Gestión de inventarios a través de la clasificación ABC a empresas dedicadas a la venta de materiales de construcción," *Rev. Obs. la Econ. Latinoamericana*, 2020, [Online]. Available: <https://www.eumed.net/rev/oel/2020/07/inventarios-abc.html>.
- [8] O. Parada, "Un enfoque multicriterio para la toma decisiones en la gestión de inventarios," *Cuad. Adm.*, vol. 22, no. 38, pp. 169–187, 2009.
- [9] C. A. Castro, D. C. Uribe, and J. A. Castro, "Marco de Referencia para el Desarrollo de un Sistema de Apoyo para la Toma de Decisiones para la Gestión de Inventarios," *Inge-Cuc*, vol. 10, no. 1, pp. 30–42, 2014.
- [10] C. Juca, C. Narváez, J. Erazo, and K. Luna, "Modelo de gestión y control de inventarios para la determinación de los niveles óptimos en la cadena de suministros de la Empresa Modesto Casajñana Cía. Ltda," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [11] N. Maneiro and R. Yllada, "Optimización del manejo de materiales en una empresa fabricante de cremas dentales mediante métodos evolutivos," *Ing. Ind.*, vol. 26, no. 1, pp. 43–48, 2005.
- [12] J. T. Gutiérrez, M. L. Silva, J. L. A. Ponce, and R. A. Gutiérrez, "Análisis sistematizado de manejo de materiales en un almacén," *Memorias del Congr. Int. Investig. Acedemia Journals Celaya*, vol. 11, no. 9, pp. 1500–1506, 2019.
- [13] T. Berlec, B. Tansek, and J. Kusar, "Selection of the most suitable material handling system in production," *Int. J. Simul. Model.*, vol. 20, no. 1, pp. 64–75, 2021.
- [14] B. I. May, M. P. Atkinson, and G. Ferrer, "Applying inventory classification to a large inventory management system," *J. Oper. Supply Chain Manag.*, vol. 10, no. 1, pp. 68–86, 2017, doi: 10.12660/joscmv10n1p68-86.
- [15] R. Macías, A. León, and C. L. Limón, "Análisis de la cadena de suministro por clasificación ABC: el caso de una empresa mexicana," *Rev. Acad. Negocios*, vol. 4, no. 2, pp. 83–94, 2019.
- [16] M. Díaz, R. Cortés, and A. Trevera, "Propuesta de utilización del método ABC de gestión de inventarios para el abastecimiento de materiales de construcción: Caso 5&V Corporativo en el estado de Oaxaca," *Acad. Journals*, vol. 7, no. 0, pp. 1360–1366, 2015.
- [17] N. Xu and W. Xu, "A Classification Method of Inventory Spare Parts Based on Improved Super Efficient DEA-ABC Model," vol. 1, no. 71771078, pp. 214–224, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-66906-5.
- [18] S. Olivos and J. W. Penagos, "Inventory Management Model: Cyclical Count by ABC Analysis," *Int. J. Inf. Syst. Supply Chain Manag.*, vol. 1, no. 14, pp. 101–111, 2011.
- [19] I. Becerril and G. Villa, "Propuesta De Un Plan De Inventarios Para Un Control Eficiente Del Almacén De Una Empresa Dedicada A La Elaboración De Elásticos," *Rev. Cienc. Adm.*, vol. 7, pp. 350–365, 2017.
- [20] M. F. Girón, J. R. López, K. J. Somoza, and S. E. Campuzano, "El lote económico de compras como sistema de administración de inventarios," *Recimundo*, vol. 2, no. Esp, pp. 756–771, 2018, doi: 10.26820/recimundo/2.esp.2018.756-771.
- [21] C. Veloz and O. Parada, "Métodos para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en la gestión de inventarios," *Rev. Cienc. UNEMI*, vol. 10, no. 22, pp. 29–38, 2017, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6151210>.
- [22] K. Becerra, V. Pedroza, J. Pinilla, and M. Vargas, "Implementación de las TIC'S en la gestión de inventario dentro de la cadena de suministro," *Rev. Iniciación Científica*, vol. 3, no. 1, pp. 36–49, 2017, [Online]. Available: <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1696>.
- [23] J. Leach, "La gestión del almacén," *Especies Para Comer. Anim. compañía*, no. 233, pp. 10–11, 2020.
- [24] O. Marín and D. A. Parra, "Propuesta de diseño en planta para mejorar la eficiencia del proceso productivo en la empresa Maderas Leandro," *Repos. Inst. USC*, 2019, [Online]. Available: <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/1219>.
- [25] L. Gozali, L. Widodo, S. R. Nasution, and N. Lim, "Planning the New Factory Layput of PT Hartekprima Listrindo using Systematic Layout Planing (SLP) Method," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 847, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/847/1/012001.

- [26] S. Su, Y. Zheng, J. Xu, and T. Wang, "Cabin Placement Layout Optimisation Based on Systematic Layout Planning and Genetic Algorithm," *Polish Marit. Res.*, vol. 27, no. 1, pp. 162–172, 2020, doi: 10.2478/pomr-2020-0017.
- [27] R. Muther, *Planificación y Proyección de la Empresa Industrial*, Primera Ed. Barcelona, 1968.
- [28] F. Badilla-Murillo, J. González-Domínguez, G. Sánchez-Barroso, J. García-Sanz, and F. López-Rodríguez, "Análisis de la distribución física de las áreas funcionales en los procesos hospitalarios para mejorar el flujo del paciente," *24th Int. Congr. Proj. Manag. Eng.*, vol. 3, no. 28, pp. 770–782, 2020.
- [29] L. Flores-Miranda and G. Cuamea-Cruz, "Implementación de un sistema de gestión del almacén en una empresa comercializadora de productos de belleza para mejorar su servicio al cliente," *XIII COINI Congr. Int. Ing. Ind.*, pp. 400–404, 2020.
- [30] S. Chávez and L. F. Romero, "Metodología para reducir el inventario en proceso usando herramientas de manufactura esbelta en una fábrica de componentes electrónicos," *CIDEI Cuarto Congr. Int. Desarro. la Ing. Ind.*, pp. 1–12, 2017.
- [31] J. Tapia-Coronado, T. Escobedo-Portillo, E. Barrón-López, G. Martínez-Moreno, and V. Estebané-Ortega, "Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria," *Cienc. Trab.*, vol. 19, no. 60, pp. 171–178, 2017, doi: 10.4067/s0718-24492017000300171.
- [32] E. Pérez, I. Castiblanco, and N. F. Mateo, "Diseño de una metodología para generar un plan de mantenimiento a través de la integración de RCM, WCM y Lean Manufacturing aplicable en procesos de trefilado de alambón," *Entre Cienc. e Ing.*, vol. 14, no. 27, pp. 82–90, 2020, doi: 10.31908/19098367.1793.
- [33] A. Martínez, "Implementation of Lean Manufacturing through the Reconstruction of its Trajectory: An Experience of an Auto Parts Company in Mexico," *Análisis Económico*, vol. 36, no. 93, pp. 99–118, 2021.