



Propuesta de estandarización y control del consumo de materias primas en la planta de moldes de Firplak S.A. mediante la Bill of Materials (BOM) y un sistema de picking interno

Jakeline Chaverra Soto

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Antioquia y Chocó

Centro Universitario Bello (Antioquia)

Programa Ingeniería Industrial

noviembre de 2025

Propuesta de estandarización y control del consumo de materias primas en la planta de moldes de Firplak S.A. mediante la Bill of Materials (BOM) y un sistema de picking interno

Jakeline Chaverra Soto

Trabajo de investigación e innovación presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Industrial

Asesores

John Jairo Escorcía

Ingeniero Industrial

Carlos Enrique Villegas

Magister en Administración, Ingeniero de productividad y calidad

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Antioquia y Chocó

Centro Universitario Bello (Antioquia)

Programa Ingeniería Industrial

noviembre de 2025

Dedicatoria

A mi familia, con todo mi amor.

A mi mamá, quien ha sido mi pilar más firme y constante. Gracias por acompañar cada paso de este camino, por tu apoyo inagotable durante todos los semestres y por hacer que este proceso fuera más liviano, incluso en los momentos más difíciles. Este logro también es tuyo.

A mi papá, Freddy, porque aún desde la distancia su apoyo ha sido una fuerza que siempre he sentido presente.

A mis hermanas, Yuliana & Lizeth, por estar conmigo en cada dificultad, por animarme cuando las fuerzas flaqueaban y por recordarme siempre quién soy y hacia dónde voy. Gracias por su cariño, por su paciencia y por darme calma cuando más lo necesitaba.

Los amo. Gracias por ser mi sostén y por caminar conmigo hasta este punto tan importante de mi vida.

Agradecimientos

A mis asesores de trabajo de grado, expreso mi agradecimiento por el aporte brindado durante este proceso.

A Carlos Villegas, por su guía y orientación desde el Semillero de Ingeniería Industrial, así como por su apoyo durante el desarrollo de este proyecto. Su experiencia y disposición fueron fundamentales para avanzar en este trabajo.

Al profesor John Escorcía, por las correcciones y observaciones realizadas durante la revisión del documento, las cuales contribuyeron a fortalecer la estructura y claridad del trabajo final.

A los profesores del programa de Ingeniería Industrial, quienes a lo largo de los semestres aportaron a mi formación y me brindaron las bases necesarias para desenvolverme como profesional.

A Firplak S.A., por permitirme realizar este trabajo en un entorno real de industria. En especial al área de I+D, donde he tenido la oportunidad de crecer profesionalmente. A mis jefes Alejandro Isaza y Sara Aguilar, gracias por la confianza depositada en mí y por permitirme desarrollar este proyecto en el proceso de fabricación de moldes. También agradezco al supervisor del área y a todos los colaboradores, cuyo apoyo y experiencia fueron esenciales para comprender el proceso y llevar a cabo esta investigación.

A todas las personas e instituciones que hicieron parte de esta etapa, gracias por su apoyo, por su tiempo y por contribuir al cierre de una fase tan importante de mi vida académica y profesional.

Tabla de contenido

Resumen.....	9
Abstrac	10
Acrónimos.....	11
Introducción	12
Planteamiento del problema	14
Árbol de problemas.....	17
Formulación del problema	17
Objetivos	19
Objetivo General.....	19
Objetivos específicos	19
Justificación.....	20
Marco referencial.....	23
Marco Conceptual.....	23
Estandarizar el trabajo y reducir la variabilidad	23
Gestionar materias primas mediante la Bill of Materials (BOM).....	24
Optimizar el picking en el abastecimiento interno	24
Controlar inventarios para mejorar el proceso productivo	25
Marco Teórico.....	26
Gestión de inventarios y modelo ABC	26
BOM, explosión de materiales y picking interno	28
Marco legal	29
Metodología.....	33
Enfoque y diseño del estudio	33
Ámbito organizacional y zona muestral	33
Unidad de análisis.....	33
Periodo de estudio.....	33
Poblaciones y marco ABC	33
Población objetivo	34

Muestra	34
Diseño muestral	34
Tamaño de la muestra	34
Justificación estadística.....	34
Instrumentos para la recolección de la información	35
Análisis de la información	35
Resultados.....	38
Análisis de la variabilidad en los consumos de materias primas en las órdenes de fabricación de moldes	38
Resumen histograma aplicado a órdenes de fabricación de moldes de Firplak en los últimos 4 años	38
Clasificación y selección de referencias de moldes mediante análisis ABC–Pareto.....	40
Análisis clasificación ABC de las referencias Pareto de moldes de Firplak	40
Selección de referencias prioritarias	41
Análisis interpretativo.....	43
Definición de la Bill of Materials (BOM) para moldes seleccionados.....	43
Organigrama general de materiales definidos para la fabricación de moldes	52
Propuesta de Sistema de Abastecimiento Interno Basado en Picking en la Planta de Moldes Firplak S.A.	54
Enfoque general del sistema	54
Objetivo del sistema.....	55
Flujo operativo propuesto para el abastecimiento interno de materias primas en moldes..	56
Integración con la aplicación Control de piso de moldes	58
Digitación de lista de materiales en SAP	58
Auditoría semanal de órdenes de fabricación	58
Conclusiones.....	60
Recomendaciones	61
Referencias	62

Listado de figuras

Figura 1 Árbol de problemas de la planta de moldes de Firplak.....	17
Figura 2 Clasificación ABC de las referencias de moldes de Firplak.....	40
Figura 3 Organigrama general de materiales definidos para los moldes seleccionados.....	53
Figura 4 Flujograma abastecimiento interno de materias primas para la fabricación de moldes...	56

Listado de Tablas

Tabla 1	Trazabilidad entre los objetivos específicos y las actividades metodológicas.....	36
Tabla 2	Resumen del análisis de histogramas de órdenes de fabricación por tamaño de molde...	38
Tabla 3	Límites de costos totales por referencia seleccionada para la definición de la BOM.....	42
Tabla 4	Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde Lavamanos ECO 48x38.....	46
Tabla 5	Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde Lavarropas ECO 46x51.....	47
Tabla 6	Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde Lavamanos OSLO 48X43	48
Tabla 7	Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde Lavamanos OSLO 48X38.....	49
Tabla 8	Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde Lavarropas ECO 60X60.....	50
Tabla 9	Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde MESÓN 180X60 SIN PERF.....	51
Tabla 10	Roles y responsabilidades del sistema de abastecimiento interno	57
Tabla 11	Criterios auditoría semanal de consumos y registros de materias primas de moldes...	58
Tabla 12	Indicadores de control propuestos.....	59

Resumen

El presente trabajo propone un sistema de estandarización y control del consumo de materias primas en la planta de moldes de Firplak S.A., con el fin de reducir la variabilidad, optimizar los inventarios y fortalecer la eficiencia productiva. El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), apoyado en el análisis histórico de 446 órdenes de fabricación de moldes entre 2021 y 2025, complementado con observación directa y ensayos en planta. Mediante la aplicación del análisis ABC-Pareto, se priorizaron las referencias tipo A y se definieron seis moldes representativos, sobre los cuales se elaboraron listas de materiales estandarizadas (Bill of Materials -BOM).

Las BOM permitieron determinar los consumos promedio de resina, gelcoat, fibra de vidrio, cargas minerales y herrajes, estableciendo rangos de variación controlados. Posteriormente, se diseñó un sistema mixto de abastecimiento interno tipo picking, que combina registros manuales y digitales para garantizar la trazabilidad, coherencia y auditoría de los consumos.

Los resultados demostraron coherencia entre los costos reales y los estándares definidos, evidenciando estabilidad en el proceso y reducción de sobreconsumos. La implementación de las BOM y del sistema de picking favorece el control de inventarios, la planificación de compras y la trazabilidad de materiales, contribuyendo a un proceso más eficiente y sostenible. Se concluye que la integración de herramientas como el análisis ABC, la BOM y el picking constituye una estrategia efectiva para estandarizar y optimizar el uso de materias primas en la fabricación de moldes.

Palabras claves: estandarización; consumo de materias primas; Bill of Materials (BOM); análisis ABC-Pareto; sistema de picking interno

Abstrac

This study proposes a system for standardizing and controlling raw material consumption in the mold manufacturing plant of Firplak S.A., aimed at reducing variability, optimizing inventories, and improving production efficiency. The research followed a mixed approach (quantitative and qualitative), supported by the historical analysis of 446 mold manufacturing orders between 2021 and 2025, complemented by direct observation and in-plant trials. Through the application of the ABC–Pareto analysis, “A-type” references were prioritized, and six representative molds were selected to develop standardized Bills of Materials (BOM).

The BOMs established average consumption levels for resin, gelcoat, fiberglass, mineral fillers, and hardware, defining controlled variation ranges. Subsequently, a mixed internal picking system was designed, combining manual and digital records to ensure traceability, consistency, and auditing of consumptions.

The results showed consistency between actual and standardized costs, evidencing process stability and reduced overconsumption. The implementation of the BOM and the internal picking system strengthens inventory control, purchasing planning, and material traceability, contributing to a more efficient and sustainable process. It is concluded that integrating tools such as ABC analysis, the BOM, and the picking system is an effective strategy to standardize and optimize raw material use in mold manufacturing.

Keywords: standardization; raw material consumption; Bill of Materials (BOM); ABC–Pareto analysis; internal picking system

Acrónimos

ABC: Análisis de Pareto aplicado a la clasificación de inventarios (por las siglas de Activity Based Classification).

BOM: Bill of Materials o Lista de Materiales.

BOP: Bill of Process o Lista de Procesos.

EOQ: Economic Order Quantity o Cantidad Económica de Pedido.

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

KPI: Key Performance Indicator o Indicador Clave de Desempeño.

MEK: Methyl Ethyl Ketone o Peróxido de metil etil cetona.

OF: Orden de Fabricación.

OTIF: On Time In Full o Entrega a Tiempo y Completa.

PRFV: Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio.

SAP: Systems, Applications and Products in Data Processing (Sistema de Planificación de Recursos Empresariales).

Introducción

La estandarización y el control de los procesos constituyen pilares esenciales en la ingeniería industrial, ya que permiten garantizar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de las industrias y plantas productivas. En el entorno actual de la manufactura, caracterizado por la búsqueda constante de productividad y reducción de desperdicios, el manejo adecuado de las materias primas adquiere un papel determinante en la competitividad de las organizaciones. Según Karničar Šenk y Roblek (2019), “la estandarización de los procesos de desarrollo de nuevos productos tiene un impacto directo en su eficiencia” (p. 149), lo que demuestra que la estandarización genera beneficios tangibles en la reducción de la variabilidad y el aumento de la eficiencia operativa. De manera complementaria, Sánchez-Rodríguez et al. (2011) concluyen que “la estandarización en la adquisición de materiales y en los procedimientos tiene un efecto positivo y significativo tanto en el desempeño de compras como en el desempeño empresarial” (p. 62), evidenciando que la definición de materiales y métodos incide directamente en los resultados de productividad y control de costos.

En este contexto, Firplak S.A., es una empresa colombiana dedicada a la fabricación de soluciones para el hogar, que cuenta con diferentes procesos manufactureros. Entre sus plantas productivas, la planta de moldes ocupa un lugar estratégico al ser responsable de la elaboración de los moldes base utilizados en las demás líneas de fabricación. La necesidad de optimizar el uso de materias primas en esta planta impulsa una búsqueda constante de la mejora continua.

El presente trabajo se orienta a proponer un sistema de estandarización y control del consumo de materias primas mediante la implementación de la Bill of Materials (BOM) combinado con un sistema de picking interno. La BOM, entendida como la estructura que define los materiales, sus relaciones jerárquicas y las cantidades requeridas por producto, constituye una

herramienta clave para la planeación y la trazabilidad. Por su parte, el picking interno es el mecanismo logístico que asegura la disponibilidad de materiales en el momento y lugar adecuados dentro de la planta, evitando excesos o faltantes.

A través del análisis de datos históricos, la clasificación ABC–Pareto y la validación directa en planta, este estudio integra herramientas aplicadas a la gestión de materiales, buscando reducir la variabilidad y mejorar la coherencia entre los consumos reales y los estándares definidos. De esta manera, se plantea una propuesta práctica que combina la planificación técnica con la mejora operativa, aportando a la estandarización del proceso de fabricación de moldes.

En resumen, este trabajo busca consolidar un modelo de control de materiales que contribuya a la eficiencia y estabilidad del proceso de fabricación de moldes.

1. Planteamiento del problema

Firplak es una compañía colombiana con más de 44 años de trayectoria en el mercado de baños y cocinas en América y el Caribe. Se dedica a la fabricación y comercialización de soluciones innovadoras para el hogar. Su catálogo es amplio y variado, e incluye categorías como bañeras/tinas, hidromasajes/Jacuzzis, lavamanos, mesones, lavaplatos, cocinas, lavarropas y lava traperos y muebles (Firplak, s.f.).

Para la fabricación de todos estos productos, Firplak cuenta con seis plantas productivas, cada una con funciones bien definidas. La planta de mármol sintético produce lavamanos, lavaplatos, lavarropas y mesones; la planta de fibra de vidrio se encarga de la fabricación de tinas e hidromasajes; la planta RTM fabrica lavarropas y zócalos; la planta de moldes tiene como función principal la fabricación y reparación de moldes y modelos; y, finalmente, dos plantas adicionales están dedicadas a la producción de muebles.

Entre todas las plantas productivas, la de moldes resulta fundamental, ya que es allí donde se fabrican los moldes requeridos por las demás plantas para la elaboración de productos. Esto convierte al área de moldes en un punto crítico dentro de la cadena de producción de Firplak, pues cualquier variabilidad en sus consumos impacta directamente en la calidad, el costo y la eficiencia de los procesos posteriores.

Estos moldes son elaborados internamente en la planta de moldes mediante una secuencia de procesos clave: pintura con gelcoat, laminación con capas de fibra de vidrio y resina, pulido, soldadura de herrajes, acople de molde y contramolde, y acabado final. Cada una de estas etapas implica el uso de materias primas directas como gelcoat tooling, resina poliéster modificada, distintos tipos de fibra de vidrio, cargas minerales (arena y talco), peróxido de metil etil cetona (MEK) y herrajes metálicos.

En la práctica, las salidas de materia prima se registran a medida que se usan y, al finalizar, se construye manualmente una lista de materiales, lo que genera discrepancias en los órdenes de fabricación. En muchos casos, la resina se dosifica “al ojo” y los cortes de fibra varían según el criterio del operario, provocando consumos desiguales aun en moldes idénticos en dimensiones y geometría.

Estas condiciones derivan en inconsistencias entre moldes de la misma referencia, generando sobrecostos, desperdicios y diferencias en los inventarios. Aunque algunos procesos ya cuentan con cierto grado de estandarización, no existe una definición precisa de cuánta resina, arena, gelcoat o fibra debe emplearse en cada molde. La ausencia de un sistema de abastecimiento interno previo también obliga a que los operarios decidan sobre cantidades en el momento de la fabricación, incrementando la variabilidad. Además, se presentan desajustes e inconsistencias en los inventarios que se realizan de forma cíclica y al final de cada mes, lo que genera ajustes en las salidas de materia prima. Estas salidas afectan el presupuesto mensual, ya que son inesperadas y difíciles de justificar.

Es importante resaltar que las materias primas utilizadas en la fabricación de moldes como la resina poliéster, el gelcoat tooling, las fibras de vidrio y los herrajes presentan un costo elevado dentro del proceso productivo. Por esta razón, cualquier sobreconsumo, desperdicio o variación no controlada representa un impacto económico significativo.

Como lo plantea Deming (1986), la mayor parte del desempeño depende del sistema, no del trabajador; por ello, los procesos deben diseñarse para minimizar la variabilidad causada por el factor humano.(p.4) En la misma línea, González y Escalante (2020) afirman que un uso racional de los recursos mejora la productividad, reduce desperdicios, eleva la calidad del

producto y disminuye los costos de producción, destacando la importancia de eliminar prácticas improvisadas en el consumo de materiales (p. 22-23).

La situación anterior evidencia la necesidad de implementar un sistema que estandarice y controle los consumos de materias primas en la planta de moldes. Para alcanzarlo, este trabajo se apoya en metodologías de gestión de inventarios y planeación de materiales, como la Bill of Materials (BOM), que según Mudunuri y Aragani (2024) permite optimizar inventarios, reducir excedentes y estimar con precisión los costos de fabricación al definir los materiales exactos requeridos por producto. (p. 1003) Asimismo, se plantea la adopción de un sistema de picking interno, complementario a la BOM, que asegure un ciclo eficiente de abastecimiento-consumo. Como señalan Lee, Chang, Shim y Cho (2015), el picking manual con lista contempla actividades de búsqueda, verificación, conteo y traslado de materiales, garantizando un suministro ordenado y confiable para la producción.

1.1.Árbol de problemas

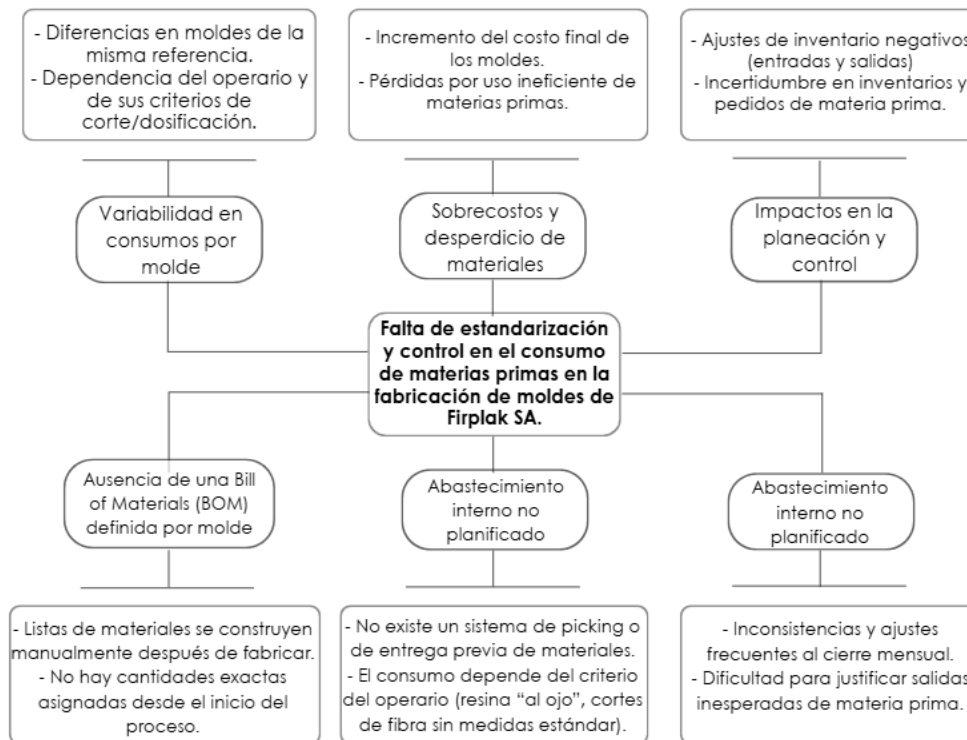


Figura 1

Árbol de problemas de la planta de moldes de Firplak

Nota. Representa las causas y efectos asociados a la falta de estandarización en los consumos de materias primas en la planta de moldes de Firplak S.A. Fuente: Elaboración propia (2025).

1.2.Formulación del problema

¿Cómo estandarizar el consumo de materias primas en la planta de moldes de Firplak para reducir la variabilidad, controlar los inventarios y garantizar la eficiencia del proceso productivo?

En este sentido, estandarizar el consumo de materias primas en la planta de moldes de Firplak permitirá reducir la variabilidad causada por la falta de listas definidas y el manejo empírico de insumos. Con ello se minimizarán desperdicios y sobrecostos, se mejorará el control de inventarios y la planificación de pedidos. Además, la definición de una BOM y la

implementación de un sistema de picking/kitting fortalecerán la eficiencia, trazabilidad y competitividad del proceso productivo.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un sistema de estandarización del consumo de materias primas en la planta de moldes de Firplak, mediante la definición de la Bill of Materials (BOM) y el diseño de un sistema de abastecimiento interno que permita la reducción de la variabilidad en la eficiencia del proceso productivo.

Objetivos específicos

1. Analizar las órdenes de fabricación de moldes de los últimos cuatro años, aplicando histogramas y medidas de dispersión para identificar las zonas donde se concentran los costos totales por referencia y determinar el nivel de variabilidad en los consumos de materias primas.
2. Clasificar las referencias de moldes fabricados en la planta de Firplak mediante la aplicación del análisis ABC–Pareto, con el fin de identificar las referencias de mayor rotación y relevancia económica que servirán como base para la definición de listas de materiales (BOM) estandarizadas.
3. Definir la Bill of Materials (BOM) para las referencias de moldes tipo A seleccionadas en la planta de Firplak S.A., con el fin de estandarizar los consumos y reducir la variabilidad en el uso de materias primas.
4. Diseñar un sistema de abastecimiento interno basado en picking/kitting de materias primas, que asegure la entrega de cantidades previamente definidas por molde y contribuya al control eficiente del consumo.

2. Justificación

En Firplak S.A., la fabricación de moldes exige un control preciso sobre el consumo de resinas, gelcoats, herrajes y refuerzos. Actualmente, la variabilidad en la materia prima utilizada para este proceso genera dificultades en la gestión de inventarios, en la compra de materiales y afecta directamente la calidad de los moldes. Además, la falta de control sobre los inventarios y pedidos de materia prima ocasiona inconsistencias que inciden negativamente en los costos de producción.

Según Parra (2023), “la estandarización de procesos contribuye a la simplificación de éstos al eliminar actividades que generan desperdicios y demoras, centrando el proceso en añadir valor para el cliente” (p. 22). Esta perspectiva resalta la importancia de reducir la variabilidad en la fabricación de moldes para lograr un proceso más eficiente y rentable.

El proyecto propone tres herramientas integradas para abordar esta problemática: priorización de moldes mediante un análisis ABC por demanda, complementado con un análisis estadístico para identificar la variabilidad; estandarización de consumos a través de la construcción de la Bill of Materials (BOM) por molde; y abastecimiento interno tipo picking (kitting) con cantidades predefinidas por molde.

Estas herramientas permitirán reducir la variabilidad en el consumo de materiales, disminuir costos por sobreconsumo y reprocesos, y mejorar la planeación de materiales y el control en planta.

El análisis ABC permite enfocar los recursos en los moldes que concentran la mayor parte del consumo y rotación. La evidencia empírica muestra que, al combinar el ABC con políticas de reaprovisionamiento, las empresas manufactureras han logrado ahorros significativos en costos variables de inventario y mejoras en el servicio. Por ejemplo, un estudio industrial

reporta un ahorro neto cercano al 13,65 % tras aplicar ABC junto con EOQ y medidas correctivas (Sachdeva et al., 2017, pp. 137–138). En este proyecto, dicha priorización guiará la estandarización inicial de los moldes tipo “A” y concentrará los esfuerzos de mejora.

La definición de la BOM por molde constituye la base para establecer consumos estándar en la operación. Cuando la BOM y su correspondiente Bill of Process (BOP) no están claramente definidas, se incrementa el desperdicio y se generan productos defectuosos. Por ello, es fundamental contar con especificaciones claras en cuanto a cantidades, niveles y tolerancias (U.S. Department of Energy, 2021, p. 2).

En Firplak, disponer de una BOM por molde con cantidades definidas de cada materia prima permitirá mejorar el control de consumos, tomar decisiones basadas en datos y detectar variaciones asociadas al sobreconsumo. Asimismo, contribuirá al control de calidad, ya que al fijar cantidades predefinidas se reduce la variabilidad en el proceso de fabricación. La estandarización de la BOM facilitará, además, una gestión más eficiente del reabastecimiento y las compras de materias primas.

Implementar un sistema de picking interno con cantidades estándar evita que el operario dispense materiales de forma autónoma. La literatura indica que el kitting reduce búsquedas, recorridos y congestión en la línea, especialmente cuando existe alta variedad. No obstante, no basta con armar kits: el diseño del proceso de preparación está directamente relacionado con el tipo y frecuencia de errores en los kits. Un diseño adecuado permite prevenir y corregir fallas antes de que lleguen a producción (Fager et al., 2020, pp. 13–14).

El impacto esperado en el proceso de fabricación de moldes incluye la reducción de la variabilidad (menor desviación estándar o coeficiente de variación) en el consumo de materias primas por molde; la disminución del sobreconsumo y desperdicios, respaldado por BOM

verificables y kits que limitan el material disponible; la mejora en la planeación de compras, al pasar de demanda independiente a dependiente por BOM, lo que optimiza inventarios y libera capital; la reducción de tiempos de alistamiento y la menor congestión en planta por movimiento de materia prima; y también la mejora en la calidad, gracias a la consistencia en proporciones.

Es importante considerar que la implementación del picking interno puede generar impactos negativos, como mayor manipulación y necesidad de espacio adicional si no se diseña adecuadamente (Fager et al., 2020, pp. 13–14). Además, durante la fase de implementación pueden presentarse faltantes o excesos que afecten el costo y la calidad de los moldes.

Estos impactos se mitigan mediante ubicaciones cercanas, aplicación de la metodología 5S y control visual de las materias primas. Lo ideal es que los operarios tengan acceso inmediato a los materiales, evitando desplazamientos innecesarios.

Por ello, el proyecto contempla un conjunto de datos estructurados (versionado, responsables, auditorías de BOM) y una implementación escalonada, iniciando con los moldes tipo “A” y ajustando tolerancias con datos reales antes de escalar.

En síntesis, la combinación de análisis ABC, BOM y picking transforma el consumo de materias primas en un proceso controlado, medible y replicable. En lo operativo, permitirá abastecer la planta con lo necesario por molde; en lo económico, reducirá el gasto por unidad útil de producto; y en lo técnico, estabilizará la calidad del laminado al estandarizar espesores y proporciones con respaldo en datos.

3. Marco referencial

3.1.Marco Conceptual

3.1.1. *Estandarizar el trabajo y reducir la variabilidad*

La estandarización del trabajo constituye un principio fundamental de la filosofía Lean Manufacturing, ya que busca minimizar la variabilidad en los procesos, eliminar desperdicios, aumentar la productividad y asegurar la calidad del producto final. Entre los beneficios de este enfoque se encuentra la reducción del consumo excesivo de materiales, pues al aplicar métodos de reducción de residuos en lugar de eliminación, las empresas logran aprovechar de manera más eficiente las materias primas y disminuir costos de producción. En la industria de semiconductores, por ejemplo, la aplicación del enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Improve (Mejorar) y Controlar) de Six Sigma ha permitido identificar causas de sobreconsumo y reducir la variancia en el uso de materiales (Agapay-Bigcas et al., 2022, pp. 259-260).

Asimismo, la estandarización puede complementarse con herramientas como el *poka-yoke* (a prueba de errores), que minimiza fallas y reprocesos, y al mismo tiempo incrementa la confiabilidad y la eficiencia del proceso. En un caso reciente, la integración de *poka-yoke* con prácticas de estandarización permitió aumentar el cumplimiento de indicadores de entrega *On Time In Full* (OTIF) de un 62.5 % a un 87.5 % (Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions [LACCEI], 2023, p. 4). En el caso de Firplak, la documentación clara de los parámetros de mezcla y dosificación de resinas y cargas representaría un paso esencial para reducir la variabilidad en el consumo de materias primas y facilitar el control comparativo entre consumos reales y estándares.

3.1.2. Gestionar materias primas mediante la Bill of Materials (BOM)

La Bill of Materials (BOM) o lista de materiales es la estructura que organiza todos los componentes, materias primas y cantidades necesarias para la fabricación de un producto. Más allá de una lista, la BOM se considera la columna vertebral de los procesos productivos, pues permite planificar, rastrear y controlar de manera más precisa los costos asociados (Kourtis et al., 2025, p. 3). Según el International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering (IJISAE, 2024), una BOM correctamente estructurada contribuye a evitar desperdicios de material y errores en la producción, garantizando un consumo más uniforme (pp. 1003–1004).

Autores recientes señalan la relevancia de comparar la BOM de referencia con la utilizada en planta para detectar inconsistencias en el proceso productivo (Tate et al., 2024, p. 2). Además, en el contexto de productos complejos y personalizados, enfoques como la 150 % BOM o la Generic BOM (GBOM) resultan útiles para alinear diseño y manufactura, mitigando problemas asociados a datos maestros incompletos o de baja calidad (Kourtis et al., 2025, p. 3). Para Firplak, disponer de una BOM detallada y estandarizada facilitaría la planificación del consumo de materias primas, reduciendo mermas y mejorando la trazabilidad de los insumos.

3.1.3. Optimizar el picking en el abastecimiento interno

El picking interno se define como el proceso de selección, preparación y traslado de materiales desde el área de almacenamiento hasta los puntos de consumo dentro de la planta. Su función es garantizar que los insumos lleguen en la cantidad, calidad y momento adecuados, lo que previene retrasos, faltantes y desperdicios (OpenAI, 2025). Este proceso resulta crítico en la eficiencia de la cadena interna de suministro, pues su correcta ejecución asegura continuidad en la producción y un mejor aprovechamiento de los recursos.

Investigaciones muestran que el picking puede mejorar los métodos de trabajo al eliminar actividades innecesarias y promover la estandarización operativa (Srisuk, 2020, p. 80). De igual manera, el uso de tecnologías como pick by light y pick by point las cuales permiten reducir tiempos y errores: mientras el primero se destaca por su velocidad, el segundo minimiza la tasa de equivocaciones en la entrega de materiales (Lopuszyński, Bartoszewski & Gorzeń, 2025, p. 12). En el contexto de Firplak, implementar estrategias y tecnologías de picking favorecería la entrega precisa de materias primas en el área de moldeo, asegurando la disponibilidad y evitando sobreconsumos.

3.1.4. Controlar inventarios para mejorar el proceso productivo

El control de inventarios constituye un elemento clave para reducir la variabilidad en el uso de materias primas y optimizar la eficiencia en la planta. Existen métodos como la clasificación ABC y políticas de reabastecimiento como EOQ (Economic Order Quantity), SM (Stock Máximo) o PPB (Part Period Balancing), que han demostrado reducciones significativas en costos totales de almacenamiento y adquisición. En una empresa química, por ejemplo, se alcanzó una disminución del 57,89 % en los costos de inventarios aplicando estas técnicas (González-Garzón et al., 2021, pp. 102-103).

En los procesos de moldeo con compuestos, el consumo de materias primas depende de factores como curado, mezcla y dosificación. Herramientas como el diseño de experimentos (DOE) y el monitoreo en línea mediante análisis dieléctrico (DEA) permiten estandarizar el consumo, obtener un uso más uniforme de resinas y cargas, y reducir desperdicios (Vogelwaid et al., 2024, párr. 1). En el caso de Firplak, la integración de estas prácticas al control de inventarios posibilitaría no solo disminuir variabilidad en el consumo, sino también mejorar la calidad de los moldes fabricados.

3.2.Marco Teórico

El desafío de estandarizar el consumo de materias primas en plantas manufactureras, como la de moldes de Firplak, no depende de una sola herramienta, sino de la integración de prácticas de planeación estadística, gestión de inventarios, y organización logística interna. En la literatura reciente (2018–2025) se identifican avances en tres grandes áreas: los modelos de pronóstico como soporte de decisiones, la clasificación y control de inventarios mediante el modelo ABC y variantes, y el papel estratégico de la lista de materiales (BOM) junto con las prácticas de picking en el abastecimiento interno. Estos enfoques convergen en un marco teórico que sustenta la estandarización y el control del consumo de insumos en la siguiente forma.

3.2.1. Gestión de inventarios y modelo ABC

Los pronósticos solo son efectivos si están acompañados de un sistema de inventarios que traduzca la demanda proyectada en políticas de abastecimiento diferenciadas.

Según Caballero (s.f) El inventario se define como los bienes y artículos almacenados en un almacén materias primas, productos semiterminados y terminados con costos directos e indirectos asociados (capital, almacenamiento, obsolescencia), cuya gestión efectiva busca evitar excesos sin interrumpir la operación (p. 6). Además, el autor expone que, en la cadena de suministro, el inventario cumple la función de “amortiguador” (buffer) entre producción y necesidad del cliente, reduce tiempos de espera percibidos y soporta niveles de servicio ante variabilidad de demanda y suministro; su política determina cuánto y cuándo ordenar (pp. 7-8).

El inventario comprende los bienes disponibles para ser usados en las operaciones, y suele dividirse en materias primas (insumos iniciales), productos en proceso (WIP) como unidades semiterminadas, terminados (piezas listas para entrega) y suministros MRO (MRO (Maintenance, Repair & Operations) que se compone de repuestos y suministros para mantener

equipos y procesos. Así mismo, estudios como el de Panigrahi et al. (2021) evidencian que la gestión eficiente de inventarios se correlaciona de manera positiva con el desempeño de empresas manufactureras, especialmente cuando se aplican técnicas modernas de control (p. 12).

La gestión de inventarios ha pasado de enfoques tradicionales basados en stock de seguridad y modelos EOQ a estrategias híbridas que combinan análisis de rotación y criticidad. Panigrahi et al. (2021) demostraron que las buenas prácticas de inventario, como la automatización y el análisis ABC, tienen un impacto directo en el desempeño de empresas manufactureras (p. 12).

El modelo ABC, que clasifica los insumos según su importancia económica, se ha enriquecido en los últimos años con variantes como el ABC-XYZ, que incorpora la variabilidad en la demanda. Según un estudio reciente en PYMES alimentarias, la combinación de ABC con estrategias de stock de seguridad y políticas híbridas resultó en mejoras significativas en desempeño financiero y operativas. Además, esta combinación en empresas puede optimizar la eficiencia, reducir el desperdicio y fortalecer su cadena de suministro. (Assessing Inventory Strategies, 2024, p. 698). De forma similar, NNADI & OKO (2021) encontraron que la aplicación de prácticas Lean en inventarios permitió incrementar la productividad y reducir desperdicios en la industria manufacturera, generando un aumento en el rendimiento productivo (p. 126).

En el caso de Firplak, la aplicación del modelo ABC resulta clave para priorizar las referencias de moldes a estandarizar según su rotación durante un periodo de 12 meses, identificando aquellas con mayor frecuencia de fabricación. De este modo, las referencias clasificadas como A no solo se determinan por su nivel de producción, sino también por su

variabilidad en el costo total de fabricación, lo cual permite focalizar el control en los insumos y procesos de mayor impacto económico. Esta combinación posibilita ejercer un seguimiento más riguroso sobre lo más crítico, garantizando eficiencia y reduciendo la variabilidad en el consumo de materias primas.

3.2.2. BOM, explosión de materiales y picking interno

Si los pronósticos permiten anticipar consumos y los inventarios priorizan materiales, la BOM (Bill of Materials) constituye la estructura clave que articula planificación y producción, asegurando que los requerimientos de componentes sean claros y trazables.

Una Bill of Materials (BOM) es la lista jerárquica de todos los conjuntos, sub-conjuntos, piezas y materias primas necesarias para fabricar un producto, organizada en relaciones (estructura de producto) y con cantidades por nivel. Además, distingue demanda dependiente (Artículos) de demanda independiente (producto final), base para planificar requerimientos para la elaboración de un producto o servicio determinado. (U.S. Department of Energy, 2021, pp. 10–12).

Con base en lo anterior, la BOM no solo soporta la planificación de requerimientos, sino que también estandariza el control de inventarios, compras, costos y calidad, promoviendo la consistencia de datos entre diseño e ingeniería de procesos.

Los autores Chen et al. (2023) demuestran que una gestión integrada de la BOM desde múltiples vistas (diseño, proceso y manufactura) permite mantener la precisión y consistencia de los datos maestros, lo cual evita errores y sobrecostos derivados de discrepancias entre las diferentes versiones de la BOM (pp. 12682-12699). En la práctica, esto significa que una BOM bien estructurada se convierte en una herramienta estratégica de estandarización, ya que fija consumos objetivo y facilita el contraste con consumos reales, garantizando control y trazabilidad en toda la cadena de valor.

La explosión de materiales, como extensión del uso de la BOM, desglosa los productos terminados en sus componentes e insumos, lo que mejora la planificación de compras, asegura disponibilidad de materias primas críticas y previene interrupciones en la línea de producción.

En cuanto al picking interno, la literatura señala que representa una de las operaciones más costosas del almacén y que su optimización incide directamente en la eficiencia.

En manufactura, Fedtke et al. (2023) definen el “picking interno” (part feeding) como la logística interna que traslada materiales desde la recepción/almacenamiento hasta los puestos de trabajo donde se ensamblan o consumen, y que establece políticas como line-stocking, supermercados y kitting pp. (2–3).

Ahmadi Keshavarz et al. (2021, Art. 10641) destacan que los sistemas de picking enfrentan retos relacionados con la planificación, los tiempos de ejecución y la frecuencia de errores, los cuales repercuten en los costos logísticos.

En Firplak, integrar una BOM claramente estructurada y utilizar explosión de materiales junto con estrategias de picking eficientes permitiría cerrar el ciclo entre planeación, inventarios y ejecución productiva, reduciendo variabilidad, errores y desperdicios.

3.3.Marco legal

El desarrollo de un sistema de estandarización de consumos de materias primas en la planta de moldes de Firplak S.A. debe enmarcarse en la normatividad vigente en Colombia relacionada con la gestión de plásticos, resinas, inventarios y procesos de manufactura. Estas disposiciones legales y técnicas garantizan que los procedimientos de abastecimiento, almacenamiento y control de materias primas cumplan con criterios de seguridad, sostenibilidad y calidad, aportando trazabilidad y confiabilidad al proceso productivo.

En primer lugar, la regulación ambiental es clave para el manejo de plásticos y resinas. La *Resolución 1407 de 2018*, modificada por la *Resolución 1342 de 2020*, establece las obligaciones de los productores frente a la gestión de residuos de envases y empaques de materiales como plástico, vidrio, metal, cartón y papel, exigiendo planes de aprovechamiento y metas de reciclaje (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2018, pp. 1–20).

De forma complementaria, la *Ley 2232 de 2022* regula los plásticos de un solo uso, promoviendo la transición hacia la economía circular y el uso de resinas recicladas en los procesos productivos (Congreso de la República de Colombia, 2022, p. 2). Cabe resaltar que, si bien esta ley regula principalmente los plásticos de un solo uso, en el caso de los moldes fabricados en resina y polímeros la situación es diferente.

Cabe resaltar que, si bien esta ley regula principalmente los plásticos de un solo uso y promueve la transición hacia esquemas de economía circular, en el caso de los moldes fabricados en resina y polímeros la situación es diferente. Estos moldes no corresponden a productos desechables, sino a bienes industriales de larga vida útil, que pueden permanecer en operación durante varios años antes de requerir sustitución. Además, su ciclo de vida contempla fases de reparación mediante los mismos materiales con los que se fabrica el molde como resina, gelcoat y fibras, lo que prolonga su utilidad y reduce la generación de residuos. Solo cuando el deterioro es irreversible, los moldes son destruidos y son preparados para su disposición final, actualmente contamos con proveedores de residuos que disponen de estos desechos con la debida certificación del manejo responsable. Este enfoque es consistente con el artículo 2 de la Ley 2232, que define conceptos como economía circular y cierre de ciclos, orientando la gestión

integral de materiales durante todo su ciclo de vida, incluso cuando el producto no es de un solo uso. De esta manera, Firplak alinea sus prácticas con los postulados de la economía circular: reparar, extender vida útil y disponer adecuadamente al final del ciclo.

Posteriormente, la *Resolución 0803 de 2024* reglamenta la implementación de la *Ley 2232 de 2022*, estableciendo obligaciones sobre identificación de resinas y medidas para la sustitución de materiales (MADS, 2024, pp. 2–6).

En cuanto a la calidad técnica de plásticos y resinas utilizadas en procesos de moldeo, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2014, pp. 2–12) ha establecido varios lineamientos, como la *NTC 595*, que define los métodos de ensayo para determinar las propiedades a tensión en plásticos reforzados y no reforzados. De igual manera, la *NTC 982* establece ensayos de resistencia mecánica mediante pruebas de caída en películas y bolsas plásticas (ICONTEC, 1975, pp. 4–5), y la *NTC 3717* regula los envases plásticos termoformados desechables (ICONTEC, 2007, pp. 3–7).

Adicionalmente, la creación de listas de materiales (*Bill of Materials*, BOM) y la definición de parámetros de consumo de materias primas encuentran respaldo en la normatividad técnica colombiana. Normas como la *NTC 595* y la *NTC 982* no solo establecen métodos de ensayo, sino que implican la obligación de controlar rigurosamente las proporciones de resinas, catalizadores y cargas minerales empleadas, garantizando así las propiedades mecánicas definidas por ICONTEC (2014, 1975).

En este sentido, contar con una BOM estandarizada no es únicamente una herramienta administrativa, sino un mecanismo de cumplimiento legal y técnico que asegura la trazabilidad

de las mezclas y reduce la probabilidad de incumplir con los requisitos de desempeño y seguridad definidos por ICONTEC y otras entidades reguladoras.

En síntesis, el marco normativo colombiano establece criterios ambientales, técnicos y sanitarios que inciden directamente en la fabricación de moldes con resinas y plásticos. Estas disposiciones no solo obligan al cumplimiento legal, sino que refuerzan la pertinencia de implementar herramientas como la Bill of Materials (BOM) y sistemas de picking interno, pues permiten garantizar que el consumo de materias primas en Firplak S.A. sea eficiente, trazable y sostenible, alineado con la legislación vigente.

4. Metodología

4.1. Enfoque y diseño del estudio

El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) con apoyo descriptivo y analítico, ya que se fundamentó en el análisis de datos históricos de consumo de materias primas y costos de órdenes de fabricación, complementado con observación directa y ensayos en planta. Se trató de una investigación de carácter aplicado y descriptivo, orientada a resolver un problema real en la planta de moldes de Firplak, describiendo la variabilidad de los consumos e identificando relaciones entre los insumos empleados y los costos generados, con el propósito de proponer un sistema estandarizado de consumo de materiales.

4.1.1. *Ámbito organizacional y zona muestral*

El estudio se llevó a cabo en el área de fabricación de moldes de Firplak S.A., ubicada en Itagüí, Antioquia, Colombia.

4.1.2. *Unidad de análisis*

La unidad de análisis correspondió a cada orden de fabricación (OF) de moldes.

4.1.3. *Periodo de estudio*

El periodo de estudio comprendió cuatro años, desde septiembre de 2021 hasta septiembre de 2025. La población fue finita.

4.1.4. *Poblaciones y marco ABC*

La población estuvo conformada por 446 órdenes de fabricación registradas en la planta de moldes durante el periodo 2021–2025, que incluyeron consumos reales de materias primas como resina, gelcoat, fibra de vidrio, cargas minerales y herrajes.

A las 446 órdenes se les aplicó la clasificación ABC para identificar las referencias tipo A,

caracterizadas por su mayor rotación y relevancia económica, con base en la frecuencia de fabricación y el aporte económico acumulado.

4.1.5. Población objetivo

La población objetivo correspondió a las órdenes de fabricación clasificadas como tipo A. Se empleó un modelo de muestreo no probabilístico, elegido por el investigador, dado que la muestra fue pequeña y no requirió análisis estadístico muestral.

4.2.Muestra

4.2.1. Diseño muestral

El diseño muestral correspondió a un muestreo no probabilístico de tipo intencional, seleccionado con base en la relevancia y disponibilidad de información. Se optó por este tipo de muestreo debido al tamaño reducido de la población de órdenes de fabricación (OF) de moldes y al enfoque aplicado del estudio, que buscó analizar las referencias con mayor impacto en el consumo de materias primas.

4.2.2. Tamaño de la muestra

La muestra estuvo conformada por seis referencias de moldes, identificadas mediante el análisis ABC–Pareto como las de mayor rotación e impacto económico. Estas referencias contaron con el histórico más completo de consumos y fueron representativas del proceso de fabricación de moldes.

4.2.3. Justificación estadística

El uso de un muestreo no probabilístico intencional se justificó porque la cantidad de datos fue limitada y no se requirió inferencia estadística. La selección de las referencias más representativas permitió obtener resultados aplicables al proceso, asegurando una base sólida para la estandarización de los consumos de materias primas.

4.3. Instrumentos para la recolección de la información

- Base de datos de órdenes de fabricación (4 años): incluyó consumos y costos de materias primas.
- Listas de materiales manuales: generadas al cierre de las órdenes de fabricación.
- Observación directa y entrevistas cortas a operarios y supervisor de planta: permitieron validar la información real de consumo y contrastarla con los registros históricos.
- Ensayos de planta: se realizaron pruebas piloto con listas de materiales preliminares y un sistema de picking en canastas, supervisado por un auditor de consumos.

4.4. Análisis de la información

El análisis de la información se desarrolló en diferentes etapas. En primer lugar, se estudiaron los consumos históricos aplicando medidas de dispersión como histogramas, desviación estándar y coeficiente de variación, con el fin de cuantificar el nivel de variabilidad entre moldes de una misma referencia y reconocer tendencias en los costos.

Posteriormente, se realizó un análisis ABC–Pareto que permitió diagnosticar el estado del proceso, clasificando las referencias de moldes según su rotación y costo acumulado, e identificando aquellas de mayor impacto económico y productivo.

Con base en estos resultados, se definieron listas de materiales estandarizadas (BOM) para las referencias críticas, calculando consumos promedio por insumo y estableciendo cantidades exactas de resinas, gelcoat, fibras, cargas y herrajes requeridos para la fabricación de cada molde. Estas listas se contrastaron con la experiencia del personal técnico para garantizar coherencia entre la información histórica y las prácticas operativas de planta.

Finalmente, se diseñó un sistema de abastecimiento interno basado en picking, en el cual se organizaron canastas con las materias primas correspondientes a cada BOM y se asignó un responsable de alistamiento y auditoría de consumos. Este sistema fue sometido a pruebas piloto en la planta con el propósito de verificar su efectividad en la reducción de sobreconsumos y la mejora del control de inventarios. Los resultados obtenidos en dichas pruebas se compararon con los consumos históricos para evaluar el impacto de la propuesta y formular recomendaciones de mejora.

Tabla 1

Trazabilidad entre los objetivos específicos y las actividades metodológicas

Objetivo específico	Actividades metodológicas
Analizar las órdenes de fabricación de moldes de los últimos cuatro años, aplicando histogramas y medidas de dispersión para identificar las zonas donde se concentran los costos totales por referencia y determinar el nivel de variabilidad en los consumos de materias primas.	<ul style="list-style-type: none"> - Recolección y depuración de los datos históricos de las órdenes de fabricación de los últimos cuatro años. - Aplicación de histogramas y medidas estadísticas de dispersión. - Identificación de zonas de concentración y análisis de la variabilidad de los costos por referencia.
Clasificar las referencias de moldes fabricados en la planta de Firplak mediante la aplicación del análisis ABC–Pareto, con el fin de identificar las referencias de mayor rotación y relevancia económica que servirán como base para la definición de listas de materiales (BOM) estandarizadas.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración del análisis ABC sobre las órdenes de fabricación analizadas para clasificar las referencias según su rotación y relevancia económica. - Identificación de referencias tipo A y selección de la muestra de seis referencias con mayor rotación para la propuesta de estandarización. -Análisis de los históricos de ordenes de las ordenes de fabricación de los moldes seleccionados.
Definir la Bill of Materials (BOM) para las referencias de moldes tipo A seleccionadas en la planta de Firplak S.A., con el fin de estandarizar los consumos y reducir la variabilidad en el uso de materias primas.	<ul style="list-style-type: none"> Cálculo de consumos promedio de materias primas en moldes prioritarios. - Elaboración de listas de materiales (BOM) estandarizadas para referencias críticas. - Validación de las BOM preliminares con operarios y supervisor de planta.

Diseñar un sistema de abastecimiento interno basado en picking/kitting de materias primas, que asegure la entrega de cantidades previamente definidas por molde y contribuya al control eficiente del consumo.

- Diseño de la propuesta de sistema de abastecimiento.
- Definición del roles y responsabilidades del personal del área.

Nota. Relaciona cada objetivo específico con las actividades metodológicas aplicadas durante el

desarrollo del trabajo. Fuente: Elaboración propia (2025).

5. Resultados

5.1. Análisis de la variabilidad en los consumos de materias primas en las órdenes de fabricación de moldes

Para el cumplimiento del primer objetivo específico, se analizaron las órdenes de fabricación de moldes correspondientes al periodo 2021–2025, para las cuales se procesaron los costos totales por orden de fabricación (OF) y se elaboraron histogramas de frecuencia con el fin de identificar el comportamiento de distribución de los datos y los niveles de variabilidad entre órdenes de una misma referencia.

5.1.1 Resumen histograma aplicado a órdenes de fabricación de moldes de Firplak en los últimos 4 años

A cada referencia se le aplicó un análisis de histogramas, estableciendo rangos de costos y observando la frecuencia con que las órdenes de fabricación se concentraron en cada intervalo. Además, se calculó la desviación estándar como medida de dispersión, con el fin de determinar el grado de variabilidad existente entre los costos de una misma referencia.

Tabla 2

Resumen del análisis de histogramas de órdenes de fabricación por tamaño de molde

Grupo de moldes	Rangos tipo de molde	Concentración de costos	Tendencia histograma	Desviación estándar aprox	Interpretación
Pequeños	Formato de moldes hasta 48x60 (Lavamanos, lavarropas y lava traperos)	Primeros rangos (costos bajos)	Asimétrica positiva	Baja (\leq 150.000 COP)	Los costos se concentran en rangos bajos, con alta estabilidad entre órdenes de la misma referencia. Mínima variación atribuida a consumos controlados y repetitividad del proceso.

Medianos	Formato de moldes entre 60×60 y 80×60 cm Lavarropas, lavamanos	Rangos primeros-medios	Levemente asimétrica positiva	Media (\leq 200.000 COP)	Se presenta una dispersión moderada. La variabilidad se asocia a diferencias en geometría y uso de materias primas. Los costos muestran uniformidad aceptable.
Grandes	Mayores a 80×60 cm (lavarropas, mesones y moldes lavamanos dobles)	Rangos Primeros-medios	Asimétrica positiva	Alta (\leq 400.000 COP)	Amplia dispersión en costos. La variabilidad está relacionada con la complejidad del molde, mayor sobreconsumo de materias primas.

Nota. La figura muestra la distribución de las referencias tipo A, B y C según su participación en la producción de moldes entre 2021 y 2025. Fuente: Elaboración propia con datos históricos de órdenes de fabricación (2025).

Los resultados obtenidos evidencian que la mayoría de las referencias presentan una concentración de datos en los primeros rangos de los histogramas, lo que indica que los costos de fabricación tienden a agruparse en valores bajos o medios dentro del rango total analizado. Esto sugiere que, en general, los procesos de fabricación de moldes mantienen cierta estabilidad en sus costos, aunque se presentan casos puntuales con desviaciones significativas.

Se identificó que las referencias de moldes pequeños o de menor complejidad geométrica presentan una dispersión reducida, lo que indica una alta estabilidad en los costos totales. Por el contrario, los moldes de mayor tamaño como los de mesones y lavamanos dobles, muestran una mayor variabilidad en los costos. Esto refleja que, a medida que aumenta el tamaño del molde, también aumenta la probabilidad de desviaciones en el uso de resina, fibra o herrajes, afectando el costo total.

En la mayoría de los casos, los histogramas evidencian asimetría positiva, es decir, una mayor frecuencia de costos en los rangos bajos y una menor frecuencia en los valores altos. Este patrón indica que los sobrecostos o desviaciones importantes ocurren solo en casos aislados, posiblemente asociados a reprocesos, daños o correcciones durante la fabricación.

De manera resumida, se puede concluir que:

- Los moldes pequeños presentan mayor estabilidad y menor dispersión, mientras que los moldes grandes tienden a mostrar mayor variabilidad.

- La tendencia general es hacia la acumulación de datos en los rangos bajos y medios, lo cual sugiere consistencia en los costos, pero con oportunidades de mejora en moldes específicos.
- Los valores atípicos detectados en algunos histogramas corresponden a eventos no estandarizados, como reparaciones, reprocesos o sobreconsumos, que impactan directamente la uniformidad del costo total.

5.2. Clasificación y selección de referencias de moldes mediante análisis ABC-Pareto

Análisis clasificación ABC de las referencias Pareto de moldes de Firplak

Para el cumplimiento del segundo objetivo específico, se realizó un análisis ABC-Pareto con base en las órdenes de fabricación registradas entre 2021 y 2025. Se analizaron un total de 65 referencias de moldes, tomando como variable el número de órdenes de fabricación (OF) asociadas a cada referencia.

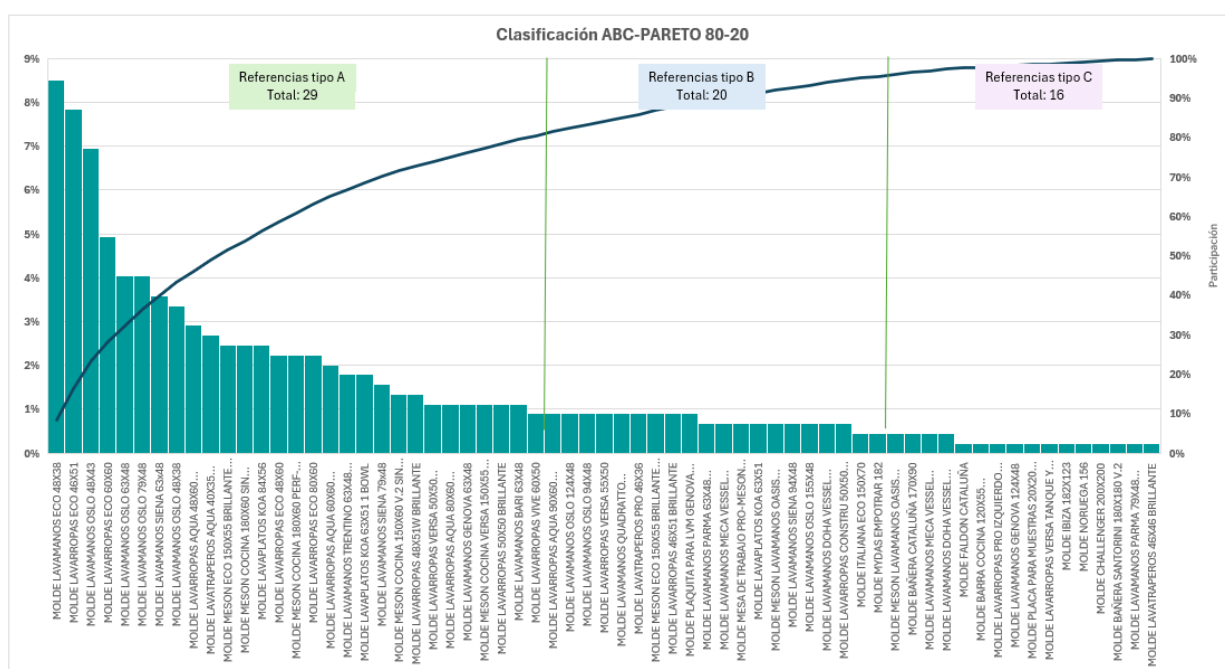


Figura 2

Clasificación ABC de las referencias de moldes de Firplak

Nota. La figura muestra la distribución de las referencias tipo A, B y C según su participación en la producción de moldes entre 2021 y 2025. Fuente: Elaboración propia con datos históricos de órdenes de fabricación (2025).

El método ABC permitió clasificar las referencias según su nivel de participación acumulada, siguiendo la regla 80-15-5 propuesta por Pareto, la cual establece que un pequeño número de referencias concentra la mayor proporción de la demanda total.

Los resultados obtenidos (Figura 1) muestran la siguiente distribución:

- 29 referencias tipo A, que representan aproximadamente el 80 % del total acumulado de participación. Estas referencias son las de mayor rotación y se consideran prioritarias para la estandarización de consumos.
- 20 referencias tipo B, que concentran cerca del 15 % del total. Corresponden a moldes de producción intermedia o específica.
- 16 referencias tipo C, que agrupan el 5 % restante, con baja frecuencia de fabricación y escasa incidencia económica.

Este comportamiento confirma la existencia del principio de Pareto en la planta de moldes: una minoría de referencias concentra la mayor parte del volumen productivo, lo que justifica enfocar los esfuerzos de control y estandarización en las referencias tipo A.

5.3. Selección de referencias prioritarias

A partir de los resultados del análisis ABC, se seleccionaron las seis referencias tipo A con mayor frecuencia de fabricación y relevancia económica para el desarrollo de las listas de materiales (BOM). Estas referencias representan los moldes de mayor rotación en la planta de moldes.

La selección de estas referencias se hizo mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, de acuerdo con el diseño muestral definido en la metodología. Este enfoque se eligió porque el propósito del estudio no es obtener resultados generalizables para toda la población de moldes, sino profundizar en aquellas referencias que son más representativas del proceso y que cuentan con más información.

Para definir la muestra se tuvieron en cuenta tres aspectos principales: la relevancia económica de cada referencia dentro del análisis ABC-Pareto, la frecuencia de fabricación según

las órdenes registradas entre 2021 y 2025, y la disponibilidad de datos históricos suficientes para calcular consumos promedio y establecer parámetros reales de estandarización.

De esta forma, se priorizaron los moldes que reflejan las condiciones más comunes del proceso y los que aportan mayor valor económico a la planta. Trabajar sobre estas seis referencias garantiza que los resultados sean aplicables y útiles para la definición de las listas de materiales (BOM) que se presentarán en el siguiente apartado.

La Tabla 3 presenta los límites inferior y superior de costos totales obtenidos para cada referencia, calculados a partir de los datos históricos de las órdenes de fabricación. Estos valores definen los rangos de variación aceptables, dentro de los cuales deben encontrarse los costos de fabricación de futuras órdenes para considerarse dentro de control.

Tabla 3

Límites de costos totales por referencia seleccionada para la definición de la BOM

Referencia	Límite inferior	Límite superior
Molde Lavamanos Eco 48x38	\$ 447.891	\$ 585.547
Molde Lavarropas Eco 46x51	\$ 652.098	\$ 772.228
Molde Lavamanos Oslo 48x43	\$ 593.637	\$ 727.145
Molde Lavamanos Oslo 48x38	\$ 436.360	\$ 539.252
Molde Lavarropas Eco 60x60	\$ 772.319	\$ 932.996
Molde Mesón 180x60 sin perforación	\$ 1.592.000	\$ 1.756.265

Nota. Muestra los rangos de variación en costos de las seis referencias tipo A utilizadas para definir las listas de materiales estándar. Fuente: Elaboración propia (2025).

5.3.1. Análisis interpretativo

El análisis de límites de costo muestra que las seis referencias seleccionadas presentan rangos de variabilidad amplios, especialmente en los moldes de mayor tamaño, como el mesón Versa 150x55, donde la diferencia entre los límites inferior y superior supera los \$ 100.000. por el contrario, los lavamanos y lavarropas pequeños presentan rangos más estrechos, lo que refleja mayor consistencia en los consumos de materia prima y estabilidad del proceso.

Estos valores servirán como punto de partida para la definición de las listas de materiales estandarizadas (BOM). En la implementación, las órdenes de fabricación futuras deberán mantener sus costos dentro de estos rangos, de manera que cualquier desviación significativa permita detectar sobreconsumos o variaciones no controladas.

5.4. Definición de la Bill of Materials (BOM) para moldes seleccionados

Se construyeron y validaron las listas de materiales (Bill of Materials - BOM) correspondientes a las seis referencias de moldes tipo A seleccionadas en la etapa anterior. Estas listas no abarcan todos los moldes fabricados en la planta, sino aquellas referencias de mayor rotación e impacto económico, con el propósito de estandarizar los consumos y reducir la variabilidad en el uso de materias primas.

La elaboración de las BOM se basó en el análisis estadístico desarrollado previamente, el cual permitió determinar los límites inferiores y superiores de costos por referencia. A partir de estos rangos, se revisaron los registros históricos de consumo correspondientes al periodo 2021–2025, seleccionando las órdenes de fabricación que se encontraban dentro de dichos límites, es decir, aquellas que representaban un comportamiento estable y controlado.

Posteriormente, para cada una de las seis referencias se analizaron los consumos reales de materias primas registrados en las órdenes de fabricación seleccionadas, calculando promedios representativos y valores modales para definir las cantidades estándar. En este proceso se validaron un total de:

- 12 órdenes para el molde Lavamanos ECO 48×38.
- 9 órdenes para el molde Lavarropas ECO 46×51.
- 8 órdenes para el molde Lavamanos OSLO 48×43.
- 8 órdenes para el molde Lavamanos OSLO 48×38.
- 8 órdenes para el molde Lavarropas ECO 60×60.
- 6 órdenes para el Mesón 180×60.

Las cantidades consolidadas fueron contrastadas mediante observación directa en planta y validación con el supervisor de área, líder del proceso y operarios especializados del proceso (soldadura, laminación y modelado). Esta verificación permitió confirmar que los insumos y proporciones empleadas coincidían con la práctica operativa real.

El resultado de este proceso fue la definición de seis listas de materiales estandarizadas, que establecen las cantidades de cada materia prima requeridas para fabricar un molde completo. Para preservar la confidencialidad de la información técnica, las tablas consolidadas incluyen únicamente los campos de código SAP, unidad de medida, cantidad requerida y costo total por orden, omitiendo la descripción de los materiales y los costos unitarios.

Estas BOM servirán como referencia oficial para el control de consumos en la planta de moldes, y su implementación permitirá:

- Homogeneizar el uso de resina, gelcoat, fibra de vidrio y cargas minerales entre órdenes de una misma referencia.

- Detectar desviaciones mayores al ± 5 % respecto al estándar definido.
- Establecer una base para futuras auditorías y para el sistema de picking interno propuesto en el siguiente apartado.

A continuación, se presentan las tablas consolidadas con las listas de materiales definidas para las seis referencias seleccionadas, derivadas del análisis de las órdenes de fabricación incluidas en el archivo Resumen OF (2025).

Tabla 4*Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde Lavamanos ECO 48x38*

Código SAP	Unidad	Cantidad	Costo total
CMOL01-0128-000-0000	m	1	\$ 750
CMOL01-0072-000-0000	m	1	\$ 4.600
CMOL01-0110-000-0000	kg	2	\$ 29.286
CMOL01-0015-000-0000	m	1,28	\$ 9.307
CMOL01-0018-000-0000	m	0,4	\$ 8.472
CMPD02-0004-000-0000	kg	3	\$ 3.498
CMOL01-0113-000-0000	un	1	\$ 8.068
PGEL01-0003-000-0100	kg	0,8	\$ 15.212
CMOL01-0105-000-0000	kg	0,9	\$ 86.850
CIPR01-0024-000-0000	m	0,5	\$ 2.850
CMOL01-0024-000-0000	g	290	\$ 3.267
CMPD03-0001-000-0000	g	2300	\$ 13.055
CMOL01-0030-000-0000	m	4	\$ 48.889
CMOL01-0084-000-0000	m	1,4	\$ 14.709
CMPD01-0016-000-0000	g	240	\$ 8.447
CMOL01-0033-000-0000	m	1,4	\$ 3.831
CMOL01-0106-000-0000	kg	9,8	\$ 185.494
CMPD03-0002-000-0000	kg	0,7	\$ 3.259
CMOL01-0127-000-0000	m	0,08	\$ 1.367
COMP02-0040-000-0000	m	4,47	\$ 19.751
CMOL01-0056-000-0000	m	1,52	\$ 5.951
CMOL01-0081-000-0000	kg	0,13	\$ 11.607
COSTO TOTAL MOLDE			\$ 488.519

Nota. Los códigos SAP presentados en la tabla corresponden a materias primas utilizadas en la fabricación del molde lavamanos ECO 48x38. Cada código está asociado a una descripción específica. Las unidades, cantidades y costos totales representan los valores estandarizados definidos para esta referencia.

El costo total consolidado para la fabricación del molde lavamanos ECO 48x38 fue de \$488.519, valor que se encuentra dentro del rango establecido entre \$447.891 y \$585.547. Esto confirma la coherencia de la lista de materiales y evidencia un comportamiento estable y controlado en los consumos.

Tabla 5*Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde Lavarropas ECO 46x51*

Código SAP	Unidad	Cantidad	Costo total
CMOL01-0128-000-0000	m	1	\$ 750
CMOL01-0072-000-0000	m	1	\$ 4.600
CMOL01-0110-000-0000	kg	3	\$ 43.929
CMOL01-0015-000-0000	m	1,28	\$ 9.307
CMOL01-0018-000-0000	m	0,4	\$ 8.472
CMPD02-0004-000-0000	kg	3	\$ 3.498
CMOL01-0113-000-0000	un	1	\$ 8.068
PGEL01-0003-000-0100	kg	1,2	\$ 22.818
CMOL01-0105-000-0000	kg	1,2	\$ 115.800
CIPR01-0024-000-0000	m	0,5	\$ 2.850
CMOL01-0024-000-0000	g	300	\$ 3.380
CMPD03-0001-000-0000	g	2750	\$ 15.609
CMOL01-0030-000-0000	m	4,6	\$ 56.222
CMOL01-0084-000-0000	m	1,48	\$ 15.550
CMPD01-0016-000-0000	g	230	\$ 8.095
CMOL01-0033-000-0000	m	3,28	\$ 8.976
CMOL01-0106-000-0000	kg	13	\$ 246.064
CMPD03-0002-000-0000	kg	1,4	\$ 6.517
CMOL01-0127-000-0000	m	0,08	\$ 1.367
COMP02-0040-000-0000	m	4,99	\$ 22.049
CMOL01-0056-000-0000	m	3,8	\$ 14.877
CMOL01-0081-000-0000	kg	0,17	\$ 15.178
COSTO TOTAL MOLDE			\$ 633.974

Nota. Los códigos SAP presentados en la tabla corresponden a materias primas utilizadas en la fabricación del molde lavarropas ECO 46X51. Cada código está asociado a una descripción específica. Las unidades, cantidades y costos totales representan los valores estandarizados definidos para esta referencia.

El costo total consolidado del molde lavarropas ECO 46x51 es de \$633.974, ubicándose dentro del rango de variación comprendido entre \$652.098 y \$772.228. Este resultado evidencia que los consumos promedio de materias primas se mantienen dentro de los límites definidos, reflejando un proceso estable y repetitivo.

Tabla 6

Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde Lavamanos OSLO 48X43

Código SAP	Unidad	Cantidad	Costo total
CMOL01-0128-000-0000	m	1	\$ 750
CMOL01-0072-000-0000	m	1	\$ 4.600
CMOL01-0110-000-0000	kg	2	\$ 29.286
CMOL01-0015-000-0000	m	1,28	\$ 9.307
CMOL01-0018-000-0000	m	0,34	\$ 7.201
CMPD02-0004-000-0000	kg	2,75	\$ 3.206
CMOL01-0113-000-0000	un	1	\$ 8.068
PGEL01-0003-000-0100	kg	1,2	\$ 22.818
CMOL01-0105-000-0000	kg	1,1	\$ 106.150
CIPR01-0024-000-0000	m	0,5	\$ 2.850
CMOL01-0024-000-0000	g	300	\$ 3.380
CMPD03-0001-000-0000	g	2800	\$ 15.893
CMOL01-0030-000-0000	m	4,32	\$ 52.800
CMOL01-0084-000-0000	m	2,44	\$ 25.636
CMPD01-0016-000-0000	g	200	\$ 7.039
CMOL01-0033-000-0000	m	3,36	\$ 9.195
CMOL01-0106-000-0000	kg	11,8	\$ 223.350
CMPD03-0002-000-0000	kg	0,75	\$ 3.491
CMOL01-0127-000-0000	m	0,06	\$ 1.025
COMP02-0040-000-0000	m	4,47	\$ 19.751
CMOL01-0056-000-0000	m	3,76	\$ 14.720
CMOL01-0081-000-0000	kg	0,2	\$ 17.856
COSTO TOAL MOLDE			\$ 588.373

Nota. Los códigos SAP presentados en la tabla corresponden a materias primas utilizadas en la fabricación del molde lavamanos OSLO 48x43. Cada código está asociado a una descripción específica. Las unidades, cantidades y costos totales representan los valores estandarizados definidos para esta referencia.

El molde lavamanos OSLO 48x43 presentó un costo total de \$588.373, valor que se mantiene dentro del rango previsto entre \$593.637 y \$727.145. La BOM estandarizada evidencia coherencia entre los datos históricos y la práctica operativa en planta, con una desviación mínima respecto al promedio.

Tabla 7

Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde Lavamanos OSLO 48X38

Código SAP	Unidad	Cantidad	Costo total
CMOL01-0128-000-0000	m	1	\$ 750
CMOL01-0072-000-0000	m	1	\$ 4.600
CMOL01-0110-000-0000	kg	1	\$ 14.643
CMOL01-0015-000-0000	m	1,24	\$ 9.016
CMOL01-0018-000-0000	m	0,4	\$ 8.472
CMPD02-0004-000-0000	kg	3	\$ 3.498
CMOL01-0113-000-0000	un	1	\$ 8.068
PGEL01-0003-000-0100	kg	1,2	\$ 22.818
CMOL01-0105-000-0000	kg	0,9	\$ 86.850
CIPR01-0024-000-0000	m	0,5	\$ 2.850
CMOL01-0024-000-0000	g	270	\$ 3.042
CMPD03-0001-000-0000	g	2500	\$ 14.190
CMOL01-0030-000-0000	m	2,8	\$ 34.222
CMOL01-0084-000-0000	m	3,12	\$ 32.780
CMPD01-0016-000-0000	g	250	\$ 8.799
CMOL01-0033-000-0000	m	1,32	\$ 3.612
CMOL01-0106-000-0000	kg	10,5	\$ 198.744
CMPD03-0002-000-0000	kg	0,92	\$ 4.283
CMOL01-0127-000-0000	m	0,06	\$ 1.025
COMP02-0040-000-0000	m	4,1	\$ 18.117
CMOL01-0056-000-0000	m	3,26	\$ 12.763
CMOL01-0081-000-0000	kg	0,13	\$ 11.607
COSTO TOTAL MOLDE			\$ 504.748

Nota. Los códigos SAP presentados en la tabla corresponden a materias primas utilizadas en la fabricación del molde Lavamanos OSLO 48x38. Cada código está asociado a una descripción específica. Las unidades, cantidades y costos totales representan los valores estandarizados definidos para esta referencia.

El costo total del molde lavamanos OSLO 48X38 fue de \$495.000, dentro del rango de \$436.360 a \$539.252 establecido como referencia estadística. Esta correspondencia confirma la estabilidad del proceso de fabricación y la correcta estimación de materiales en la BOM.

Tabla 8

Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde Lavarropas ECO 60X60

Código SAP	Unidad	Cantidad	Costo total
CMOL01-0128-000-0000	m	2	\$ 1.500
CMOL01-0072-000-0000	m	2	\$ 9.200
CMOL01-0110-000-0000	kg	3	\$ 43.929
CMOL01-0015-000-0000	m	1,24	\$ 9.016
CMOL01-0018-000-0000	m	0,54	\$ 11.437
CMPD02-0004-000-0000	kg	3	\$ 3.498
CMOL01-0113-000-0000	un	2	\$ 16.136
PGEL01-0003-000-0100	kg	1,3	\$ 24.719
CMOL01-0105-000-0000	kg	2	\$ 193.000
CIPR01-0024-000-0000	m	1	\$ 5.700
CMOL01-0024-000-0000	g	500	\$ 5.633
CMPD03-0001-000-0000	g	3600	\$ 20.433
CMOL01-0030-000-0000	m	2,68	\$ 32.755
CMOL01-0084-000-0000	m	2,32	\$ 24.375
CMPD01-0016-000-0000	g	300	\$ 10.559
CMOL01-0033-000-0000	m	2,98	\$ 8.155
CMOL01-0106-000-0000	kg	18,8	\$ 355.846
CMPD03-0002-000-0000	kg	1,65	\$ 7.681
CMOL01-0127-000-0000	m	0,08	\$ 1.367
COMP02-0040-000-0000	m	5,72	\$ 25.275
CMOL01-0056-000-0000	m	3,8	\$ 14.877
CMOL01-0081-000-0000	kg	0,25	\$ 22.320
COSTO TOTAL MOLDE			\$ 847.412

Nota. Los códigos SAP presentados en la tabla corresponden a materias primas utilizadas en la fabricación del molde Lavarropas ECO 60x60. Cada código está asociado a una descripción específica. Las unidades, cantidades y costos totales representan los valores estandarizados definidos para esta referencia.

El costo total obtenido para el molde lavarropas ECO 60x60 fue de \$847.412, valor comprendido entre el límite inferior de \$772.319 y el superior de \$932.996. Esto demuestra la consistencia de los consumos promedio y la validez de la lista de materiales estandarizada.

Tabla 9

Lista de materiales (BOM) estandarizada - Molde MESÓN 180X60 SIN PERF

Código SAP	Unidad	Cantidad	Costo total
CMOL01-0110-000-0000	kg	4	\$ 58.572
CMOL01-0015-000-0000	m	3,18	\$ 23.122
CMOL01-0018-000-0000	m	0,4	\$ 8.472
CMPD02-0004-000-0000	kg	8,5	\$ 9.911
CMOL01-0029-000-0000	un	1	\$ 8.203
PGEL01-0003-000-0100	kg	2,5	\$ 47.537
CMOL01-0105-000-0000	kg	3,1	\$ 299.150
CMOL01-0024-000-0000	g	580	\$ 6.534
CMPD03-0001-000-0000	g	8600	\$ 48.813
CMOL01-0030-000-0000	m	10,27	\$ 125.522
CMOL01-0084-000-0000	m	5,6	\$ 58.836
CMPD01-0016-000-0000	g	565	\$ 19.885
CMOL01-0033-000-0000	m	4	\$ 10.946
CMOL01-0106-000-0000	kg	41	\$ 776.047
CMPD03-0002-000-0000	kg	1,85	\$ 8.612
CMOL01-0127-000-0000	m	0,08	\$ 1.367
COMP02-0040-000-0000	m	17,21	\$ 76.045
CMOL01-0056-000-0000	m	5,2	\$ 20.358
CMOL01-0081-000-0000	kg	0,37	\$ 33.034
COSTO TOAL MOLDE			\$ 1.640.967

Nota. Los códigos SAP presentados en la tabla corresponden a materias primas utilizadas en la fabricación del molde Mesón 180x60 sin perforación. Cada código está asociado a una descripción específica. Las unidades, cantidades y costos totales representan los valores estandarizados definidos para esta referencia.

El costo total para el molde Mesón 180x60 sin perforación fue de \$1.640.967, valor ubicado dentro del intervalo definido entre \$1.592.000 y \$1.756.265. Aunque este tipo de molde presenta mayor complejidad y superficie, el resultado confirma que los consumos se mantienen dentro de los límites aceptables.

En términos generales, las seis listas de materiales (BOM) definidas se encuentran dentro de los límites de costos establecidos en el análisis estadístico, lo que evidencia consistencia en

los consumos y viabilidad para su adopción como estándares de fabricación. Estas BOM servirán como base para la validación continua de los consumos reales y como insumo directo para la propuesta de sistema de picking presentada en el siguiente apartado.

5.4.1. Organigrama general de materiales definidos para la fabricación de moldes

El organigrama presenta la estructura jerárquica de la Bill of Materials (BOM) consolidada a partir de las seis referencias tipo A analizadas. En él se representan los niveles de componentes y subcomponentes que intervienen en la fabricación de un molde, organizados según su función dentro del proceso: materiales de superficie, estructurales, de refuerzo y complementarios. Esta representación permite visualizar la relación entre las diferentes categorías de insumos y su dependencia jerárquica dentro del sistema de producción.

El organigrama de materiales permite comprender de forma global la estructura técnica de la Bill of Materials (BOM) estandarizada. Su consolidación evidencia la relación funcional entre los insumos utilizados en la fabricación de moldes y facilita la trazabilidad de los consumos.

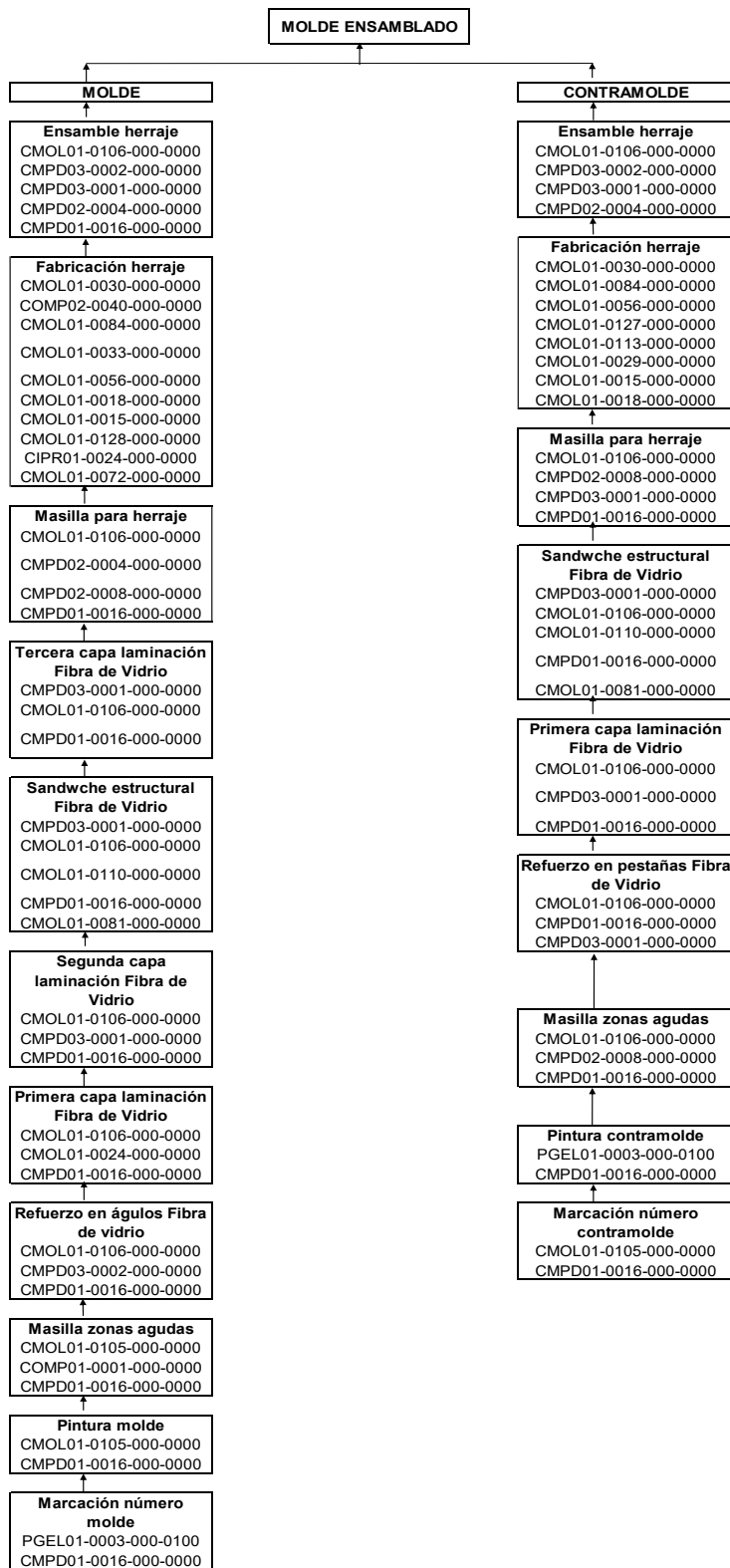


Figura 3

Organigrama general de materiales definidos para los moldes seleccionados

Nota. Los códigos están asociados a las materias primas empleadas en cada fase del proceso. Las etapas son ascendentes y reflejan la secuencia necesaria para fabricar un molde completo.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.Propuesta de Sistema de Abastecimiento Interno Basado en Picking en la Planta de Moldes Firplak S.A.

5.5.1. Enfoque general del sistema

Se plantea un sistema de suministro interno mixto, que combina un elemento manual y otro digital, diseñado para asegurar el control y seguimiento del gasto de materias primas mientras se hacen moldes.

El componente manual involucra la preparación física de materiales, así como el registro de lo consumido en las órdenes de fabricación OF por el personal de la planta, respetando las listas de materiales estandarizadas BOM. Este registro posibilita mantener la relación entre los materiales realmente usados y los que marca el estándar.

El componente digital, por otro lado, contiene la introducción del gasto registrado en la aplicación Control de piso de moldes, lugar donde la información se consolida y se garantiza el seguimiento de cada orden. Después, estos datos son llevados al sistema SAP, para efectuar el registro formal de las salidas de materia prima asociadas a cada OF.

Este modelo mixto une la autonomía vigilada de los operarios con la auditoría digital y trazabilidad automatizada, balanceando la productividad en la planta, previniendo desperdicios y confirmando la congruencia entre el gasto real y los estándares fijados en las BOM.

5.5.2. Objetivo del sistema

Asegurar el control, trazabilidad y coherencia en el consumo de materias primas dentro del proceso de fabricación de moldes, mediante un sistema de picking guiado, registros estandarizados y auditoría integral de las OF cerradas, reduciendo variabilidad y sobreconsumos.

5.5.3. Flujo operativo propuesto para el abastecimiento interno de materias primas en moldes

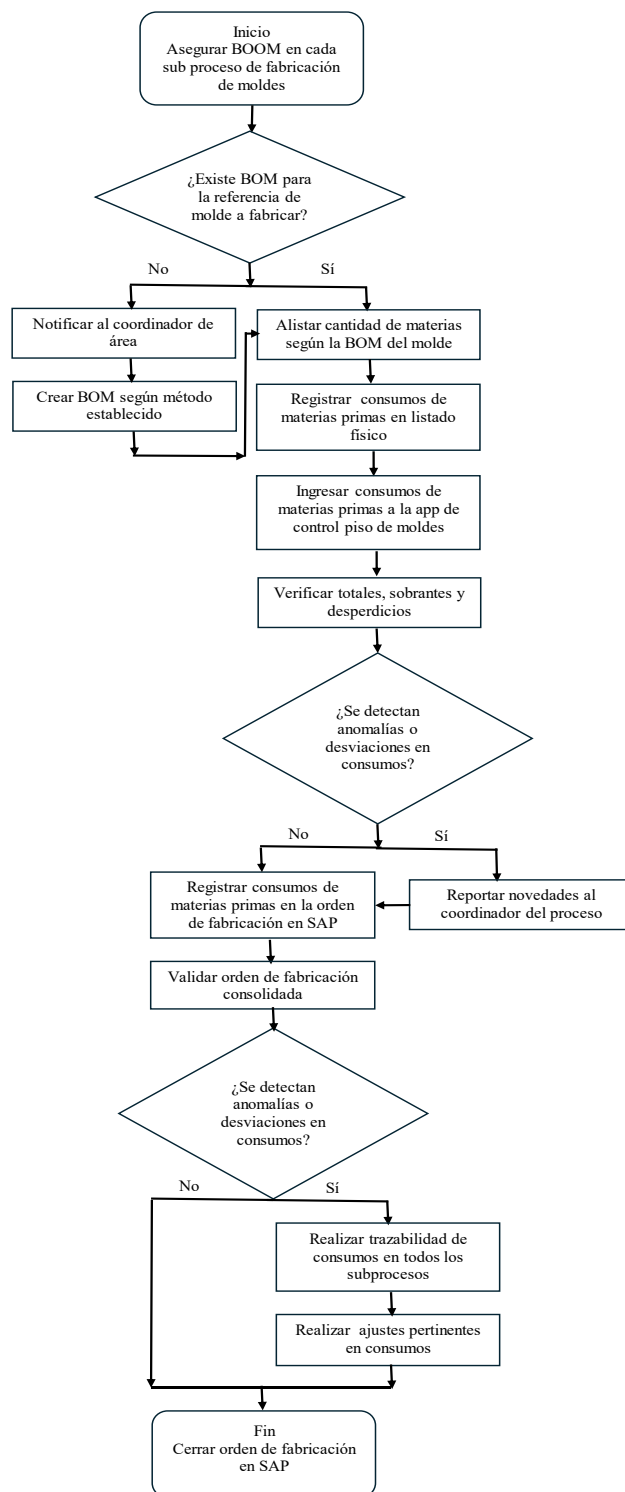


Figura 4

Flujograma abastecimiento interno de materias primas para la fabricación de moldes

Nota. El flujograma muestra las etapas de análisis, validación y estandarización de la lista de materiales empleada en la fabricación de moldes en la planta de Firplak S.A. Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 10

Roles y responsabilidades del sistema de abastecimiento interno

Rol	Responsabilidades clave
Operario de control de materias primas	Alista las materias primas para la fabricación de moldes según la BOM de cada referencia, digita los registros en la app control de piso de moldes, audita semanalmente las OF cerradas, verifica coherencia de consumos, informa anomalías al Coordinador.
Operario de fabricación de moldes	Alista y consume las materias primas de acuerdo con la guía estándar y registra los datos en su cuaderno. Es responsable de la exactitud del dato.
Coordinador de planta de moldes	Supervisa cumplimiento del registro, atiende reportes de anomalías, digita OF en sistema SAP, valida ajustes en las BOM y reporta indicadores de consumo.
Supervisor de producción	Socializa indicadores semanales de consumo en planta y realiza seguimiento de auditorías en conjunto con coordinador.

Nota. La tabla describe los roles y responsabilidades definidos para la operación y control del sistema de abastecimiento interno en la planta de moldes de Firplak S.A. Cada actor cumple funciones específicas orientadas a garantizar la trazabilidad, coherencia y auditoría del consumo de materias primas dentro del proceso productivo. Fuente: Elaboración propia (2025).

5.5.4. Integración con la aplicación Control de piso de moldes

El registro digital en la aplicación permite consolidar en tiempo real: Fecha de consumo, responsable, materia prima, cantidad, número de molde-serie.

A partir de esta base de datos, se podrán calcular los indicadores de desempeño (KPI) y generar alertas automáticas de desviaciones.

5.5.5. Digitación de lista de materiales en SAP

El coordinador del área es responsable de registrar manualmente en SAP las salidas de materias primas asociadas a la orden de fabricación (OF), garantizando la coherencia entre los consumos reales y los datos registrados en planta.

5.5.6. Auditoría semanal de órdenes de fabricación

La revisión que realiza el Operario de Control de Materias Primas incluirá los siguientes puntos:

Tabla 11

Criterios auditoría semanal de consumos y registros de materias primas de moldes

Aspecto	Criterio de verificación
Consolidado de MP de la OF	Todas las etapas del proceso completadas.
Correspondencia de la OF con BOM	Los materiales registrados coinciden con los definidos.
Coherencia de cantidades	Las variaciones no superan el ± 10 % del estándar.
Trazabilidad	Cuaderno de registro completo por molde, registro en la app de control de piso de moldes, registro de la OF en SAP.

Aspecto	Criterio de verificación
Observación	Identificar anomalías en el proceso y notificar al coordinador del proceso las inconsistencias detectadas.

Nota. Los criterios establecidos orientan la verificación de las órdenes de fabricación y de los consumos registrados, asegurando la coherencia entre la información, la lista de materiales y las condiciones reales del proceso en planta. Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 12

Indicadores de control propuestos

Indicador	Descripción	Meta
% OF auditadas vs cerradas	$OF \text{ auditadas} / OF \text{ cerradas} \times 100$	100 %
% OF coherentes	$OF \text{ sin desviaciones} / OF \text{ auditadas} \times 100$	$\geq 95 \%$
Desviación promedio de consumo	$(\text{Real} - \text{Estándar}) / \text{Estándar} \times 100$	$\leq \pm 10 \%$

Nota. Los indicadores propuestos permiten evaluar la efectividad del sistema de control y auditoría de consumos, facilitando la detección de desviaciones y la mejora del proceso productivo en la planta de moldes. Fuente: Elaboración propia (2025).

6. Conclusiones

El desarrollo de este trabajo permitió que la planta de moldes de Firplak identificara con precisión cuáles son sus referencias más representativas y de mayor rotación, reafirmando la importancia de mantener un control más riguroso sobre ellas. Estas referencias concentran gran parte del consumo de materias primas, por lo que ejercer un control estandarizado sobre su fabricación contribuye directamente a reducir desperdicios, sobreconsumos y ajustes frecuentes en los inventarios cíclicos.

Se reconoce que en todo proceso productivo es natural la existencia de cierta variabilidad y ajustes de inventario; sin embargo, al contar con listas de materiales (BOM) definidas y un sistema de abastecimiento interno que combine componentes manuales y digitales, es posible disminuir de manera significativa dicha variabilidad y mantener la coherencia entre los consumos reales y los estándares definidos.

Este trabajo brindó a la empresa la oportunidad de iniciar un proceso de estandarización en la fabricación de moldes, estableciendo consumos promedio basados en datos históricos y validados directamente en planta con el acompañamiento del supervisor y los operarios del proceso. Como resultado, se consolidaron listas de materiales realistas, aplicables y alineadas con las prácticas operativas, que sirven como punto de partida para fortalecer el control de inventarios, mejorar la trazabilidad de los consumos y optimizar los recursos en la planta.

En conjunto, la integración entre la Bill of Materials (BOM) y el sistema de picking interno representa un avance hacia la madurez del proceso productivo de moldes, ya que permite transformar el consumo de materias primas en un sistema controlado, medible y trazable, con beneficios tangibles en eficiencia, calidad y costos.

7. Recomendaciones

Se recomienda que la empresa adopte formalmente las listas de materiales (BOM) estandarizadas desarrolladas en este trabajo y las utilice como base para las órdenes de fabricación de las referencias seleccionadas.

Igualmente, se sugiere continuar con la estandarización del resto de referencias de moldes, extendiendo progresivamente la metodología aplicada, de modo que la mayoría de los productos fabricados cuenten con consumos definidos y verificables.

Es importante aclarar que las listas de materiales no deben considerarse una “camisa de fuerza”. Por el contrario, son herramientas dinámicas que pueden y deben ajustarse conforme se validen mejoras en los consumos, se optimicen procesos o se presenten cambios en las materias primas y proveedores. Se recomienda realizar revisiones periódicas para actualizar las BOM, asegurando que reflejen siempre las condiciones reales del proceso y las oportunidades de mejora detectadas.

Finalmente, se sugiere mantener el sistema mixto de abastecimiento interno (manual y digital), fortaleciendo los registros en la aplicación Control de piso de moldes y garantizando auditorías semanales que verifiquen la coherencia entre los consumos reales y los estándares definidos.

8. Referencias

- Agapay-Bigcas, M., Mariñas, K. A. A., Young, M. N., Prasetyo, Y. T., Jou, Y.-T., & Persada, S. F. (2022). Material variance reduction through Six Sigma approach. In Proceedings of the 3rd South American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM), Asunción, Paraguay (pp. 259–266). IEOM Society.
<https://ieomsociety.org/proceedings/2022paraguay/69.pdf>
- Ahmadi Keshavarz, A. R., Jaafari, D., Khalaj, M., & Dokouhaki, P. (2021). A survey of the literature on order-picking systems by combining planning problems. Applied Sciences, 11(22), Article 10641. <https://doi.org/10.3390/app112210641>
- Aldahmani, E., Alzubi, A., & Iyiola, K. (2024). Demand forecasting in supply chain using uni-regression deep approximate forecasting model. Applied Sciences, 14(18), 8110.
<https://doi.org/10.3390/app14188110>
- Assessing Inventory Strategies on Business Performance among Food Manufacturing Enterprises. (2024). International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS), 8(1), 698–707. <https://rsisinternational.org/journals/ijriss/articles/assessing-inventory-strategies-on-business-performance-among-food-manufacturing-enterprises/>
- Chen, J., Xiao, Y., Wang, G., & Guo, B. (2023). Research on the integrated management and mapping method of BOM multi-view for complex products. Mathematical Biosciences and Engineering, 20(7), 12682–12699. <https://doi.org/10.3934/mbe.2023565>
- Congreso de la República de Colombia. (2022, 7 de julio). Ley 2232 de 2022: Por medio de la cual se establecen medidas para la reducción gradual de la producción y consumo de plásticos de un solo uso. Diario Oficial No. 52.106.

<https://www.andi.com.co/Uploads/LEY%202232%20DE%2007%20DE%20JULIO%20DE%202022.pdf>

Deming, W. E. (1989). Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis. Ediciones Díaz de Santos s.a.

Escalante Lago, A., & González Zúñiga, J. F. D. (2020). Ingeniería industrial: Métodos y tiempos con manufactura ágil (1.^a ed.). Alfaomega Grupo Editor.

https://api.pageplace.de/preview/DT_0400.9786076225028_A43649319/preview-9786076225028_A43649319.pdf

Fager, P., Hanson, R., Medbo, L., & Johansson, M. I. (2021).

Links between kit quality and kit preparation design. International Journal of Production Research, 59(18), 5525–5539. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1785035>

Fedtke, S., Boysen, N., & Schumacher, P. (2023).

In-line kitting for part feeding of assembly lines: Workload balancing and storage assignment to reduce the workers' walking effort. OR Spectrum, 45(3), 717–758.

<https://doi.org/10.1007/s00291-023-00723-1>

Fedtke, Stefan; Boysen, Nils; Schumacher, Patrick (2023) : In-line kitting for part feeding of assembly lines: workload balancing and storage assignment to reduce the workers' walking effort, OR Spectrum, ISSN 1436-6304, Springer, Berlin, Heidelberg, Vol. 45, Iss. 3, pp. 717-758. <https://doi.org/10.1007/s00291-023-00723-1>

Firplak. (s.f.). Acerca de Firplak . <https://www.firplak.com/>

ICONTEC. (1975). NTC 982: Películas y bolsas plásticas. Determinación de propiedades mecánicas mediante ensayos de caída. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. <https://es.scribd.com/document/521876346/NTC-982>

- ICONTEC. (2007). NTC 3717: Envases plásticos termoformados desechables para uso industrial. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
<https://es.scribd.com/document/455741581/202152569-NTC3717-Envases-Plasticos-Termo-Formados-pdf>
- ICONTEC. (2014). NTC 595: Método de ensayo para la determinación de propiedades a tensión en plásticos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
<https://apandales4.files.wordpress.com/2014/02/ntc5951.pdf>
- International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering (IJISAE). (2024). Best practices in bill of materials (BOM) management for complex products. IJISAE, 12(3), 1006–1014. <https://www.ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/3662/1711>
- Karničar Šenk, M., & Roblek, M. (2019). The impact of the standardization of the NPD process on its efficiency. *Journal of Business Economics and Management*, 20(1), 149–167.
<https://doi.org/10.3846/jbem.2019.8318>
- Kourtis, G. K., Hvam, L., Fernandez Correa, M., & Johnsen, S. (2025). Visualizing and structuring complex bills of materials: A framework for enhanced engineering operations in custom manufacturing. *Proceedings of the EurOMA 2025 Conference, Milan, Italy*.
<https://orbit.dtu.dk/files/407073580/euromapaper.pdf>
- Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions (LACCEI). (2023). Lean warehousing model: Slotting, Poka-Yoke and standardized work to improve OTIF performance. In *Proceedings of the 21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, Buenos Aires, Argentina*.
https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/papers/Contribution_117_a.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018, 26 de julio). Resolución 1407 de 2018:

Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal, y se toman otras determinaciones. Bogotá,

Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-1407-de-2018/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020, 24 de diciembre). Resolución 1342 de

2020: Por la cual se modifican artículos de la Resolución 1407 de 2018. Bogotá,

Colombia. <https://www.bu.com.co/es/insights/noticias/modificacion-de-la-norma-la-gestion-de-envases-y-empaques>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Directrices técnicas para el manejo de

materiales plásticos recuperados de RAEE y vehículos desintegrados. Bogotá, Colombia.

<https://economiacircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/directrices-tecnicas-para-el-manejo-de-materiales-plasticos-recuperados-de-raee-opt.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2024). Resolución 0803 de 2024: Por la cual se

reglamenta la implementación de la Ley 2232 de 2022. Bogotá, Colombia.

<https://tecapack.com/resolucion-0803-de-2024-el-futuro-del-plastico-de-un-solo-uso-en-colombia/>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). Resolución 683 de 2012: Por la cual se

establecen los requisitos sanitarios para materiales, objetos, envases y equipamientos

destinados a entrar en contacto con alimentos. Bogotá, Colombia.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0683-de-2012.pdf>

- Morales, A., Samosir, K., & Putri, Y. E. (2023). Reduction of raw materials inventory costs: A case study. In Proceedings of the 2023 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM), Manila, Philippines (pp. 7–15). IEOM Society. <https://ieomsociety.org/proceedings/2023manila/168.pdf>
- Mudunuri, L. N. R., & Aragani, V. M. (2024). Gestión de listas de materiales: Garantizando la eficiencia de la producción. *Revista Internacional de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones en Ingeniería*, 12(23s), 1002–1012. <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/7102>
- NNADI, P., & OKO, J. (2021). Lean inventory practices and organizational performance: Evidence from oil and gas firms in Nigeria. *British Journal of Commerce*, 8(3), 123–135. <https://ideas.repec.org/a/bjc/journl/v8y2021i3p123-135.html>
- OpenAI. (2025). ChatGPT (versión GPT-5) [Modelo de lenguaje grande]. OpenAI. <https://chat.openai.com/>
- Panigrahi, R. R., Jena, D., Tandon, D., Meher, J. R., Mishra, P. C., & Sahoo, A. (2021). Inventory management and performance of manufacturing firms. *International Journal of Value Chain Management*, 12(2), 149–170. <https://doi.org/10.1504/IJVCM.2021.116400>
- Sachdeva, N., Adhikari, S., & Prajapati, D. R. (2017). ABC analysis and implementation of EOQ model in a manufacturing industry: A case study. *International Journal of Management, IT and Engineering*, 7(3), 124–140. http://www.ijmra.us/project%20doc/2017/IJMIE_MARCH2017/IJMRA-11298.pdf
- Sánchez-Rodríguez, C., Martínez-Lorente, Á. R., & Clavel, J. G. (2011). An empirical study on the impact of standardization of materials and purchasing procedures on purchasing and business performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 31(3), 336–359. <https://doi.org/10.1108/01443571111111952>

- Srisuk, N. (2020). Warehouse picking operations: Analysis and optimization for internal material supply. *Polish Journal of Management Studies*, 21(2), 333–345. Polish Academy of Sciences. https://journals.pan.pl/Content/116168?format_id=1
- Tate, L., Jones, R., Dennis, D., Benko, T., & Askren, J. (2024). Comparing bills of materials. arXiv preprint arXiv:2411.10384. <https://arxiv.org/pdf/2411.10384>
- U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (2021). Module 2A: Bill of Materials (BOM) and Bill of Process (BOP). https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-07/Module_2A.pdf
- Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). (s. f.). Gestión de inventarios (pp. 5–8, 18–21). https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/541/02_gestion_de_inventario_s.pdf academia.utp.ac.pa
- Vogelwaid, J., Bayer, M., Walz, M., Kutuzova, L., Kandelbauer, A., & Jacob, T. (2024). Process optimization of the morphological properties of epoxy resin molding compounds using response surface design. *Polymers*, 16(8), 1102. MDPI. <https://www.mdpi.com/2073-4360/16/8/1102/pdf>
- <https://ieomsociety.org/proceedings/2021indonesia/92.pdf>
- Łopuszyński, M., Bartoszewski, J., & Gorzeń, A. (2025). Comparative analysis of picking systems in internal logistics: Pick-by-Light, Pick-by-Point, and Pick-by-Paper. *Sensors*, 25(3), 923. MDPI. <https://www.mdpi.com/1424-8220/25/3/923>