

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE  
INVENTARIOS PARA LA EMPRESA VIDRIOS TEMPSE BAJO PARÁMETROS DE  
LEAN MANUFACTURING PARA LA MEJORA CONTINUA DE SUS PROCESOS DE  
GESTIÓN INTERNA**

**YOHAN SEBASTIAN BARRANTES ROCHA  
MIGUEL ANGEL ARIAS CIFUENTES**

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE  
MAGISTER EN GERENCIA INTEGRAL DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

**DIRECTOR  
JAINET ORLANDO BERNAL OROZCO  
MAGISTER EN INGENIERÍA**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE MAESTRIA EN GERENCIA INTEGRAL DE LA CALIDAD Y LA  
PRODUCTIVIDAD  
BOGOTÁ D.C  
2024**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

Nombre  
Firma del Director

---

Nombre  
Firma del Presidente Jurado

---

Nombre  
Firma del Jurado

---

Nombre  
Firma del Jurado

Bogotá D.C enero de 2024

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectoría Académica y de Investigaciones

Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Director del Programa

Msc. Mónica Yinette Suárez Serrano

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
<b>RESUMEN</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>14</b>
1.1 Antecedentes	14
1.2 Preguntas de Investigación	19
1.3 Justificación	19
1.4 Objetivo General	22
1.5 Objetivos Específicos	22
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>24</b>
2.1 Propósitos del Inventario	26
2.2 Costos de los Inventarios	27
2.3 Modelos de Inventarios	29
2.3.1 <i>Modelo de Cantidad Fija de Pedido</i>	31
2.3.2 <i>Modelo de Periodo Fijo</i>	35
2.4 Política de Inventarios	37
2.5 Lean Manufacturing	39
2.5.1 <i>Herramientas Básicas de Lean Manufacturing</i>	40
2.5.2 <i>Matriz de Priorización</i>	48
2.5.3 <i>Microsoft Power Apps</i>	49
2.5.4 <i>Power BI</i>	50
2.5.5 <i>Metodología A3</i>	50
2.5.6 <i>Metodología de las 5 porques</i>	51
<b>3. DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>52</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>55</b>
4.1 Situación actual de la empresa Vidrios Tempse en cuanto al sistema de gestión y control de inventarios de materia prima	56
4.1.1 <i>Proceso para la Elaboración del Vidrio Templado</i>	62
4.1.2 <i>Procesos de la Línea Automotriz</i>	62

4.1.3	<i>Procesos de Línea Arquitectónica</i>	65
4.1.4	<i>Situación Actual</i>	67
4.1.5	<i>Problemas Observados</i>	70
<b>4.2</b>	<b>Modelo de inventarios y herramienta de Lean Manufacturing a aplicar en la empresa Vidrios Tempse</b>	<b>80</b>
4.2.1	<i>Posibles Modelos de Inventarios a Aplicar</i>	81
4.2.2	<i>Evaluación de los Modelos de Inventarios</i>	83
4.2.3	<i>Presuntos Impactos</i>	97
<b>4.3</b>	<b>Sensibilización de las herramientas de Lean Manufacturing</b>	<b>98</b>
4.3.1	<i>Sensibilización en la metodología de 5S</i>	99
4.3.2	<i>Resultados de la sensibilización en 5S</i>	102
4.3.3	<i>Sensibilización de la Metodología de Just in Time</i>	104
<b>4.4</b>	<b>Propuesta de Modelo de Gestión de Inventarios con Apoyo de Herramientas de Lean Manufacturing</b>	<b>108</b>
4.4.1	<i>Herramientas Lean Aplicadas:</i>	110
4.4.2	<i>Beneficios de la Aplicación de Herramientas Lean:</i>	111
4.4.3	<i>Resultados Esperados con Herramientas Lean:</i>	111
4.4.4	<i>Sistema de Gestión de inventarios</i>	112
4.4.5	<i>Procedimiento de Compras</i>	115
4.4.6	<i>Procedimiento de Recepción y Almacenamiento de Materias Primas</i>	117
4.4.7	<i>Código de Producto</i>	119
4.4.8	<i>Propuesta para la Gestión de Inventarios con Power App y Power BI:</i>	121
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>133</b>
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>138</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>145</b>

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. <i>Variables de distribución y abastecimiento</i>	25
Figura 2. <i>Características del modelo Q y P</i>	29
Figura 3. <i>Diagrama de flujo comparativo sobre el sistema de inventario Q y P.</i>	31
Figura 4. <i>Ecuación del costo total de inventarios</i>	32
Figura 5. <i>Costos anuales del producto, con base al tamaño de pedido</i>	33
Figura 6. <i>Cálculo de la cantidad óptima de pedido</i>	34
Figura 7. <i>Ecuación del punto de reorden de inventario</i>	34
Figura 8. <i>Diagrama del modelo de inventario Q</i>	35
Figura 9. <i>Ecuación del modelo de inventarios de periodo fijo</i>	36
Figura 10. <i>Ecuación de la desviación estándar de la demanda</i>	37
Figura 11. <i>Diagrama representativo de las 5S</i>	43
Figura 12. <i>Diagrama de Recorrido del proceso productivo de la empresa Tempse</i>	57
Figura 13. <i>Diagrama de flujo del proceso de transformación</i>	61
Figura 14. <i>Distribución de la producción de vidrio por tipo de servicio</i>	67
Figura 15. <i>Diagrama de Pareto del servicio de templado por espesor</i>	68
Figura 16. <i>Diagrama de Pareto del servicio de corte por espesor</i>	69
Figura 17. <i>Costo de perdida por rotura vs espesor en el año 2022</i>	73
Figura 18. <i>Distribución del momento de la rotura</i>	74
Figura 19. <i>Causa de rotura de mayor frecuencia</i>	75
Figura 20. <i>Representación del tipo de vidrio que tiende a tener mayor cantidad de roturas</i>	76
Figura 21. <i>Distribución de la rotura por ancho del vidrio</i>	77
Figura 22. <i>Distribución de la rotura por la altura del vidrio</i>	78
Figura 23. <i>Clasificación de modelos de inventarios</i>	83
Figura 24. <i>Mapa de flujo de valor del área de moldes</i>	106
Figura 25. <i>Diagrama de Ishikawa sobre las posibles problemáticas de la gestión de los moldes</i>	107
Figura 26. <i>Esquema de la propuesta del sistema de gestión de inventarios</i>	114
Figura 27. <i>Ventana principal de la Power App para el control de inventarios</i>	126

Figura 28. <i>Relación de las entradas por referencias de producto y medida</i>	127
Figura 29. <i>Relación de las salidas por referencias de producto y medida</i>	128
Figura 30. <i>Dashboard de Power BI para el control de inventarios</i>	129

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. <i>Referentes de modelos de inventarios y aplicación de Lean Manufacturing</i>	16
Tabla 2. <i>Comparativo de modelos de inventarios</i>	81
Tabla 3. <i>Tabla de priorización para la elección del modelo de inventario a aplicar</i>	84
Tabla 4. <i>Comparativo de las herramientas de Lean Manufacturing</i>	90
Tabla 5. <i>Comparativo y elección de las herramientas Lean a aplicar</i>	92

## RESUMEN

El presente documento muestra el análisis realizado a la empresa Vidrios Tempse S.A.S la cual no cuenta con un modelo de inventarios sólido acorde a su crecimiento en el sector arquitectónico y automotriz donde prestan el servicio de fabricación y diseño de vidrios templados en estas dos líneas de negocio. Se realizó un acercamiento con la empresa para conocer su contexto, realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa, la segregación de los centros de trabajo y su flujo en el proceso productivo.

Una vez teniendo claridad del proceso de producción interno y el manejo de inventario de la compañía en sus diversas áreas de trabajo se inició una investigación la cual articulaba las metodologías de Lean Manufacturing que unidas con los modelos de inventarios que mejor se adecuaban a la empresa permitiesen generar un impacto positivo en su gestión interna.

Conociendo estas metodologías y modelos con mayor profundidad se realizó una segunda visita con el propósito de sensibilizar a los colaboradores sobre las metodologías de Lean Manufacturing, en este caso 5S y Just in Time y como estas podían ser aplicadas en sus áreas de trabajo, en este caso el enfoque principal se direccionó hacia el área de moldes y materia prima.

De igual forma se realizaron propuestas de mejora de cara a la gestión de inventarios y como al articular las metodologías de Lean Manufacturing se lograrían tener procesos más esbeltos y organizados que pudiesen lidiar con la inclusión de nuevos proyectos o requerimientos simultáneos que no afectaran el cumplimiento oportuno de los compromisos con el cliente.

Finalmente, asociado al sistema de inventario que integra 3 áreas principales como los son compras, materias primas y almacenamiento se aplicaron 2 herramientas de Lean Manufacturing como lo son 5S y Just in Time, como prueba piloto para posterior a ello realizar recomendaciones y ajustes en el almacén de moldes y la gestión de inventarios,

en aras de optimizar los recursos se propuso la inclusión de Microsoft power apps vinculadas con la plataforma de Power BI para tener un mayor seguimiento y control del inventario a su vez del modelo de etiquetado RFID mayormente conocido como identificación por radiofrecuencia que se integrara al modelo propuesto.

**Palabras clave:** modelos de inventarios, Lean Manufacturing, vidrio templado, gestión de inventarios, 5S, Just in Time, Microsoft Power Apps, Power BI, RFID.

## INTRODUCCIÓN

La gestión de inventarios en una organización juega un papel importante en el sentido de que se conoce en tiempo y forma de cuando se debe realizar un pedido de productos para suplir una demanda acorde con los compromisos internos. Esta creencia data de aquellas empresas que viven ceñidas a modelos rutinarios y que no están adeptos al cambio.

En la sociedad actual donde surgen gran cantidad de necesidades de índole tecnológico y que faciliten la vida de los usuarios o clientes finales, se requieren realizar ajustes necesarios con el fin de generar ámbitos de excelencia operacional que permitan adecuarse a las necesidades actuales y futuras, es allí donde cobra una gran fuerza las metodologías de Lean Manufacturing.

Una articulación efectiva de los modelos de Lean Manufacturing que buscan la optimización de los modelos de producción, la eliminación de tareas que no suman valor, la disminución de desperdicios y la mejora continua juegan un papel importante en las organizaciones que quieren orientar sus procesos a la excelencia operacional. Es allí donde la articulación de procesos logra tener un mayor impacto de cara a los proyectos de gran alcance y objetivos futuros concretos.

Con esto en mente se planteó una propuesta de mejora y sensibilización para la gestión de inventarios de la empresa Vidrios Tempse que incluyera las metodologías de Lean Manufacturing y modelos de inventarios con el fin de generar consistencia en los procesos de cara a los compromisos futuros y con esto hubiese una mayor estabilidad para afrontar proyectos a gran escala los cuales se pudieran cumplir y adaptarse de manera oportuna a los cambios.

Finalmente, la generación de espacios que permitan generar sinergia entre los procesos y el reconocimiento de buenas prácticas logra incentivar un cultura sólida y

comprometida con los retos del día a día y así mismo afrontar proyectos de cambio de cara a la mejora gradual y consistente en el tiempo.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Antecedentes

La Industria del vidrio ha dejado un impacto significativo a lo largo del tiempo, siendo un mercado estable y de gran aplicabilidad en diversos campos. Vidrios Tempse ha sabido aprovechar estas oportunidades, principalmente en los sectores automotriz y arquitectónico, manteniendo su presencia. Sin embargo, enfrenta desafíos que limitan su capacidad de perdurar y aumentar sus utilidades, especialmente en áreas como la gestión eficiente de inventarios, recursos y personal.

En este sentido, resulta crucial destacar que, a nivel internacional, Vidriería Porvenir ha enfrentado problemáticas similares y ha considerado modelos que podrían adaptarse a la situación actual de Vidrios Tempse. Uno de estos modelos es el de "cantidad de pedido fijo", que se basa en una demanda constante, tiempo determinado, precios unitarios y costos invariables que permitan suplir las necesidades de cara a el producto. Análogamente el modelo de "periodo fijo" implica realizar pedidos en intervalos regulares de tiempo, enfrentando una demanda variable mientras el tiempo de revisión se mantiene constante (Sanchez, 2020, p. 88).

La experiencia de Vidriería Porvenir y la aplicación de estos modelos brindan una perspectiva relevante para abordar los desafíos presentes en Vidrios Tempse. Estos modelos ofrecen soluciones factibles que podrían ayudar a mejorar la gestión de inventarios, recursos y personal, y a su vez incrementar las utilidades y atraer nuevos clientes potenciales.

A nivel nacional estos retos han sido recurrentes, por lo cual requieren de una gran inversión y manejo al interior de las compañías, las falencias por inventario han sido constantes y significativas en el sector, según Gutiérrez, 2016 una presunta solución para una empresa comercializadora de vidrios y materiales del sector automotriz e industrial fue el diseño de un modelo de control de inventarios. Para ello clasificó los bienes mediante la metodología ABC. (p. 98).

Otro de los casos destacados es el de López, 2016 en la empresa de Aluminios Aldana S.A, igualmente carecía de un sistema de control de inventarios, razón por la cual generaban costos y deficiencias en sus procesos, así como, la pérdida de clientes. Realizaron una investigación con alcance metodológico de tipo cuantitativo, exploratorio-descriptivo utilizando técnicas relacionadas a la línea de investigación de administración de inventarios y el método ABC. (p. 9). Se llevaron a cabo pronósticos para identificar la cantidad óptima de pedidos, el nivel y punto de reorden con el fin de realizar órdenes oportunas sin incurrir en gastos elevados de ejecución.

Tempse en aras de mejorar la productividad quiere explorar, hacer benchmarking y realizar modificaciones en sus procesos tomando como base inicial casos de éxito que puedan adaptarse a su negocio y generen valor a un mediano plazo con estándares de gestión más flexibles a la vanguardia del mercado. Como en la empresa SEIN tenían como objetivo demostrar de qué manera la gestión de inventarios mejora la productividad, partieron de un análisis de los principales problemas que tenía la empresa.

Posteriormente, aplicaron una metodología cuantitativa y aplicada cuasi-experimental donde se estudió por 12 meses el almacén de la empresa que con el apoyo de la herramienta tecnológica SPSS se procesaron los datos recolectados se analizaron y determinaron que la gestión de inventarios mejora la productividad, la eficiencia y eficacia en el área de almacén de la compañía. (Jibaja, 2017, p. 14)

La administración de inventarios, dentro de su modelo de operación, se beneficia de una variedad de herramientas que contribuyen al óptimo desempeño de las empresas. Un ejemplo relevante de esto se encuentra en lo expuesto por Salaman & Zarate, 2021 quienes aplicaron en la empresa Agroviet, una entidad especializada en la venta de insumos y productos agrícolas, estrategias de Lean Manufacturing, en particular, las técnicas de las "5 S", Kanban y Just in Time. Estas prácticas permitieron mejorar significativamente la gestión de inventarios en Agroviet, otorgándole una ventaja competitiva en el punto de venta. Además de brindar un excelente servicio al cliente, la empresa proporciona asesoramiento directo a los clientes, asistiéndolos en la selección de productos que puedan mejorar su proceso de siembra y cosecha. (p. 88)

Estos enfoques buscan establecer un estándar que promueva una cultura organizacional sólida, con el propósito de influir de manera positiva en el crecimiento y la mejora continua de la empresa. Este fenómeno se ilustra claramente en la compañía Roma's Grill, como señala Romero, 2022, Al implementar mejoras en la gestión de inventario, especialmente por medio de la implementación de los fundamentos Lean, como las "5S", se logró eficazmente optimizar el control de las existencias. Este enfoque redujo las pérdidas de insumos y productos en el restaurante mencionado y, como resultado, impulsó el compromiso organizacional de los empleados en distintos niveles. (p. 32)

**Tabla 1.**

*Referentes de modelos de inventarios y aplicación de Lean Manufacturing*

	Referente 1	Referente 2	Referente 3
Título	Implementación de herramientas de mejora continua basadas en técnicas de Lean Manufacturing para optimizar la gestión de inventarios en la empresa AGROVET en la ciudad de Huancayo, el año 2020	Propuesta de un sistema de Gestión de inventarios para mejorar la productividad en la empresa RITEC EIRL en la ciudad de Chiclayo.	Propuesta de mejora de gestión de inventarios para aumentar la rentabilidad en la vidriería provenir S.R.L. en la ciudad de Trujillo
Autor(es)	Eduardo Joe Salaman Herrera Milagros Miriam Zarate Flores	Rodríguez Velezmoro, Fabian Jesús	Mónica Sanchez Cabrera
Año	2021	2021	2020
Objetivo	Definir la metodología para implementar las herramientas de mejora continua, utilizando las técnicas del Lean Manufacturing, con la finalidad de mejorar la gestión de inventarios en la empresa Agrovvet.	Proponer un sistema de administración de inventarios con el propósito de incrementar la productividad de la empresa RITEC EIRL.	El objetivo de esta investigación consistió en desarrollar una propuesta de mejora para el manejo de inventarios en la empresa Porvenir S. R.L., que se dedica a la venta de vidrios, con el propósito de aumentar su rentabilidad.

Tabla 1. (Continuación)

Tipo de investigación	Explicativa	Descriptiva/Propositiva	Descriptiva
Metodología	<p>En esta investigación, se aplicó el método científico con un enfoque cuantitativo. Este enfoque se eligió debido a la necesidad de recopilar datos para validar o refutar la hipótesis planteada. El proceso se inició con la formulación de un objetivo que sirvió como guía para la obtención de información esencial para la realización del estudio. La fase inicial consistió en la exploración, durante la cual se recopiló información bibliográfica enfocada en la gestión de inventarios en pequeñas empresas.</p>	<p>Se utilizó un enfoque inductivo de naturaleza descriptiva y propositiva, con un diseño no experimental de tipo transversal. Esto se debió a que las variables analizadas en el estudio no fueron objeto de modificación.</p>	<p>Se llevó a cabo un diagnóstico del estado actual de la empresa para identificar las causas que estaban contribuyendo a la disminución de su rentabilidad. Posteriormente, se desarrollaron propuestas de mejora, siendo la implementación del modelo P la propuesta principal. Además de esto, se incluyeron la aplicación de la metodología 5S, la implementación de un sistema Kardex PEPS, la mejora de los procesos logísticos y una propuesta de capacitación para el personal acorde a las soluciones propuestas.</p>
Principales resultados	<p>Las prácticas de las 5S se reflejaron en la organización de los espacios de trabajo, así como en la disposición de productos y materiales en dichos espacios. Como resultado, se logró una mejor comprensión de los materiales que ocupaban espacio de manera innecesaria o que no estaban</p>	<p>Se pudo concluir que la implementación del sistema de control logístico tuvo un impacto positivo en términos de la rentabilidad de la empresa, con un beneficio neto de aproximadamente S/. 58,677.00 nuevos soles.</p> <p>Uno de los problemas que afectaba la productividad de la empresa era la falta de personal, lo que</p>	<p>Gracias a la implementación de las propuestas, la rentabilidad de la empresa experimentó un notable incremento del 26,02%. Esto se debió a la reducción del volumen de compras en un 53,95%, la disminución de la pérdida de oportunidades de venta al 2,72%, y el aumento del nivel de servicio al 95%.</p>

Tabla 1. (Continuación)

Tipo de investigación	Explicativa	Descriptiva/Propositiva	Descriptiva
	<p>adecuadamente clasificados.</p> <p>La implementación de la herramienta Kanban se tradujo en un control más eficiente del flujo de materiales en el inventario. Las tarjetas Kanban recopilaron información esencial, como el número de producto, su descripción, la cantidad de piezas y el proveedor correspondiente.</p> <p>Por último, la adopción de la herramienta Just in Time permitió la disminución de los niveles de inventario flujos excesivos en el transcurso del proceso, desde la adquisición hasta la venta del producto. Se proporcionó información precisa sobre el tiempo estimado para solicitar un producto agotado y sobre el estado real del stock de cualquier producto en el inventario.</p>	<p>resultaba en la incapacidad de cumplir con los pedidos de manera efectiva.</p> <p>Los trabajadores manifestaron la importancia de llevar un seguimiento riguroso de la mercancía, y se identificó que el stock físico no coincidía con los registros del sistema. Por lo tanto, se emprendió un esfuerzo para implementar un control formal de los inventarios.</p>	<p>Además, al realizar un análisis costo-beneficio de la propuesta, se observó un ahorro de S/ 287,163.64, con un índice costo-beneficio de S/ 3.96. Esto indica que la propuesta es viable, ya que por cada sol invertido se obtiene una ganancia de S/ 2.96.</p>

**Nota.** En la tabla se representan algunos de los referentes consultados sobre casos de éxito donde se implementaron modelos de inventarios y metodologías de Lean Manufacturing.

## 1.2 Preguntas de Investigación

- ¿Cómo diagnosticar del estado actual de la compañía referente a la gestión de inventarios?
- ¿Cómo adaptar un modelo de administración de inventarios dando uso de las herramientas de Lean Manufacturing que impacten la continuidad y desarrollo del negocio?
- ¿Cómo una propuesta de un modelo de gestión inventarios puede impactar positivamente a la empresa Vidrios TEMPSE dando uso de las herramientas de Lean Manufacturing?

## 1.3 Justificación

En la actualidad diversas empresas del sector de vidrios han presentado retos para el manejo y control de inventarios. Los procesos abordados en este tipo de industria tienen muchas variables tales como materia prima, productos, moldes, herramientas, entre otros dado que requieren de un orden riguroso y que tiende a ser complejo desde la gestión y desarrollo para que esto suceda.

La propuesta de un modelo de inventarios estandarizado y la adopción de buenas prácticas son elementos fundamentales para fomentar un desarrollo adecuado de las operaciones y satisfacer los requisitos del cliente. Al contar con un control de los inventarios y tener visibilidad de la demanda y los insumos internos necesarios, la empresa puede aumentar sus utilidades, mejorar su liquidez y obtener un mayor rendimiento sobre la inversión. Estos factores, a su vez, contribuyen a incentivar la competitividad en el mercado, posicionando a la empresa en una posición ventajosa.

La propuesta de un modelo de inventarios previene pérdidas operacionales en una compañía, disminuyen los reprocesos entre departamentos, dicho estudio genera valor,

dado que impacta de manera positiva a la organización incursionando en el uso de sistemas de información que llevaran el control y uso de los bienes y no se dependerá únicamente de la persona que notifique la cantidad de unidades existentes de una forma manual.

En la actualidad la industria de vidrio cuenta con un gran portafolio de clientes y campos de acción que pueden verse afectados por no contar con empresas que se desempeñen de manera eficaz en el control de inventarios, para así, ofrecer sus productos y satisfacer los estándares y/o requisitos que establecen dichos clientes. Es el caso de Transmilenio que en el año 2022 contaba con una flotilla de 2364 buses troncales y 655 eléctricos con los que previamente hubo acercamientos con proyectos vidrios de remplazo para el transmicable. (TransMilenio, 2022)

Actualmente, en la ciudad de Bogotá se están incursionando en grandes proyectos de movilidad, como lo es la ampliación de las troncales y flotillas de Transmilenio y a futuro del metro. Esto conlleva una alta demanda en la producción y venta de vidrio arquitectónico y automotriz para las nuevas estaciones y/o puntos de referencia que disfrutara la ciudadanía. Es por lo que, cobra gran relevancia el contar con empresas competitivas en el sector y que parten de una buena gestión interna.

No solo los clientes a gran escala son importantes, por ende, un cambio en el modo de operar, las prácticas, la cultura organizacional trae consigo grandes beneficios, entre ellos, la satisfacción del cliente y la relación entre las diferentes partes generando fidelización y confianza, la cual ha ido perdiendo por estas falencias presentadas en el sector de producción de vidrios.

Con un nuevo sistema es posible obtener una base de datos y crear un historial que, a corto y mediano plazo, sirva para pronosticar y tomar decisiones al interior de la compañía. No obstante, cabe recalcar que la propuesta requiere la disposición de recursos de la gerencia y un fuerte componente de sensibilización de cara a los

potenciales cambios de las tareas diarias, con la incursión de un modelo de inventarios que impacte positivamente la organización.

De igual manera, dando uso de herramientas de Lean Manufacturing y la propuesta de un modelo adecuado de inventarios permite a esta compañía y las del sector reducir costos, mejorar la operación de la compañía, satisfacer a los clientes y holguras en las actividades y trabajadores. Es relevante integrar los modelos y las técnicas, toda vez que, su principio se basa en una calidad total y va en consonancia con la productividad.

La empresa vidrios Tempse tiene un enfoque de producción en dos tipos de servicio para el año 2022 en el servicio de templado oscilaron la fabricación de 5779 unidades y en corte de 812 unidades respectivamente. En ese mismo periodo se reportaron 30 rupturas que impactaron la entrega efectiva de algunas referencias y en total fueron 25 vidrios para el área de templado y 5 para corte. Tempse en su operación no cuenta con un modelo de inventarios que permita suplir faltantes o tener un inventario de seguridad para que cuando se presente este imprevisto no impacte la promesa de compra de cara al cliente y tratar estos casos de manera inmediata. De esta forma es relevante revisar el cómo se puede proponer en un modelo de inventarios que pueda abordar estas áreas de oportunidad.

Adicionalmente, otra área de oportunidad latente en la empresa de vidrios Tempse radica en el almacenamiento eficiente de los moldes desarrollados para la fabricación de productos especiales, Tempse en su haber diseña y desarrolla moldes en madera que se ajustan a los requerimientos de los clientes y los proyectos especiales a los cuáles la competencia no realiza por su especificidad.

Realizando una revisión con el personal experto del área de moldes, se estima que hay un total de 280 a 300 moldes almacenados en la parte trasera de la bodega con la que cuenta Tempse. Esta abarca un área importante de la compañía que más adelante en la descripción de la situación actual de la empresa se precisara en mayor medida, pero que de revisar de manera apropiada la gestión del espacio y el modelo de gestión de

almacenamiento de moldes puede ser de utilidad para liberar espacio y ser usado por la maquinaria de la empresa con el propósito de tener un mayor orden de cara a futuros proyectos.

Con eso en mente y teniendo claro los retos de cara a las previsiones necesarias para el inventario de producto terminado y la gestión interna del área de moldes, Tempse contempla un problema de gestión y control de inventarios respectivamente en el departamento de producto terminado, los cuales en este documento se abordarán con profundidad.

#### **1.4 Objetivo General**

Realizar una propuesta de un modelo de gestión de inventarios de materia prima y moldes bajo los parámetros de Lean Manufacturing y mejora continua que mejoren la productividad de la empresa, reduciendo reprocesos y creando valor agregado al interior de la compañía y sus clientes potenciales.

#### **1.5 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el estado actual de la empresa Vidrios Tempse en cuanto a la gestión y control de inventarios de materia prima, moldes al interior de la compañía y producto terminado.
- Investigar sobre los diferentes modelos de inventarios y herramientas de Lean Manufacturing usadas en casos de éxito que puedan ser aplicadas en la empresa Vidrios Tempse.
- Sensibilizar a los colaboradores de la empresa sobre el buen uso de las herramientas de Lean Manufacturing en los procesos internos

- Proponer un modelo de gestión de inventarios con el apoyo de herramientas de Lean Manufacturing, que permitan a la empresa mejorar en el control de materias primas y moldes para mitigar reprocesos internos y satisfacer los clientes.

## 2. MARCO TEÓRICO

Tener un modelo para la gestión de inventario permite enriquecer a una compañía, pero se debe tener en cuenta que hay diferentes factores que influyen a la hora de elegir una política de inventarios determinada. Según Reyes et al., 2020 los inventarios sirven para anticiparse a eventualidades futuras, para poder atender una demanda, cumplir unos tiempos de entrega y garantizar la continuidad de la operación en un negocio. (p. 11)

Pero las presuntas razones por las cuales es importante tener un inventario es para evitar escasez, aprovechar la economía de escala al realizar pedidos y de esta manera obtener un ahorro significativo, garantizar que el flujo de trabajo sea continuo y finalmente ser capaces de cumplir a los deseos de los clientes.

Según Álvarez & Parada, 2020 el concepto de inventario hace referencia a la presencia de productos y materiales que se almacenan y emplean en varias etapas de la cadena de suministro, incluyendo el abastecimiento de materias primas tanto en el proceso de fabricación como en los productos finales. Los inventarios desempeñan un papel crucial, ya que interactúan en múltiples instancias con el cliente y el consumidor final. (p. 10)

Un sistema de inventario comprende un conjunto de políticas y controles destinados a supervisar los niveles de inventario, determinar qué elementos se deben mantener, identificar el momento adecuado para su reposición y establecer el tamaño óptimo de los pedidos. Convencionalmente, el término "inventario de manufactura" se emplea para hacer referencia a las piezas que contribuyen o se integran al proceso de producción de una empresa. (Aquima Vilca et al., 2022, p. 4)

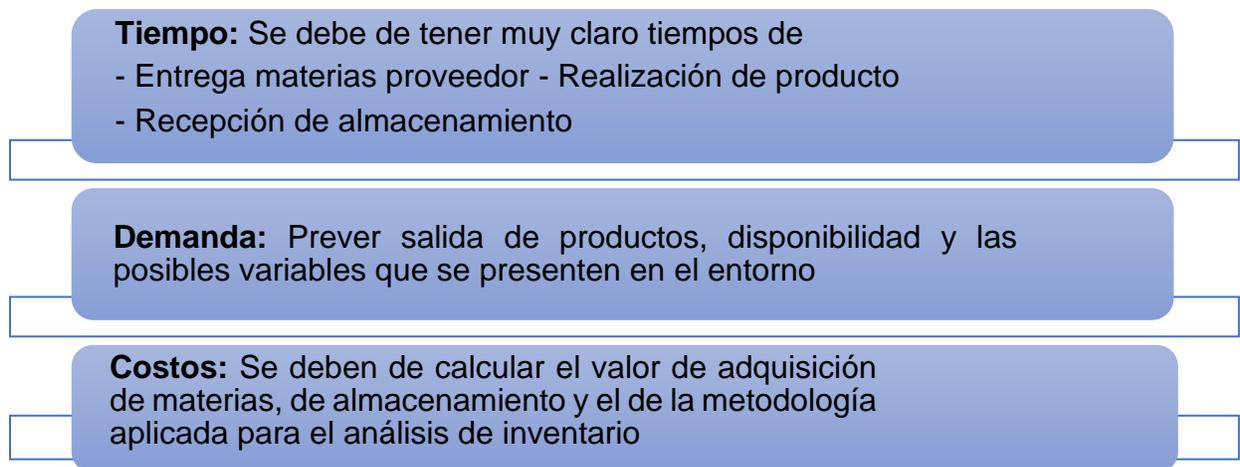
El inventario de manufactura generalmente se clasifica en categorías que incluyen materia prima, productos terminados, componentes, suministros y trabajo en proceso. Por otro lado, en el ámbito de los servicios, el concepto de "inventario" suele hacer

referencia a los bienes tangibles que están destinados a la venta, así como a los suministros necesarios para la gestión del servicio (Chase et al., 2009, p. 547)

Es muy importante tener en cuenta tres posibles variables que son determinantes en procesos de distribución y abastecimiento, En la siguiente figura se detallan estas variables.

**Figura 1.**

*Variables de distribución y abastecimiento*



**Nota.** La figura representa las 3 variables principales que se deben considerar en el proceso de distribución y abastecimiento.

De acuerdo con lo expuesto por (Reyes et al., 2020, p. 12) existen diversos tipos de inventarios que se clasifican en función de la etapa en la que se encuentra el producto.

A continuación, se detallan los principales modelos:

- **Inventario de materia prima:** Estos son los insumos necesarios para el proceso de producción, ya que se transforman en productos terminados. Su relevancia radica en la necesidad de mantener existencias adecuadas y asegurar un suministro constante, dado que la falta de estos insumos podría ocasionar paros en la producción y, como consecuencia, pérdidas.

- Inventario de productos en proceso: Estos son los productos que aún se encuentran en fase de producción y no están listos para su comercialización. Están pendientes de completarse.
- Inventario de productos terminados: Se trata de los productos que han pasado por todas las etapas de producción y están listos para ser vendidos en el mercado.

Pero para (Álvarez & Parada, 2020, p. 17) existen tres tipos de inventarios adicionales los cuales son:

- Físico: Es aquel que determina los productos requeridos en los diferentes procesos, los cuales deben de almacenarse de acuerdo con la organización.
- Estacional: Es aquel diseñado para adaptarse a las fluctuaciones de la demanda para que los picos del mercado no se alteren y se ejecute de la manera más económica posible. Esta demanda puede darse en estaciones y/o fechas determinadas.
- Seguridad: Este aplica cuando la demanda es constante

El principal objetivo para el inventario es brindar seguridad a la compañía al mantener los elementos necesarios para la operación, pero sin incurrir en sobrecostos que podrían traer pérdidas, razón por la cual es muy importante saber escoger el modelo y establecer la mejor política que se adapte al sistema.

## **2.1 Propósitos del Inventario**

La mayoría de las empresas actualmente, especialmente aquellas que siguen el enfoque de "justo a tiempo" en sus operaciones, buscan la eficiencia en la gestión de inventarios y la efectividad en el cumplimiento de las órdenes de sus clientes (Song et al., 2020, p. 2). Con este fin, establecen los siguientes objetivos fundamentales, los cuales aspiran a cumplir rigurosamente:

- **Preservar la autonomía entre las operaciones:** Buscan asegurar que las diversas operaciones no estén fuertemente interconectadas, lo que proporciona mayor agilidad y capacidad de respuesta a las modificaciones.
- **Adaptarse a las fluctuaciones de la demanda:** El propósito es tener la capacidad de adecuarse a los cambios en la demanda del mercado, garantizando la disponibilidad de productos cuando los clientes lo requieran.
- **Facilitar la flexibilidad en la planificación de la producción:** Buscan una planificación de la producción ágil, que pueda adaptarse velozmente a las necesidades cambiantes y a las condiciones del mercado.
- **Resguardarse ante las variaciones en los plazos de entrega de las materias primas:** Se esfuerzan por asegurarse de que la empresa esté preparada para enfrentar demoras en la entrega de materias primas, evitando interrupciones en la cadena de producción.
- **Aprovechar las ventajas de los descuentos en función del volumen del pedido:** Buscan beneficiarse económicamente al aprovechar descuentos y economías de escala que se obtienen al realizar pedidos de mayor envergadura, siempre que resulten apropiados y rentables.

## 2.2 Costos de los Inventarios

Según lo señalado por (Chase et al., 2009, p. 549) siempre que una organización tome decisiones que puedan incidir en la cantidad y volumen de sus inventarios, es esencial tener en cuenta los costos inherentes a este proceso, entre los cuales destacan los siguientes aspectos:

- **Costos de mantenimiento (o transporte):** Esta categoría abarca una amplia variedad de costos, que incluyen los asociados con las instalaciones de

almacenamiento, manipulación, seguros, pérdidas y daños, obsolescencia, devaluación, impuestos y el costo de oportunidad del capital. Evidentemente, los costos de mantenimiento tienden a favorecer la mantención de niveles bajos de inventario y la reposición frecuente. (Bolaños Zúñiga & Vidal Holguín, 2021, p. 47)

- **Costos de cambio de producción:** La producción de cada referencia conlleva la disposición de los materiales necesarios, la configuración específica de los equipos, la generación de la documentación requerida, la adecuada asignación de tiempo y recursos, y la eliminación de las unidades previas. Si hay costos ni pérdida en tiempo por cambiar moldes de un producto a otra referencia, se podrían producir lotes más pequeños, lo que resultaría en ahorros de costos. Reducir los costos de cambio es un reto actual con el horizonte de lograr tamaños de lote más reducidos, como se persigue en un sistema Just in Time.
- **Costos de pedido:** Estos costos abarcan las actividades administrativas y de oficina necesarias para la preparación de órdenes de compra o producción. Estos costos incluyen el conteo de piezas y el cálculo de las cantidades a solicitar. También se relacionan los costos relacionados a el mantenimiento del modelo requerido para el seguimiento de las órdenes.
- **Costos de faltantes:** Cuando el stock de inventario de un artículo se agota, las órdenes deben esperar a ser reabastecidas o, en su defecto, ser canceladas. Se deben encontrar alternativas para suplir la demanda y los costos resultantes de los faltantes. A veces, equilibrar estas consideraciones puede ser complejo, dado que la proyección de pérdidas de ganancias, efectos de usuarios perdidos o penalizaciones por entregas tardías puede ser difícil.

Regularmente, el costo de un faltante suele ser algo elevado, aunque generalmente se puede definir un margen de costos. Definir la cantidad adecuada a solicitar a los proveedores o la dimensión de los lotes en los espacios de producción de la empresa implica buscar la merma, que resulta de la combinación de los costos mencionados:

costos de mantenimiento, costos de cambio, costos de pedido y costos de faltantes. Es por lo que, al realizar pedido es un aspecto importante que puede influir en el costo global del inventario. (Pulido Rojano et al., 2020, p. 384)

### 2.3 Modelos de Inventarios

Dentro del ámbito empresarial, en la implementación de la revisión de inventarios, han surgido diversos modelos, cada uno con sus propias características destinadas a adaptarse a entornos específicos y lograr una gestión de resultados más eficiente. En términos generales, existen dos tipos principales: los modelos de Cantidad de Pedido Fija, o de Pedido Económico, modelo Q y los de Periodo Fijo, que también se conoce como, Sistema de Revisión Periódica o Modelo P. (Sadeghi et al., 2023, p. 120)

**Figura 2.**

*Características del modelo Q y P*

CARACTERÍSTICA	MODELO Q	MODELO P
	MODELO DE CANTIDAD DE PEDIDO FIJA	MODELO DE PERÍODO FIJO
Cantidad del pedido	Q, constante (siempre se pide la misma cantidad)	q, variable (varía cada vez que se hace un pedido)
Dónde hacerlo	R, cuando la posición del inventario baja al nivel de volver a pedir	T, cuando llega el periodo de revisión
Registros	Cada vez que se realiza un retiro o una adición	Sólo se cuenta en el periodo de revisión
Tamaño del inventario	Menos que el modelo de periodo fijo	Más grande que el modelo de cantidad de pedido fija
Tiempo para mantenerlo	Más alto debido a los registros perpetuos	
Tipo de pieza	Piezas de precio más alto, críticos o importantes	

**Nota.** La presente figura muestra las características del modelo Q y P. Tomado de: Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros (12a ed., Vol. 12). McGraw-Hill., <https://acortar.link/VryLBd>.

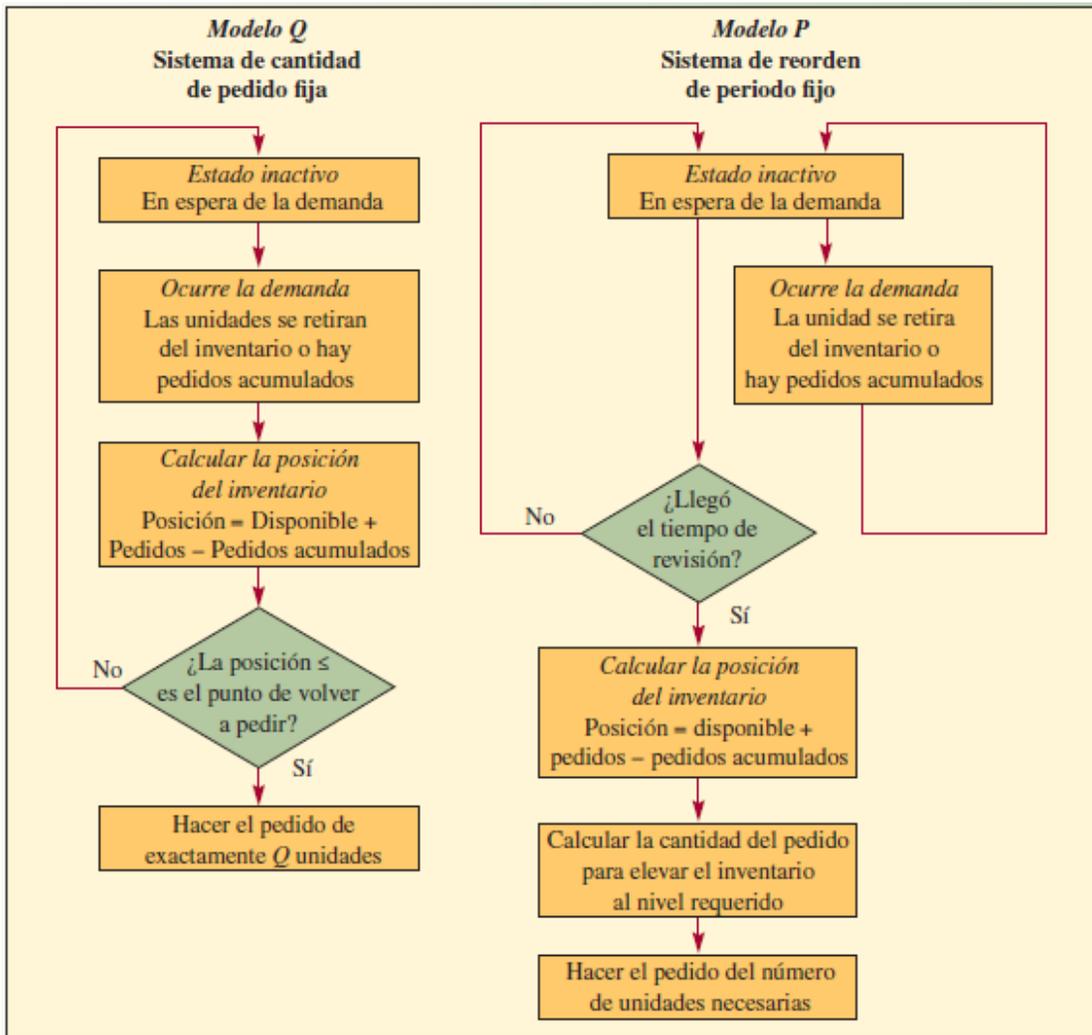
De igual forma existen algunas diferencias que las organizaciones pueden relacionar para tomar una decisión oportuna sobre el sistema de inventarios a utilizar y que vaya acorde al objetivo principal de las mismas.

- En el modelo P, el inventario en stock tiende a ser más elevado, ya que debe proporcionar una prevención por posibles faltantes durante el periodo de revisión, T; en cambio, el modelo de Cantidad de Pedido Fija no contempla un tiempo de revisión.
- El modelo Q resulta más adecuado para artículos costosos, dado que implica un inventario reducido.
- Para piezas de gran importancia, como las piezas de mayor valor, el modelo de P es preferible, ya que implica una revisión cercana y respuesta en tiempo y forma ante posibles faltantes.
- El sostenimiento del modelo Q requiere mayor tiempo, ya que debe tener registro de cada adición y sustracción.

A continuación, se proporciona una comparación visual que ilustra las diferencias entre los dos modelos de inventario.

**Figura 3.**

Diagrama de flujo comparativo sobre el sistema de inventario Q y P.



**Nota.** La presente figura muestra una comparación sobre los modelos de inventarios Q y P. Tomado de: Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros, (Chase et al., 2009, p. 555). <https://acortar.link/VryLBd>

### 2.3.1 Modelo de Cantidad Fija de Pedido

El modelo de inventarios presente se centra en la determinación de un punto específico de unidades en el cual se debe realizar un pedido de un tamaño determinado. Las características relevantes se describen a continuación. (Vega et al., 2021, p. 39)

- La demanda se mantiene constante y uniforme en todo el período.

- Los tiempos de entrega y arribo de los pedidos son constantes.
- El precio unitario por unidad permanece invariable.
- Los costos relacionados con los pedidos o su preparación permanecen constantes.
- El costo de control de stock está directamente relacionado con el inventario promedio.
- Se satisfacen todas las demandas de productos, evitando en lo posible la acumulación de pedidos.

De acuerdo con la perspectiva de (Chase et al., 2009, p. 556) al abordar un modelo de inventario, el aspecto inicial es establecer la relación intrínseca de las variables de interés y su efectividad. En este caso, dado que el costo es una preocupación latente, la ecuación que se presenta en la figura siguiente tiende a ser la más apropiada:

- Costo Total = Costo Anual de Compra + Costo Anual de Pedido + Costo Anual de Mantenimiento.

**Figura 4.**

*Ecuación del costo total de inventarios*

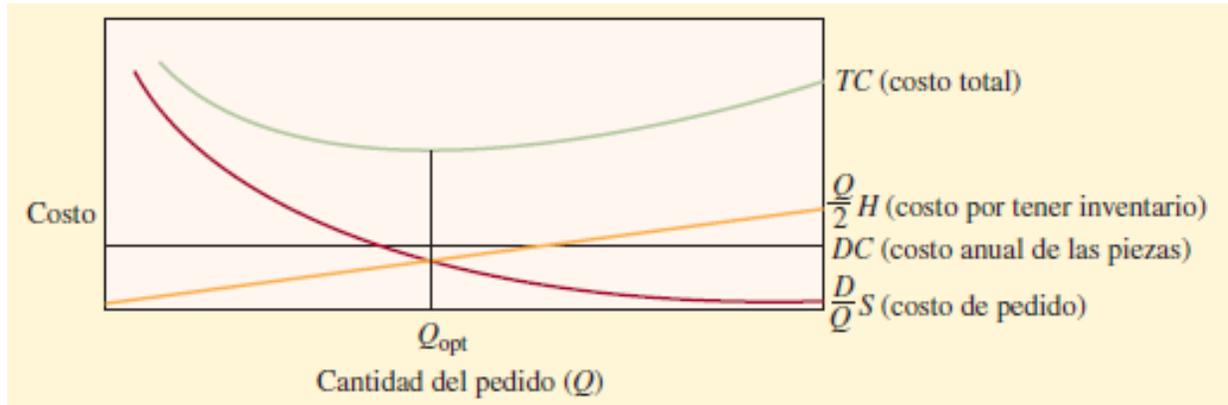
$$TC = DC + \frac{DS}{Q} + \frac{Q}{2}H$$

**Nota.** La presente figura se relaciona la ecuación de cómo se calcula el costo de inventarios. Tomado de: Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros, (Chase et al., 2009, p. 555). <https://acortar.link/VryLBd>

Para representar de una manera grafica el planteamiento anterior en la siguiente figura se relacionan las variables con mayor claridad.

**Figura 5.**

*Costos anuales del producto, con base al tamaño de pedido*



**Nota.** La presente figura relaciona las variables que intervienen en el cálculo de los costos de inventarios y su relación con el tamaño del pedido. Tomado de: Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros, (Chase et al., 2009, p. 556). <https://acortar.link/VryLBd>

En el contexto de la gestión de inventario, se emplean diversas variables para evaluar y optimizar el proceso. Estas variables incluyen el costo anual total (TC), la demanda anual (D), el costo por unidad (C), la cantidad a pedir (Q), o cantidad económica de pedido (EOQ o  $Q_{opt}$ ), el costo de preparación (S), el punto de volver reorden (R), el plazo de entrega (L), y el costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio (H), que suele expresarse como el valor porcentual del costo de la pieza (por ejemplo,  $H = iC$ , donde "i" es dicho porcentaje). (Gallardo Beltrán, 2019, p. 30)

El siguiente paso para el establecimiento de modelos prioriza determinar la cantidad de pedido adecuada que minimice el costo total. En una representación gráfica, el punto en el que el costo total alcanza su mínimo se encuentra en el momento donde la curva tiene una pendiente igual a cero. Para calcular esta cantidad óptima, se realiza una derivada del TC respecto a (Q) y se iguala a cero. En el contexto del modelo básico que estamos abordando, los cálculos específicos pueden consultarse en una referencia adjunta. (Zhang et al., 2022, p. 4234)

**Figura 6.**

*Cálculo de la cantidad óptima de pedido*

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

$$\frac{dTC}{dQ} = 0 + \left( \frac{-DS}{Q^2} \right) + \frac{H}{2} = 0$$

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

**Nota.** En la presente figura se relaciona el cálculo de la cantidad de pedido óptima de inventario. Tomado de: Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros, (Chase et al., 2009, p. 557). <https://acortar.link/VryLBd>

Dado que este modelo elemental presupone una demanda constante y un tiempo de entrega invariable, no es necesario mantener un inventario de reserva, simplificando así el momento en el que se debe realizar un nuevo pedido, conocido como "R".

**Figura 7.**

*Ecuación del punto de reorden de inventario*

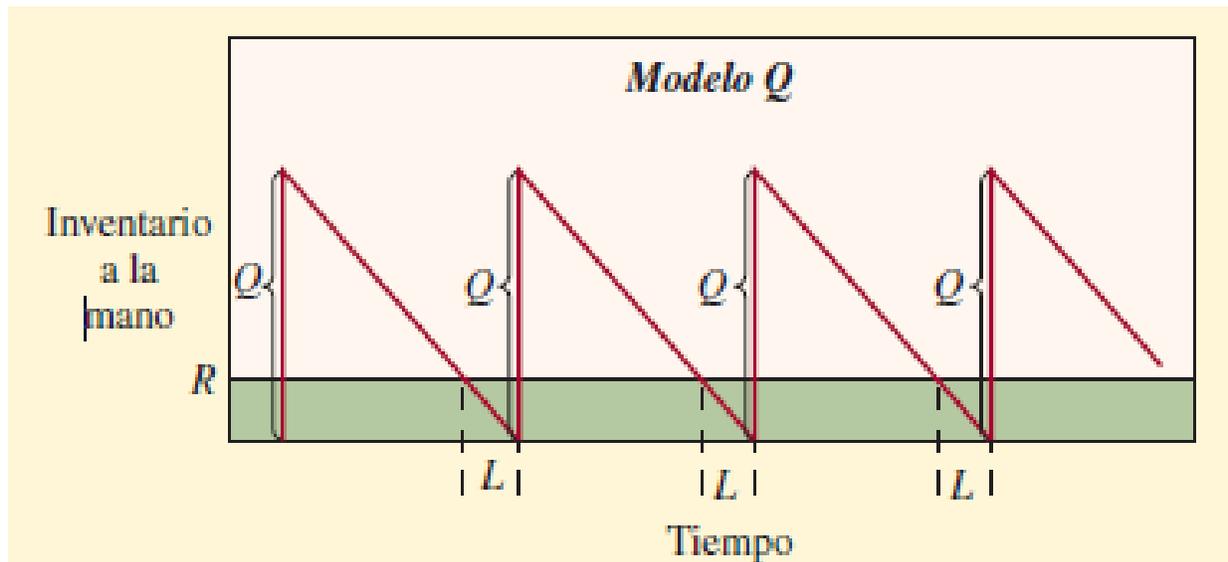
$$R = \bar{d}L$$

**Nota.** En la presente figura se describen las variables para tener en cuenta para volver a pedir, teniendo en cuenta una demanda diaria promedio y el tiempo de entrega en días. Tomado de: Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros, (Chase et al., 2009, p. 557). <https://acortar.link/VryLBd>

En la siguiente figura se relaciona el comportamiento de la demanda promedio diaria conforme a un tiempo constante de reorden donde se hace la solicitud de inventario para cumplir a cabalidad con las unidades requeridas.

**Figura 8.**

Diagrama del modelo de inventario Q



**Nota.** En la presente figura se relacionan las variables de demanda, punto de reorden y tiempo en días para entender con mayor claridad el modelo de inventarios Q. Tomado de: Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros, (Chase et al., 2009, p. 556). <https://acortar.link/VryLBd>

### 2.3.2 Modelo de Periodo Fijo

Este horizonte de la gestión de inventario, relacionado en el "modelo de periodo de inventario," implica realizar pedidos a intervalos regulares de tiempo, con unidades de pedido que cambian de un periodo a otro. (Juca et al., 2019, p. 26). Este modelo presenta algunas características específicas que se detallan a continuación:

- La cantidad que se solicita varía de manera aleatoria, al igual que la demanda.
- Los inventarios se revisan en momentos predeterminados y no de forma continua.
- El intervalo de tiempo entre las revisiones suele ser constante.
- Los tamaños de los lotes de pedido pueden cambiar en los periodos de reorden.

El proceso de este modelo se calcula siguiendo el método que se describe a continuación.

### Figura 9.

Ecuación del modelo de inventarios de periodo fijo

$$\begin{array}{rcccc} \text{Cantidad} & = & \text{Demanda promedio} & + & \text{Inventarios} & - & \text{Existencias disponibles} \\ \text{de pedido} & & \text{durante el periodo} & & \text{de seguridad} & & \text{(más el pedido, en caso} \\ & & \text{vulnerable} & & & & \text{de haber alguno)} \\ q & = & \bar{d}(T+L) & + & z\sigma_{T+L} & - & I \end{array}$$

**Nota.** En la presente figura se relacionan las variables que intervienen el cálculo de la cantidad de pedido en un modelo de inventarios de periodo fijo. Tomado de: Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros, (Chase et al., 2009, p. 556). <https://acortar.link/VryLBd>

Dentro de este marco:

- q se refiere a la cantidad a pedir.
- T es el intervalo de tiempo entre las revisiones.
- L corresponde a el plazo de entrega en días, como lo es, el período entre el espacio de realizar un pedido y recibirlo.
- d se conoce como la demanda diaria promedio pronosticada.
- z se refiere al número de desviaciones estándar necesario para alcanzar una probabilidad de servicio específica.
- $\sigma_{T+L}$  hace referencia a la desviación estándar requerida durante el período de revisión y entrega.
- I refleja el stock de inventario actual, que incluye las piezas que han sido solicitadas.

Es crucial señalar que la demanda, el tiempo de entrega, el intervalo de revisión y otros factores pueden expresarse en unidades temporales como días, semanas o años, siempre y cuando se mantenga la coherencia en todos los términos de la ecuación.

En este enfoque, la demanda (d) puede ser proyectada y actualizada en cada ciclo de revisión, o se puede emplear el promedio anual, según lo apropiado. Se presupone que la demanda sigue una distribución normal. La variable "z" está vinculada a la probabilidad de enfrentar situaciones de escasez. Además, la desviación estándar de la demanda

durante el intervalo de revisión y entrega se determina mediante el procedimiento descrito en la referencia correspondiente.

**Figura 10.**

*Ecuación de la desviación estándar de la demanda*

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{(T+L)\sigma_d^2}$$

**Nota.** En la presente figura se relaciona el cálculo de la desviación estándar en el modelo de inventarios de periodo fijo. Tomado de: Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros, (Chase et al., 2009, p. 564). <https://acortar.link/VryLBd>

## 2.4 Política de Inventarios

La gestión de inventarios es una estrategia esencial en el ámbito empresarial, que tiene como objetivo la eficiente administración de los recursos con la finalidad de reducir costos y, al mismo tiempo, asegurar la calidad de los servicios o productos. No obstante, su relevancia y los impactos que genera en una organización están vinculados de diversas maneras, lo que destaca su importancia y su influencia en el funcionamiento de una empresa. (Jauhari et al., 2023, p. 545)

- **Producción:** Se requiere grandes inventarios de materia prima para garantizar la correcta producción.
- **Ventas:** Es necesario tener una cantidad adecuada de productos terminados para la demanda del mercado.
- **Compras:** Es de los más importantes ya que en esta se deben de tener en cuenta las diferentes situaciones en aras de minimizar los costos.
- Según los aspectos ya mencionados, es importante que la compañía tenga un equilibrio en la política y evalúe las siguientes variables:

- Costos: Los inventarios constituyen un factor significativo de gastos en el ámbito contable.
- Costo de almacenamiento: Esto incluye los costos relevantes de alquiler, almacenamiento y operaciones.
- Costos de mantenimiento: Estos engloban los costos de capital, seguros, impuestos y riesgos relacionados con la gestión de inventarios.
- Costo por falta de existencias: Estos costos involucran las pérdidas por ventas no realizadas y los gastos vinculados a pedidos pendientes.
- Servicio: Es importante evaluar la expectativa de nuestro cliente y fomentar las mejores prácticas para dar cumplimiento de estas.
- Tiempo de reabastecimiento: Tiempo que incurrido desde que tenemos que solicitar el pedido, hasta que el mismo se cuenta para que la operación continúe
- Proveedor: Es vital por la naturaleza del producto, conocer las restricciones que se deben de tener sobre el proveedor, como las condiciones de la materia prima, los patrones para tener en cuenta, entre otras.

Esta política de inventario es fundamental, potencia la competitividad, en la operación ayuda y asegura que los procesos se den de manera adecuada, financieramente es de gran impacto ya que hay inversiones en diferentes momentos y con la política implementada, se podría ser más eficientes y minimizar impactos económicos. (Rodriguez Paredes et al., 2019, p. 596)

## 2.5 Lean Manufacturing

De acuerdo con García & García, 2016 Lean Manufacturing representa una metodología centrada en la creación de un sistema de producción sólido que sea altamente reactivo, flexible, predecible y uniforme. Esto se traduce en un sistema operativo que se orienta hacia la mejora continua mediante la colaboración de una fuerza laboral autodirigida, alineada con los requisitos de rendimiento del consumidor. (p. 56)

En contraste, según Vargas et al., 2016 Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta) es una metodología que se concentra en la eliminación de diversas formas de pérdidas, ya sean temporales, materiales, de eficiencia o en procesos. Su propósito es deshacerse de lo superfluo con el propósito de incrementar la productividad y la capacidad competitiva de la empresa en el sector. La esencia de Lean Manufacturing radica en la propuesta de mejoras en los procesos mediante el análisis de la cadena de valor y la aplicación de herramientas de calidad y macro indicadores. (p. 158)

Lean Manufacturing se compone de 5 elementos básicos interdependientes, cuya implementación exitosa es fundamental. Estos 5 elementos deben ser ejecutados de manera impecable en una secuencia lógica para alcanzar la excelencia global. Si falta alguno de estos elementos, el objetivo no se cumplirá (García & García, 2016, p. 27). Estos 5 elementos incluyen:

- **Organización:** Se refiere a los roles de los trabajadores, la capacitación en la metodología y la comunicación interna en la empresa.
- **Métrica:** Implica la medición de los resultados, el rendimiento de los trabajadores, el logro de objetivos y el reconocimiento de aumentos de productividad en los empleados.
- **Logística:** Se ocupa de la planificación y el control del flujo de materiales e inventarios del producto.

- **Flujo de los procesos de manufactura:** Enfoca los cambios físicos y de diseño de los estándares del proceso.
- **Control de procesos:** Se encarga del monitoreo, control y estabilización de la mejora en los procesos.

### **2.5.1 Herramientas Básicas de Lean Manufacturing**

2.5.1.i Kanban. Según Quintana, 2010 el sistema Kanban es una herramienta empleada por Lean Manufacturing para gestionar el flujo de materiales en una producción en línea. Este sistema se compone de una serie de señales que indican cuándo es necesario reabastecer materiales para mantener la producción en marcha. El enfoque de Kanban introduce un cambio en la forma de suministrar los puestos de trabajo. (p. 18).

En lugar de reabastecer todos los materiales necesarios una vez se han agotado o entregar todos los materiales al mismo tiempo, se establecen señales específicas para cada material. Estos materiales solo se reabastecen cuando las señales indican que es necesario hacerlo. (Feld, 2001, p. 228)

La clave para el éxito en el reabastecimiento de materiales mediante el enfoque Pull (tirar) es el tiempo de entrega de los materiales a los puestos de trabajo. Se debe definir claramente cuál es el tiempo de entrega para cada material y sincronizar este tiempo con las señales establecidas para el abastecimiento. (Braglia et al., 2020, p. 3999)

El objetivo principal de esta herramienta es mantener los inventarios en movimiento constante para acelerar la producción, organizar los lugares de trabajo y reducir los desperdicios. De igual se cuentan con varios beneficios como los que se señalan a continuación. (Yépez Llerena et al., 2020, p. 20)

- Disminución de los niveles de inventario.

- Reducción de las tareas en proceso.
- Menos tiempos muertos.
- Mayor flexibilidad en la programación de la producción.
- Eliminación de barreras administrativas a través del sistema Kanban.
- Mantenimiento y limpieza.
- Proporciona información precisa y rápida.
- Evita la sobreproducción.
- Minimiza los residuos.

2.5.1.ii Justo a Tiempo. Según Quintana, 2010, el Just in Time es una filosofía que se centra en optimizar los sistemas de producción al fabricar la menor cantidad de unidades en el menor volumen posible, exactamente en el momento necesario. Esto se logra mediante la implementación de sistemas de detección de problemas, la comunicación efectiva con los proveedores, la reducción de tiempos de preparación y la simplificación, entre otros enfoques (p. 20). Los objetivos principales de esta filosofía incluyen:

- Abordar los problemas fundamentales.
- Eliminar el desperdicio.
- Buscar la simplicidad
- Establecer sistemas para la detección de problemas.

Según Racking, 2021. el sistema "Justo a Tiempo" en logística tiene un impacto directo en el proceso de inventario, la preparación de pedidos, la coordinación del transporte y la atención al cliente y postventa. Los almacenes o bodegas deben estar estratégicamente ubicados para cumplir su función en la cadena de suministro, ya sea en el lugar de la operación acorde a la distribución la distribución (p. 2).

Para implementar eficazmente la filosofía Just in Time en un almacén, es necesario eliminar todas las etapas que no añaden valor al proceso. Esto implica un análisis

profundo del sistema de almacenamiento a implementar, su tipo de gestión y el flujo de productos. (Vidal, 2007, p. 80)

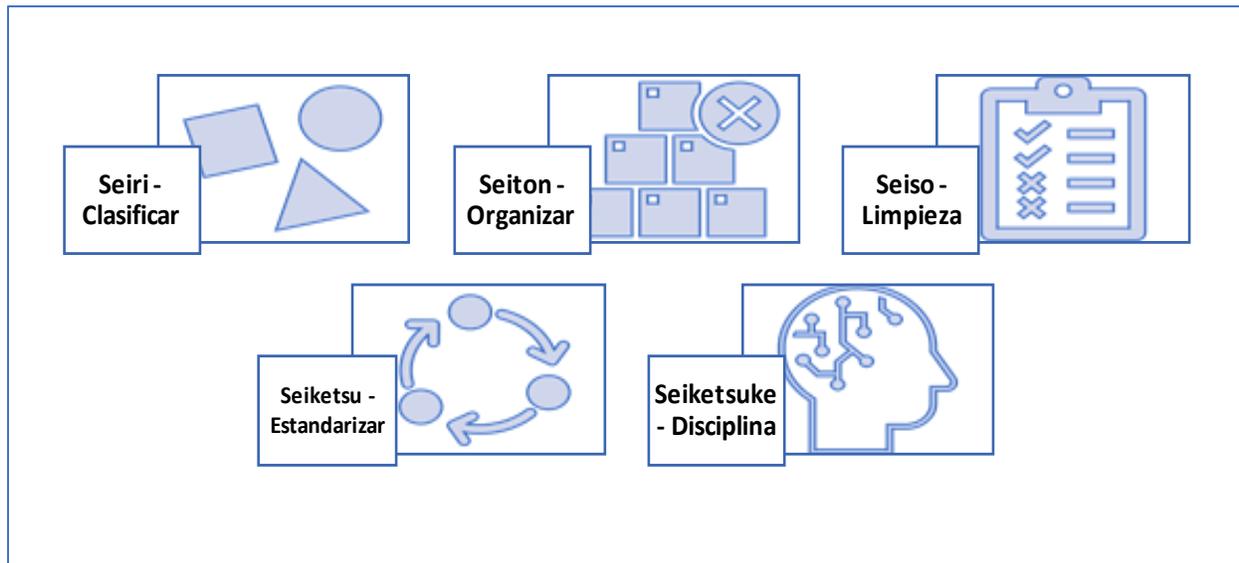
Adicionalmente, deben reducirse los desplazamientos prolongados de los empleados y equipos de manejo de materiales deben recorrer, así como reducir los tiempos necesarios para la preparación de pedidos y simplificar los procesos de recepción y envío de mercancía.(Perski et al., 2022, p. 3)

2.5.1.iii Metodología de las 5S. El enfoque de las "5S" es una herramienta clave en Lean Manufacturing que introduce la filosofía de mejora continua en una empresa. Su objetivo principal es fomentar la innovación en la ejecución de tareas internas de la organización, lo que conlleva a la obtención de beneficios y la adopción de nuevas prácticas de gestión.(Costa et al., 2018, p. 3)

La esencia de las "5S" radica en la mejora de las condiciones, el orden, la limpieza y el ambiente laboral. Estos elementos se integran bajo el paraguas de los conceptos de calidad total, y la misión principal es optimizar el estado del entorno de trabajo. En la figura siguiente, se detallan de manera más precisa los objetivos de mejora de las 5S y sus siglas en japonés (Dorbessan, 2006, p. 19)

**Figura 11.**

*Diagrama representativo de las 5S*



**Nota.** En la presente figura se relacionan los objetivos de las 5S en orden cronológico y sus siglas en Japones para mayor entendimiento

- **Primera S – Clasificar (SEIRI):** En esta etapa, se realiza una clasificación de los materiales esenciales necesarios para llevar a cabo el proceso, mientras que los materiales no esenciales se separan y almacenan por separado. Esto permite que los colaboradores tengan acceso directo a los materiales que necesitan.
- **Segunda S – Organizar (SEITON):** La segunda etapa implica la organización de los materiales que previamente se han clasificado, además de etiquetarlos adecuadamente. Esto contribuye a eliminar tiempos muertos que a menudo se relacionan con la búsqueda o la ubicación de materiales.
- **Tercera S – Limpieza (SEISO):** Mantener el espacio de trabajo aseado es indispensable de igual manera es importante realizar un correcto mantenimiento que nos garantice la correcta función. Esto es de gran beneficio, ya que el personal se motiva y se reduce el riesgo de un accidente.

- **Cuarta S – Estandarizar (SEIKETSU):** Básicamente consiste en aplicar, replicar y mantener lo previamente desarrollado. El control visual es importante para identificar el estado en cada momento si las cosas están o no es su correcto estado, esto ayuda a que los colaboradores corroboren el estado de su trabajo
- **Quinta S – Disciplina:** Esta etapa involucra la documentación de todo lo realizado, lo cual es esencial para facilitar la mejora continua. Asimismo, es fundamental que el personal reciba capacitación para que puedan implementar buenas prácticas. Las tres primeras acciones son pasos concretos para su aplicación, y la gran ventaja de esta herramienta es su versatilidad, ya que puede ser aplicada tanto de manera individual como en un contexto grupal.

2.5.1.iv JIDOKA. Según Quintana, 2010, "Jidoka" es un término japonés utilizado en la metodología de Lean Manufacturing y se traduce como "automatización con un toque humano". Este concepto se enfoca en la calidad del producto. Tradicionalmente, los productos son inspeccionados al final del proceso de fabricación y los productos defectuosos se retiran en ese punto. En contraste, Jidoka propone implementar un control de calidad a lo largo de toda la línea de producción. El objetivo es detectar productos defectuosos en la línea de producción y, si es necesario, detener la producción hasta que se retiren manual o automáticamente todos los productos defectuosos. Además, se busca abordar la causa raíz del problema para evitar que productos defectuosos continúen en el proceso, lo que resulta en la producción de productos de alta calidad en un 100% (p. 22)

Para lograr este objetivo, se deben seguir cuatro pasos. Los primeros dos pasos pueden ser realizados automáticamente, mientras que los dos últimos requieren la intervención de personas capacitadas:

- Detectar la anomalía
- Detener la producción.

- Corregir la condición anormal
- Investigar la causa e instalar contra medidas

Por otro lado, según Medina, 2022, Jidoka se basa en principios clave que lo convierten en una metodología influyente en los procesos de producción. Estos principios incluyen: (p. 1):

- La capacidad de detectar una anomalía o defecto
- La capacidad de resolver la anomalía de manera rápida.
- La virtud de no permitir que una anomalía o defecto avance en el proceso.
- La capacidad de flexibilizar la operativa (una máquina no equivale necesariamente a un operario).
- La capacidad de analizar la anomalía para prevenir su reaparición en el mismo momento de su detección

2.5.1.v ANDON. Los sistemas Andon son herramientas visuales que desempeñan un papel fundamental en la optimización y el control de los procesos productivos, con un enfoque en la eliminación de desperdicios y actividades que no aportan valor a la empresa. Estas ayudas visuales se utilizan para destacar alertas en los puntos críticos donde es necesario intervenir. Su propósito principal es facilitar la toma de decisiones y fomentar la participación del personal. Además, proporcionan una amplia gama de información sobre cómo el desempeño de los trabajadores influye en los resultados, lo que permite un mayor control sobre el logro de objetivos. En este sentido, el control visual contribuye a empoderar y motivar al personal al proporcionarles información relevante. (Geinfor, 2021, p. 1)

La estructura más básica de estos sistemas incluye una serie de luces de diferentes colores. Por lo general, si la producción avanza sin problemas, la luz que se muestra es de color blanco. Sin embargo, si surgen problemas o incidencias de diversos tipos, se asigna un color específico a cada tipo de problema. Un ejemplo común podría ser:

- Blanco: Producción en estado normal.

- Rojo: Problemas relacionados con la calidad.
- Ámbar: Escasez de componentes en el inventario.
- Azul: Problemas de mantenimiento.

2.5.1.vi POKA – YOKE. Según Rewers et al., 2016 el término "Poka-Yoke" (donde "Poka" significa cualquier error y "Yoke" se traduce como prevención en japonés) se refiere a un método diseñado para prevenir errores que se originan en deficiencias en los procesos. El principio fundamental del sistema Poka-Yoke radica en la idea de que los errores son resultado de deficiencias en los procesos y no de las acciones de los empleados. La característica distintiva de las soluciones Poka-Yoke es su capacidad para evitar cualquier tipo de error en el proceso (p. 4).

El uso de Poka-Yoke también puede llevar a tiempos reducidos en la capacitación de los empleados al eliminar muchas tareas de control de calidad o incluso eliminarlas por completo. Esto conlleva a una reducción en la cantidad de defectos y, en última instancia, a un control del proceso al 100%. Un ejemplo ilustrativo de una solución Poka-Yoke es una tarjeta SIM que solo se puede insertar en un teléfono de una única manera a través de una esquina con un ángulo específico. (Wijaya et al., 2020, p. 37)

2.5.1.vii HOSHIN KANRI. De igual manera para Rewers et al., 2016 Hoshin Kanri es un método que permite canalizar toda la capacidad de una empresa para mejorar su desempeño a través del desarrollo de una política unificada y planes de gestión anuales basados en el concepto fundamental de la gestión empresarial (p. 5)

Hoshin Kanri puede tener diversas aplicaciones en una empresa, comenzando con métodos de planificación estratégica y herramientas para gestionar proyectos complejos. Además, se extiende al sistema de gestión de la calidad, donde los nuevos productos se producen en respuesta a las demandas de los clientes, y se aplica al sistema operativo para garantizar un crecimiento sostenible de los beneficios. La implementación de este método implica llevar a cabo acciones en las siguientes etapas:

- Definir la misión y la visión en el contexto de una estrategia general;
- Definición de objetivos estratégicos (3 - 5 años);
- Definición de objetivos anuales;
- Transferir objetivos a niveles inferiores;
- Implementación de los objetivos;
- Objetivos de las inspecciones;
- Evaluación anual de la realización de los objetivos.

2.5.1.viii KAMISHIBAI. Kamishibai se refiere a un conjunto de auditorías sencillas diseñadas para supervisar las operaciones y el uso de metodologías de Lean Manufacturing. Además, estas auditorías tienen como objetivo enseñar al auditor a identificar posibles mejoras en el proceso o en las estaciones de trabajo. Un componente esencial de este sistema es la llamada "matriz Kamishibai," que se sitúa directamente en la línea de producción.

Para el trazado se elaboró un cronograma de línea de trazado para la realización de auditorías y documentación para el auditor. La aplicación Kamishibai hace que el auditor pueda ser cualquier persona que trabaje en la empresa, por ejemplo, guardaespaldas, el personal de producción, la contabilidad, el personal y la oficina central. Esto es posible gracias a un diseño muy simple de la hoja de auditoría. La hoja contiene la lista de verificación más común de áreas para verificar en forma de imágenes e imágenes junto con la ubicación del lugar en el mapa diseño.(Rewers et al., 2016, p. 5)

2.5.1.ix Value Stream Map (VSM). Teniendo en cuenta la metodología de Lean, existe otra herramienta relevante la cuál es el mapa de flujo de valor el cuál permite definir cada una de la actividades que se desarrollan en un proceso productivo y con la experiencia del personal, la revisión en tiempo real de cada una de ellas se pueden enlistar los tiempos efectivos de las tareas que agregan o no valor a la operación y que desde una visual inicial son relevantes para el cumplimiento de los objetivos planteados para la entrega o prestación de un producto o servicio. (Marin Garcia et al., 2019, p. 4)

El propósito principal del Value Stream Map o como su término en español lo indica, mapa de flujo de valor recae en la identificación de aquellas actividades que no generan valor en el proceso las cuales puedan ser abordadas bien sea para reducir el tiempo de inversión o para eliminarlas y ser abordadas por otras tareas sistemáticas que permitan cumplir a cabalidad con lo pactado sin que se afecte la calidad del producto o servicio. De igual forma, se pueden mapear diferentes proyecciones que le apunten a un objetivo de reducción en tiempo. Es así como se plantea en Rodríguez Fernández et al., 2019 donde se realizan diferentes proyecciones del antes y el después para estimar diferentes alternativas y tomar decisiones que impacten de manera positiva a la organización (p. 6).

El Value Stream Map es una herramienta que permite tener un diagnóstico claro y que puede ser aplicable en las diferentes áreas que al contar con el personal adecuado y el análisis cercano a la realidad logra diversificar acciones de mejora que se ajusta a la manufactura esbelta y permite generar ahorros en el mediano plazo. (Midilli & Eleveli, 2023, p. 1)

### **2.5.2 Matriz de Priorización**

La matriz de priorización es una herramienta útil la cual permite bajo un criterio controlado evaluar diversas propuestas con un fin en particular que al final permita tomar una decisión sobre cuál es la opción mejor. De esta forma se reduce la subjetividad en cuanto a la selección de alternativas y permite tener una visual fuera de sesgo para el momento en el cual se deseen presentar o evaluar los resultados obtenidos. (Campos et al., 2021, p. 316)

Regularmente se usan criterios cuantitativos y cualitativos los cuales permiten evaluar y ponderar un resultado claro al final del ejercicio y que para los diversos observadores no haya duda sobre cuál fue la decisión final, es por ello por lo que esta metodología se usa en diversas investigaciones y casos prácticos para orientar la toma de decisiones bajo

unos parámetros controlados y que sean de pertinencia al caso de estudio. (Gutiérrez & Pérez, 2022, p. 449)

### **2.5.3 Microsoft Power Apps**

En la actualidad un gran número de compañías han optado por el uso de herramientas de automatización que se relacionen con la nube y permitan en tiempo real proveer información de utilidad y fácil uso para sus colaboradores. En la última década Microsoft ha incursionado en mayor medida en este ámbito en búsqueda de brindar soluciones empresariales que se ajusten a las diversas necesidades de sus clientes y que se fomente la competitividad en los diversos sectores económicos.

Una de las alternativas que ha cobrado gran fuerza en la suite de herramientas son las Power apps las cuales con un proceso sencillo de programación permite crear aplicaciones sin necesidad del uso de una herramienta de diseño, integrar bases de datos con la nube y generar vistas prácticas las cuales se adecuen a las necesidades de las compañías. De igual forma permite integrar otras herramientas de automatización como Power BI para generar tableros de visualización que imprima alertas, indicadores, varianzas y de esta manera tomar decisiones en tiempo real que afecten de manera positiva los procesos de control. (MACPHERSON, 2023, p. 38)

Dentro de las aplicaciones que han cobrado mayor fuerza en las diversas compañías y que han generado resultados positivos dando uso de las Power apps se destacan las siguientes áreas de trabajo.

- Sistema de pagos
- Manejo de costos
- Traqueo de horarios e ingreso de personal
- Manejo de inventario
- Análisis financiero

#### **2.5.4 Power BI**

Power BI es una herramienta de análisis de datos que permite a los usuarios generar visuales sencillas, que bajo un tratamiento de datos previo permita identificar aspectos claves, indicadores de gestión y demás los cuales con un uso adecuado de los estos se tomen decisiones en tiempo y forma que impacten de manera positiva el negocio. (Libby et al., 2022)

El modelado de datos es posteado en la nube, el cual es de fácil acceso para los usuarios y así de manera consistente a medida que se van revisando la información actualizada las diferentes áreas involucradas en el proceso pueden tomar decisiones sobre como abordar una situación particular acorde a los resultados evidenciados. (VIOREL & LUCIA, 2019, p. 175)

De igual forma los usuarios pueden adecuar la vista del reporte acorde a las necesidades de la empresa lo cual genera dinamismo y creatividad en la representación que se quiere, gracias a que el modelado se postea en la nube el sistema es ágil y evita retrasos cuando se requiere alguna pieza de información en un momento en específico, también se relaciona con Power Query quien permite trabajar otras vistas de la información con el propósito de que la presentación del set de datos sea adecuado. (Widjaja & Mauritsius, 2019, p. 236)

#### **2.5.5 Metodología A3**

La metodología A3 es una herramienta enfocada en la identificación de problemas mediante la aplicación de diferentes herramientas que permitiesen indicar la situación actual de un problema a abordar y bajo unos pasos concisos que tienen como fundamento el ciclo PHVA poder identificar las causas de impacto principales para posterior a ello atacar esas áreas de oportunidad mediante un plan de acción conciso que pueda ser revisado en el tiempo y genere un espacio de aprendizaje sistemático por

la aplicación de la misma y la inclusión del personal en este ejercicio práctico. (Lenis Freire, 2023, p. 4)

Algunas de las herramientas que se destacan son el mapa de flujo de valor, las 5 porques, las 5 porques y una h, diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa el diagrama de árbol, los planes de acción, entre otros. Que al dar un uso adecuado de estas herramientas permite tener un arsenal amplio para accionar en el problema identificado y posterior a ello planear el cómo abordar las situaciones expuestas, el hacer las diferentes acciones plasmadas en un plan de acción, la verificación de las actividades realizadas y si están teniendo el impacto requerido con relación a los objetivos e intervenir de manera oportuna en el caso de que no se esté cumpliendo con lo planeado.(Santos Filho & Simão, 2023, p. 149)

### **2.5.6 Metodología de las 5 porques**

La metodología de los 5 porques, permite identificar claramente cual es la causa raíz de un problema para que posterior a ello se puedan abordar esas causas recolectadas y se genere una mejoría frente a las áreas de oportunidad. Esta herramienta contempla una gran relevancia puesto que permite tener un criterio lejos de la subjetividad dada la reiteración en el ejercicio de preguntas orientando la conversación hacia el problema principal y las diferentes respuestas que se van recolectando. (Baro Tijerina et al., 2016, p. 57)

Inicialmente se parte por la identificación del problema el cuál se pretende abordar dando uso de las preguntas del 5 porque y diseminando en pequeños segmentos las posibles razones por las cuales se generó la problemática inicialmente planteada y que entre pregunta y pregunta se usa la repuesta anterior para orientar el nuevo 5 porque realizado para finalizar con el ejercicio e identificar con claridad la causa raíz del problema analizado. (Deusto & Sánchez, 2020, p. 5)

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

La presente investigación tiene un enfoque mixto el cual iniciara con la recolección de información por medio de la realización de charlas y reuniones con los diferentes colaboradores de la compañía y jefes de procesos para obtener valores medibles y de esta manera diagnosticar el estado actual de la empresa para tener unas bases que permitan identificar las falencias en el proceso de manejo de inventarios, herramientas lean y mejoramiento continuo y como esto se trascribe en la obtención de nuevos clientes potenciales que generen beneficios a la compañía.

El alcance de la investigación es de carácter descriptivo dado que busca explicar de manera sencilla las diferentes perspectivas con las que se puede abordar un modelo de inventarios y el uso de herramientas de Lean Manufacturing que sean eficientes partiendo de un análisis de contexto las características internas de la empresa de Vidrios Tempse y así de esta manera realizar una definición de los parámetros iniciales para la propuesta de un modelo de gestión de inventarios que genere valor a los procesos de la compañía.

Se pretende abordar la investigación dando el uso de datos disponibles y dialogando con el personal experto para recolectar información de relevancia que pueda ser usada en la propuesta del modelo de gestión de inventarios y la sensibilización en las herramientas de Lean Manufacturing a trabajar en la empresa Vidrios Tempse. De esta forma, a través de un análisis inicial de la compañía, se resaltarán las diferentes áreas de mejora que se pueden abordar y mejorar.

La investigación tendrá diversos espacios de reunión y contacto con la empresa en mención donde se pretende recolectar los datos del día a día que describan la situación actual y con base en ello obtener datos primarios los cuales al no ser modificados orienta un diseño no experimental que obtendrá datos que respondan al contexto de la empresa puesto que la muestra será muy cercana a la población por la cantidad reducida de colaboradores.

Las herramientas que se usaran en la recolección de información se orientarán al uso de reuniones y charlas al personal con el cual se plantean recolectar los datos que soporten el estudio y permitan abordar el planteamiento del problema de una manera oportuna. Dicha información será recopilada en hojas de cálculo de Excel para poder tener de manera organizada los diferentes análisis y proposiciones del estudio en cuestión.

Inicialmente se buscará entender con claridad el manejo actual de inventarios con el que cuenta la empresa de Vidrios Tempse y como es el almacenaje y control correspondiente de un producto terminado a posteriori a las órdenes de compra generadas. De igual manera si actualmente la compañía da uso de herramientas Lean Manufacturing y mejoramiento continuo. Conforme la información es recolectada se realizarán los diferentes planteamientos que dicten cual es el modelo de inventarios más asequible y las herramientas de Lean Manufacturing generar un mayor orden al interior de la compañía.

Se plantean diseñar una propuesta visual dando el uso de las Power apps de Microsoft que permitan abordar la información de inventario de una manera sencilla para que cada colaborador pueda dar uso de esta. Al ser una empresa que no cuenta con muchos recursos de inversión es una de las herramientas más factibles y de fácil uso.

Adicionalmente se dará uso de la estadística descriptiva para analizar diferentes comportamientos y tendencias que puedan ser del beneficio para la organización. Finalmente se buscarán proponer espacios de familiarización con los colaboradores y jefes de planta para dar un seguimiento continuo a los procesos de sensibilización de las herramientas de Lean Manufacturing en la actualidad y cuando un nuevo colaborador ingrese a la compañía.

Teniendo en cuenta la información a recolectar, los diversos análisis y las herramientas a revisar se plantea que el desarrollo de una propuesta de un modelo de gestión de inventarios organizado con el uso de otras herramientas de Lean Manufacturing que

logre impactar de manera positiva la productividad y competitividad de la empresa Vidrios Tempse en el sector de transformación de vidrio templado.

## 4. RESULTADOS

Los resultados del presente proyecto se describen en sincronía con el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos. Para ello, en la sección 4.1 se presenta el desarrollo y resultados del diagnóstico, donde se analiza en profundidad la situación actual de la compañía, identificando áreas de mejora y oportunidades de optimización en la gestión de inventarios y producción.

En la sección 4.2, se aborda detalladamente la investigación sobre los diferentes modelos de inventarios y herramientas Lean Manufacturing utilizados en casos de éxito. Se examinan estudios de casos relevantes y se extraen lecciones aprendidas que puedan ser aplicadas en el contexto de la empresa Vidrios Tempse.

La sección 4.3 se centra en la sensibilización de la organización en el uso de las herramientas Lean Manufacturing. Se describen las actividades y estrategias implementadas para promover una cultura de mejora continua y fomentar la adopción de prácticas Lean en todos los niveles de la organización.

En la sección 4.4, se presenta la propuesta de modelo de inventario y herramienta Lean Manufacturing a aplicar en Vidrios Tempse. Se detallan los elementos clave del modelo propuesto y cómo se adaptan a las necesidades específicas de la empresa, considerando factores como la naturaleza de los productos terminados, los pedidos especiales y la gestión de parabrisas de vehículos antiguos.

En el primer objetivo de esta investigación es diagnosticar la situación actual de la empresa Vidrios Tempse en cuanto al sistema de gestión y control de inventarios de materia prima, moldes al interior de la compañía y producto terminado. El análisis exhaustivo de estos componentes es esencial para comprender el estado actual de los inventarios y evaluar la eficacia de las prácticas de gestión implementadas en la empresa.

Mediante la identificación de fortalezas y áreas de mejora, se busca proporcionar recomendaciones que permitan optimizar el sistema de gestión y control de inventarios, maximizando así la eficiencia operativa y la rentabilidad de Vidrios Tempse.

#### **4.1 Situación actual de la empresa Vidrios Tempse en cuanto al sistema de gestión y control de inventarios de materia prima**

Para una comprensión más clara del contexto en el que se lleva a cabo el diagnóstico y para facilitar la comprensión de los resultados obtenidos, se proporcionará una descripción general del proceso productivo, y de las partes de este, en donde resulta relevante la gestión de inventarios. En primer lugar, se presentará un diagrama de recorrido que ilustra el flujo del material, en este caso, las láminas de vidrio, a lo largo de todo el proceso

El diagrama de recorrido de la empresa Vidrios Tempse como se referencia en la figura 12, muestra detalladamente el proceso de producción de vidrio desde la entrada de la materia prima hasta la salida del producto terminado. El proceso comienza con la entrada de la materia prima, según la demanda o pedido y se dirige directamente a la mesa de corte o a los soportes de almacenamiento de materia prima.

Una vez que las láminas son cortadas, pasan al proceso de pulido. Si el vidrio es plano, se lleva a cabo en la rectilínea, mientras que, si presenta alguna curva, se utiliza el Pulpo. Posteriormente, si es necesario, se procede a perforar el vidrio en la mesa de troquelado.

Luego, el vidrio se dirige a los hornos para el proceso de transformación que se aplicará según el pedido o la demanda. Alrededor de los hornos se encuentran los estantes de almacenamiento de producto terminado, donde se colocan las láminas de vidrio que han completado su proceso de transformación.

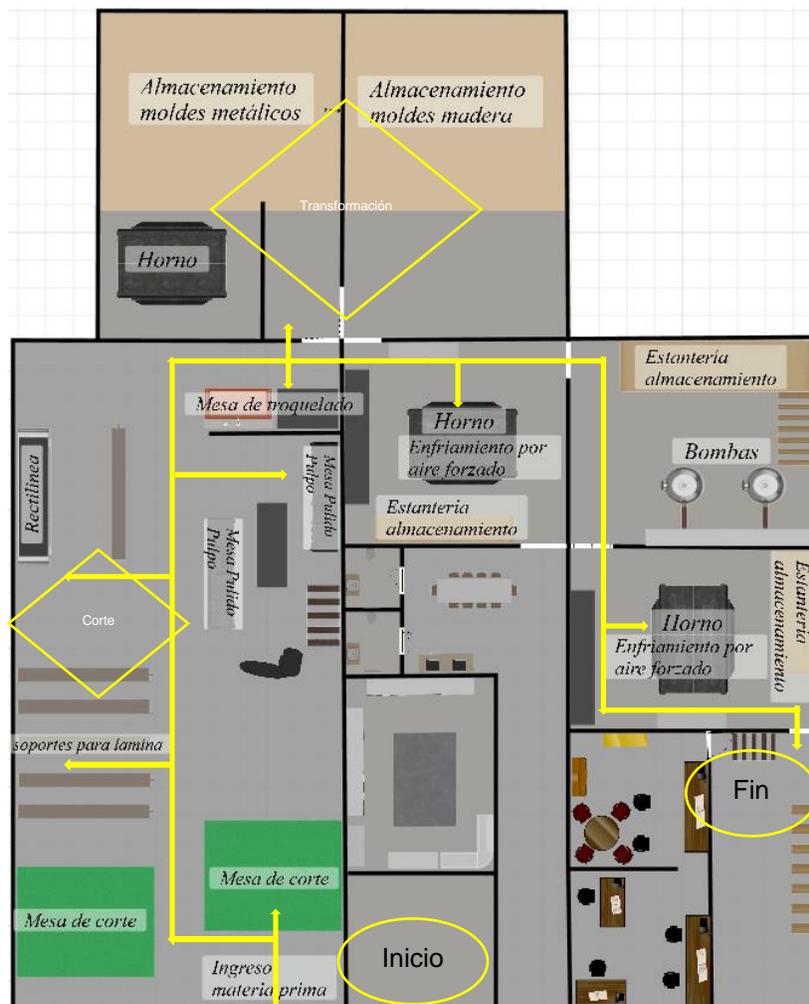
Finalmente, el recorrido termina con la salida del producto terminado, listo para ser entregado a los clientes. Cabe destacar que las oficinas y el comedor de los

colaboradores se encuentran en otra área de la empresa, separados del área de producción.

En resumen, el diagrama de recorrido de la empresa Vidrios Tempse permite visualizar la secuencia de operaciones del proceso de producción de vidrio y su posterior transformación, desde la entrada de la materia prima hasta la salida del producto terminado, garantizando la calidad y seguridad del producto final. En la siguiente figura se describe en detalle del recorrido del proceso productivo.

**Figura 12.**

*Diagrama de Recorrido del proceso productivo de la empresa Tempse*



**Nota.** La presente figura describe el proceso productivo de inicio a fin. En cuanto a la transformación de la lámina de vidrio templado y su diseño final. Bien sea arquitectónico o automotriz.

En la planta de Vidrios Tempse, se han establecido cuatro zonas de almacenamiento. La primera zona está destinada al almacenamiento de materias primas y cuenta con un área de 12 metros cuadrados, 4 metros de largo por 3 de ancho, permitiendo almacenar un máximo de 200 láminas.

En cuanto a las zonas de almacenamiento para el producto terminado, se dispone de una estantería con dimensiones de 2 metros de ancho por 5 metros de largo. Actualmente, esta estantería alberga los productos antes de su entrega final al cliente. Dado que la empresa trabaja por pedidos, se facilita el flujo de productos dentro de la compañía, evitando así mantener un stock innecesario.

En cada zona de trabajo, se cuenta con una estantería donde se va dejando el producto al final de cada proceso, no es común que se retenga producto entre áreas dado que el modelo de trabajo se relaciona directamente con las ordenes de pedido del cliente y se fabrica lo que se pide, generando un proceso dinámico donde las entradas de una zona de trabajo son las salidas de otra.

Además de las zonas mencionadas anteriormente, existe un cuarto espacio que se utiliza específicamente para el almacenamiento de moldes. Sin embargo, es importante señalar que en este espacio no se ha implementado un procedimiento o lineamiento específico para facilitar la búsqueda de los moldes. Las dimensiones de este cuarto espacio son (10 metros de fondo por 6 de ancho).

Es importante mencionar que, hasta el momento, no se ha implementado ningún procedimiento específico para mejorar la búsqueda de los moldes en el cuarto espacio mencionado. El aforo de la situación actual refleja la capacidad y distribución descrita anteriormente, sin tener en cuenta posibles ajustes o mejoras que podrían incrementar la eficiencia y el rendimiento del sistema de almacenamiento.

La empresa procura tener las estanterías cerca de los hornos de transformación, lo cual garantiza que una vez finalice el proceso de producción se pueden almacenar y no requiere un desplazamiento exhaustivo que pueda poner en peligro la integridad del vidrio fabricado.

Al interior de la empresa hay 3 zonas de transformación en donde se tienen los hornos que inicialmente se precalientan, con el fin de adquirir una temperatura adecuada para posterior a ello, introducir las láminas a trabajar y con el diseño inicial se pueda obtener el vidrio que el cliente final indicó.

El trabajo de diseño es uno de los principales fuertes de la empresa Tempse, ya que no todos los clientes cuentan con los moldes requeridos para la óptima fabricación de los proyectos planeados inicialmente. Es allí donde la compañía cuenta con un proceso de diseño y desarrollo que se ajusta perfectamente a las necesidades del cliente. No obstante, como se describe en el diagrama, hay una zona exclusiva para el almacenaje de estos moldes en la parte posterior de la planta.

En la línea de producción de vidrio, se utilizan diversas tecnologías para lograr las características y formas deseadas en los productos finales. Algunas de las tecnologías empleadas incluyen:

- Horno curvado (laminado): esta máquina permite dar forma curva al vidrio crudo, controlando cuidadosamente la temperatura para evitar roturas o deformaciones no deseadas. También se utiliza para producir vidrio laminado, donde se unen dos láminas de vidrio con una capa interna.
- Horno de templado: ubicado bajo tierra debido a las altas temperaturas que alcanza, este horno es utilizado para moldear el vidrio crudo y darle la forma deseada. Una vez alcanzado el estado adecuado, se extrae rápidamente y se presiona en un molde para fijar la forma.

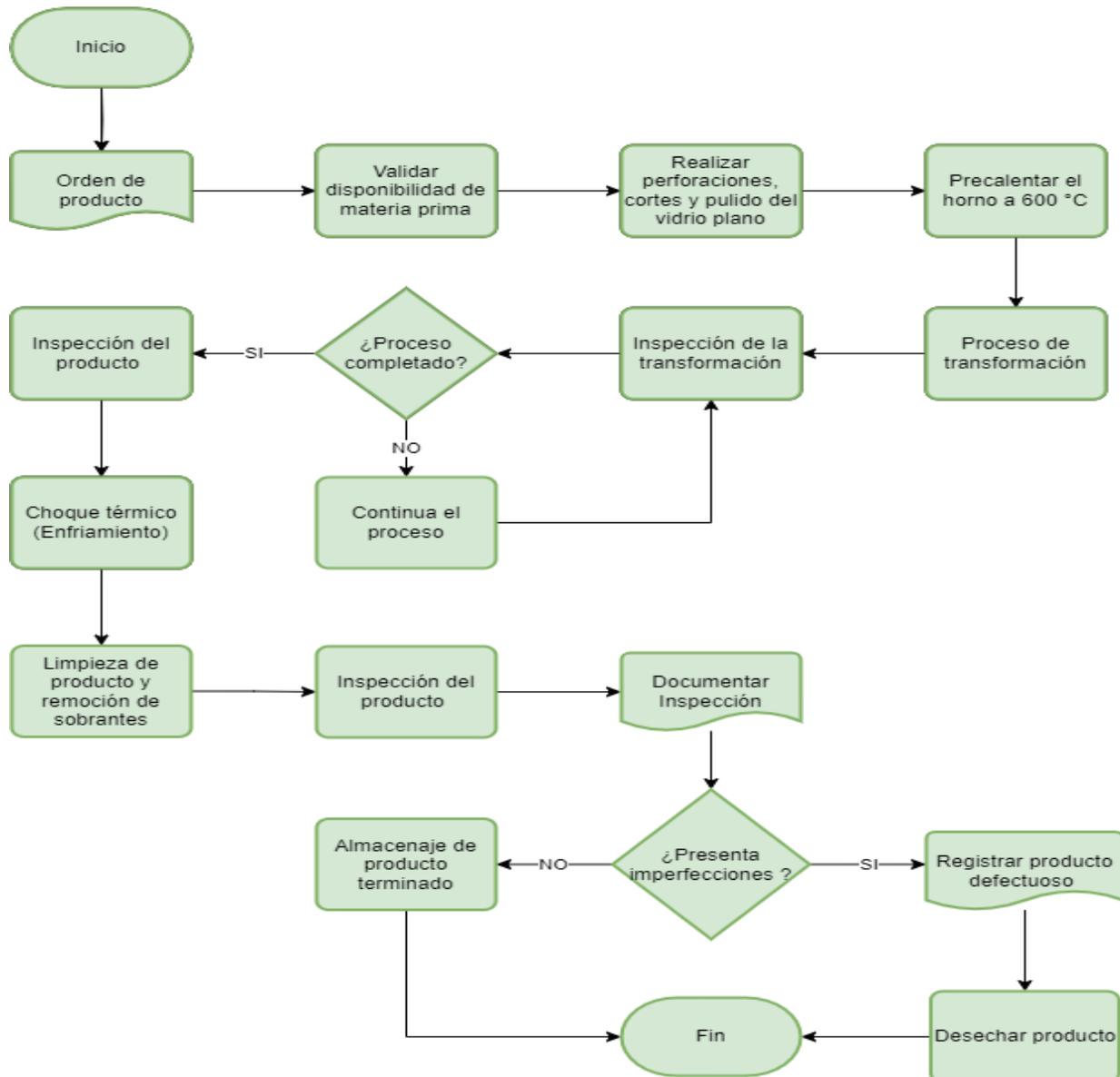
- Pulidora y biseladora de formas: esta máquina cuenta con brazos extensibles que permiten trabajar el vidrio en formas y diseños irregulares, especialmente en piezas circulares.
- Rectilínea pulidora: utilizada para pulir y dar brillo a los bordes y esquinas de vidrio plano y espejos.
- Maquinaria de perforación: se utilizan diversas herramientas, como taladros, sierras y motores FOOL, para realizar perforaciones en el vidrio según los requerimientos del diseño.
- Compresores: estas máquinas proporcionan aire comprimido necesario para diferentes procesos en la elaboración del vidrio.
- Enfriadores: se utilizan para mantener la refrigeración constante en todo el proceso de producción y elaboración del vidrio.

Es importante destacar que cada tecnología empleada en la línea de producción de vidrio requiere de un cuidadoso control y ajuste de sus parámetros para garantizar la calidad y seguridad del producto final. El tiempo estimado para cada proceso varía según las características del vidrio y las especificaciones del diseño.

De igual forma, para tener un entendimiento claro de las etapas del proceso. En complemento a este diagrama de recorrido, se presenta el diagrama de flujo.

**Figura 13.**

*Diagrama de flujo del proceso de transformación*



**Nota.** En la presente figura se relaciona el diagrama de flujo del proceso de transformación de vidrio templado para las líneas de trabajo arquitectónico y automotriz.

Para la descripción de lo presentado en este diagrama, se presenta la descripción del proceso, señalando cada una de sus operaciones e hitos que marcan el tránsito del material desde el inicio hasta el final del proceso.

#### **4.1.1 Proceso para la Elaboración del Vidrio Templado**

El proceso de producción del vidrio templado es un tratamiento termoquímico que consiste en calentar el vidrio a temperaturas superiores a los 600°C en un horno especializado, y luego, enfriarlo rápidamente mediante chorros de aire, generando una diferencia de temperatura que provoca la contracción de la superficie del vidrio, mientras que el centro se mantiene en tracción. De esta forma, se logra crear una estructura más resistente y duradera, capaz de soportar mejor las tensiones mecánicas y térmicas a las que puede estar expuesto en su uso cotidiano.

Es un proceso fundamental en la fabricación de vidrios de seguridad, como los utilizados en automóviles, edificios y electrodomésticos. Además, este tipo de vidrio es considerado más seguro, ya que, en caso de rotura, se fragmenta en pequeños pedazos no afilados en lugar de romperse en grandes trozos con bordes filosos, minimizando el riesgo de lesiones

#### **4.1.2 Procesos de la Línea Automotriz**

- **Recepción y Corte:** En esta etapa, se recibe el pedido del vidrio solicitado, el cual es ubicado en el almacén de materia prima y programado para posterior envío al área de Corte. Allí, se entregan las especificaciones del vidrio al operario, tales como dimensiones, espesor, color, cantidad y detalles adicionales como perforaciones biseladas o pulimentos. La mayoría de los clientes presentan una plantilla con los datos y las especificaciones que requieren.

En el momento la empresa no tiene mayores contratiempos en el almacenaje de materia prima dado que su modelo de negocio actual se enfoca en la producción con base a unas ordenes de trabajo previamente pactadas con el cliente, por lo que la solicitud de materiales crudos va en concordancia con lo que se va a desarrollar. Por ende, los tiempos de almacenaje de materias primas es mínimo.

Una vez llegan las láminas de vidrio crudo, se procede a hacer un marcaje inicial con un rotulo de papel según el espesor de la lámina. Una vez llega el producto se realiza una limpieza superficial en aras de determinar si el vidrio presenta alguna novedad y por seguridad para poder tener una mejor manipulación de este.

Adicionalmente para llevar un seguimiento de las láminas de materia prima se realiza un registro en un cuaderno de manera manual para corroborar la cantidad y si esta es suficiente para suplir el pedido existente, de lo contrario se informa al departamento de compras para realizar una solicitud adicional. En cada estación del proceso de transformación los colaboradores de manera visual determinan si es pertinente o no la adquisición de materia prima adicional.

Una vez llega un nuevo pedido se realiza una inspección visual por los diferentes centros de trabajo con el fin de validar con cuantas laminas se cuentan y así, posterior a ello, hacer una nueva solicitud de las faltantes para cumplir con el requerimiento pactada. Actualmente, no hay un registro preciso puesto que solo hay un seguimiento inicial al llegar al material mas no cuando entran en proceso de transformación las láminas y queda material faltante.

- Pulido: Luego del corte, el vidrio se dirige al área de pulido, donde se somete a un proceso de pulido en una pulidora de Vidrios Rectos, encargada de pulir las extremidades y bordes del vidrio. Normalmente las láminas que son enviadas al área de pulido son aquellas a las que se les realizará el proceso de curvado. Por ende, hay laminas que continúan su flujo de proceso en otras áreas de trabajo, por ende, es poco el inventario que se genera en esta zona dado que son referencias específicas las que se trabajan allí. Normalmente, son vidrios para vehículos que ya han salido de circulación.
- Perforado: Después del pulido, se realiza el proceso de perforación mediante taladros, según los requerimientos del cliente. En esta sección, se cruzan las líneas automotriz y arquitectónica.

- Curvado sin Temple (laminado): En algunos casos, se requiere el curvado sin temple de los vidrios, que se realiza en un Horno Curvo. El proceso de curvado dura aproximadamente 3 horas y consiste en elevar la temperatura del vidrio a unos 600°C para darle la forma deseada y enfriarlo posteriormente. Durante este proceso, es importante mantener cerrada la cabina del horno, para evitar posibles errores de traspaso y choque térmico que puedan dañar el vidrio.

Para este proceso, se utiliza una película de polivinilo de 0,38 micras, que se coloca en el vidrio inferior, y se incorpora un segundo vidrio en la parte superior. La función de la película es evitar la pérdida total del vidrio, en caso de que se presente un choque térmico brusco.

- Curvado con Temple: En la mayoría de los casos, se realiza el curvado con temple en un horno curvado simple. El vidrio se sujeta con pinzas que lo sostienen mientras se introduce en el horno, donde permanece durante 4 minutos, a una temperatura de unos 600°C. Luego, mediante la presión de dos plaquetas por parte de dos operadores, se le da la forma curvilínea deseada, y se enfría posteriormente. Este proceso tarda entre 5 y 6 minutos y soporta formatos de 2.10x1.10 m.
- Remoción de Sobrantes: Finalmente, el vidrio se somete a una limpieza mediante cepillos especiales que eliminan las impurezas superficiales del vidrio.
- Almacenamiento y Despacho: En relación con el almacenamiento y despacho de los productos, es importante destacar que existen dos posibles escenarios. En primer lugar, puede darse el caso en el que el pedido se despache de manera inmediata una vez que se ha completado su preparación. En este caso, el producto se envía directamente al cliente sin pasar por el almacén de producto terminado.

Por otro lado, es posible que algunos pedidos sean ubicados en el almacén de producto terminado durante un período de tiempo antes de su despacho. Puede ocurrir que el despacho de estos pedidos se realice unas horas después de su ubicación en el

almacén, o incluso al día siguiente, dependiendo de la planificación logística y los criterios de eficiencia establecidos por la empresa.

Adicionalmente, es importante mencionar que en cada zona de trabajo se cuentan con góndolas las cuales se usan para almacenar las láminas que llegan para ser transformadas mientras se realiza el proceso de otras. Los tiempos de almacenamiento son de poca duración, ya que el modelo de flujo de trabajo es continuo y el resultado de un proceso es la entrada de otro. Por ende, no hay mayor retraso o sobre inventariado en las zonas de trabajo.

A lo largo de la cadena de producción en las diferentes líneas, cabe mencionar que hay un inventario de productos en proceso. Cabe mencionar, que este inventario se presenta únicamente en los puntos de transformación, especialmente en los hornos, pues estos son fundamentales en los procesos de curvado, templado y demandan un tiempo significativo para completar su función. Conscientes de este hecho, se ha establecido un espacio de almacenaje adyacente a los hornos, con la finalidad de preparar y tener listos los productos que serán transformados.

El inventario de producto en proceso en esos puntos de transformación es meticulosamente controlado, pues se procura tener una cantidad limitada, generalmente no más de 12-15 vidrios.

#### **4.1.3 Procesos de Línea Arquitectónica**

- **Recepción y Corte (Tiempo estimado: 1-2 días):** En este proceso, se recibe el pedido del vidrio deseado y se lleva a cabo la programación del envío. El proceso tiende a ser muy dinámico ya que no hay mayores tiempos de espera en el almacenaje de materia de prima, dado que, la empresa y su naturaleza circulan entorno a órdenes de trabajo ya pactadas con un cliente y la solicitud de recursos es acorde a el proyecto/diseño a desarrollar.

Luego, el vidrio es entregado al área de corte, donde el operario encargado recibe las especificaciones del vidrio, incluyendo dimensiones, espesor, color, cantidad y otros detalles. Para asegurarse de que el vidrio se corte según las especificaciones exactas, muchos clientes proporcionan una plantilla con los datos necesarios.

- Pulido y Brillo (Tiempo estimado: 1 día): En esta área, se realiza el proceso de pulido y brillo para formas irregulares utilizando unas máquinas llamadas Pulpos, que tienen extensiones de brazos para permitir el pulido de vidrios de formas y tamaños irregulares. Este proceso puede tomar un día completo, dependiendo del tamaño y la complejidad de las piezas de vidrio.
- Perforado (Tiempo estimado: 1 día): Antes del pulido, se procede al perforado mediante taladros automáticos que realizan las perforaciones de acuerdo con las especificaciones requeridas. En esta sección se cruzan las líneas arquitectónica y automotriz, lo que significa que las piezas de vidrio pueden ser perforadas para aplicaciones en ambas áreas.
- Remoción de Sobrantes (Tiempo estimado: 1-2 días): Finalmente, el vidrio se somete a una limpieza utilizando cepillos especiales que eliminan cualquier impureza superficial. Este proceso puede llevar de 1 a 2 días, dependiendo del tamaño y la cantidad de vidrio que se deba limpiar.
- Almacenamiento y Despacho: El proceso de almacenamiento de la línea arquitectónica es similar a la de la línea automotriz puesto que se desarrollan en el mismo ambiente de trabajo y dando uso de las herramientas de trabajo con las que ya cuenta la compañía. Es importante tener en cuenta que los tiempos estimados pueden variar dependiendo de la complejidad del trabajo y el volumen de pedidos que se deban manejar en el momento.

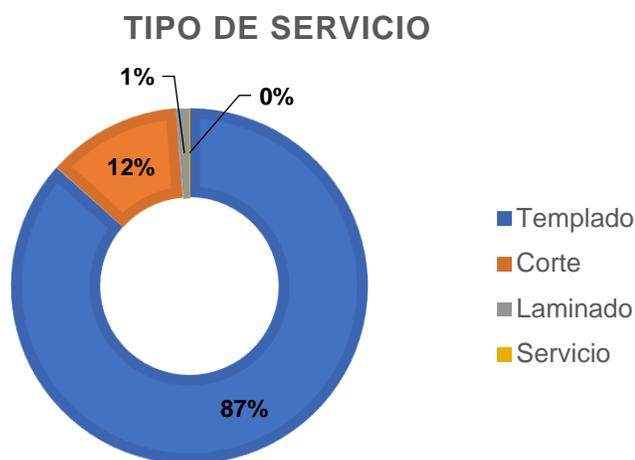
#### 4.1.4 Situación Actual

En el marco de la investigación, se realizó una visita a la empresa enfocada principalmente en la transformación de vidrio plano en vidrio templado o laminado. Durante la visita, se constató que cuenta con cuatro tipos de servicios en este enfoque: templado, corte, laminado y servicio.

A través del análisis de los datos recopilados en el Anexo 1 se determinó que el servicio de templado es el más ofrecido por la empresa, representando el 86.62% de los servicios proporcionados, seguido del corte, laminado y servicio. Es importante destacar que los servicios de corte y laminado también son fundamentales y ofrecen oportunidades de crecimiento para la empresa en el futuro.

**Figura 14.**

*Distribución de la producción de vidrio por tipo de servicio*



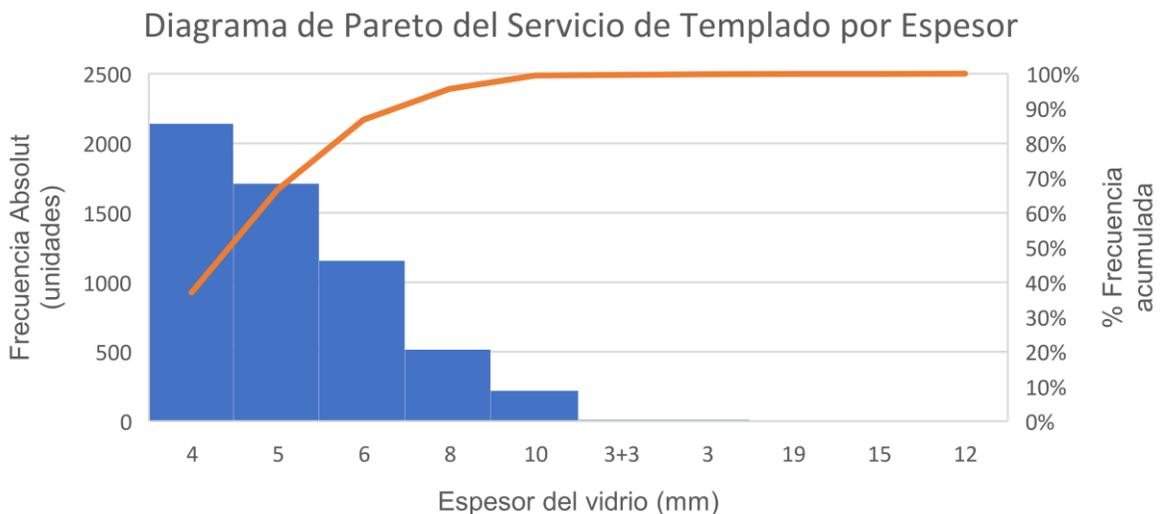
**Nota.** En la presente figura se relacionan los servicios de mayor producción en la empresa Vidrios Tempse

Además, se observó que los servicios ofrecidos por la empresa están clasificados en dos tipos de vidrio: plano y curvo, siendo el vidrio plano el que representa la mayor proporción, con un 52.87%. Sin embargo, es importante destacar que el vidrio curvo también representa una proporción significativa, con un 47.13%.

Posteriormente, se procedió a realizar un análisis de Pareto con el fin de identificar los principales problemas y/o desafíos que enfrenta la empresa en la producción de vidrio templado y corte. En la figura 15 y 16 se relaciona con mayor detalle los datos analizados en las cuales se contrastan el número de unidades y espesores de mayor influencia

**Figura 15.**

*Diagrama de Pareto del servicio de templado por espesor*



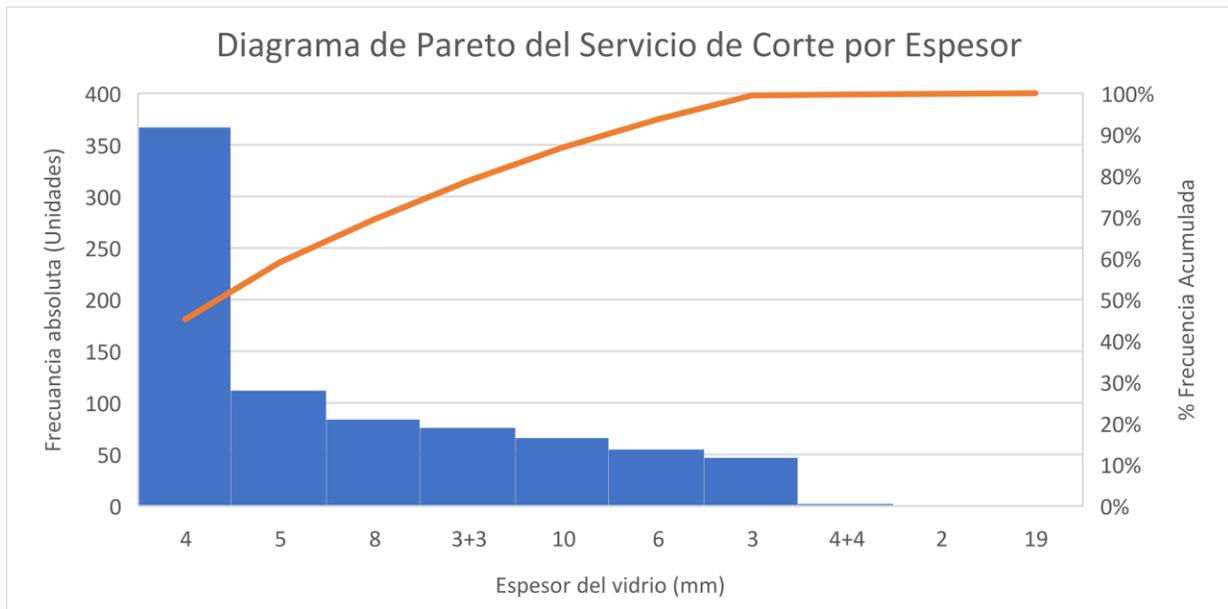
**Nota.** En la presente figura se describen los groseres que tienen una mayor representación en la producción de vidrio del servicio de templado

En el análisis de Pareto realizado para el servicio de templado, se encontró que los espesores de 4, 5 y 6 mm son los principales desafíos que enfrenta la empresa en la producción de vidrio templado. Es decir, estos tres espesores de vidrio representan la mayor parte de los problemas o desviaciones que se presentan en este servicio.

Es importante destacar que estos resultados permitirán a la empresa enfocar sus esfuerzos en mejorar y optimizar el proceso de producción para estos tres espesores de vidrio, y a la vez, en la planificación y gestión de los inventarios, pues los espacios de almacenamiento deberán estar dispuestos mayoritariamente para este tipo de vidrio.

**Figura 16.**

*Diagrama de Pareto del servicio de corte por espesor*



**Nota.** En la figura en mención se describe la producción de vidrios del servicio de corte y su representación por espesor

Por otro lado, en el análisis de Pareto realizado para el servicio de corte, se encontró que el espesor de 4 mm es el principal desafío que enfrenta la empresa. Sin embargo, para tener un mayor alcance sobre las posibles problemáticas, también se tuvieron en cuenta los espesores de 5 mm, 8 mm y el corte de vidrio de 3+3 consecutivamente. Estos resultados permitirán a la empresa enfocar sus esfuerzos en mejorar y optimizar el proceso de producción para estos espesores de vidrio y tipos de corte.

En conclusión, el análisis de Pareto realizado permitió identificar las medidas de los vidrios en los cuales hay una mayor producción en los servicios de templado y corte. Estos resultados serán de gran utilidad para la empresa al momento de enfocar sus esfuerzos en mejorar y optimizar sus procesos de producción para garantizar la calidad y seguridad de sus productos, así como también para mejorar su eficiencia operativa y rentabilidad en el mercado del vidrio templado y laminado.

#### **4.1.5 Problemas Observados**

- Durante la visita a la empresa, se identificó que los tiempos de entrega para los vidrios de longitud superior a los 3 metros era en promedio 5 días adicionales al plazo inicial del proceso, así como, lo indicaban los operarios del proceso. Esto se debía a que la empresa tenía que tercerizar el desarrollo de estas referencias ya que no cuentan con las máquinas que permiten trabajar con estas medidas y se debía enviar las láminas crudas a otro lugar para su tratamiento y posterior envío.

Se realizó una entrevista a un experto del proceso, el cual indicó que la empresa era capaz de desarrollar de uno a dos proyectos a la vez, partiendo de que un proceso automatizado tardaba alrededor de 10 a 15 días y el arquitectónico de 7 a 10 días.

Además, se constató que el horno de la empresa no cuenta con la capacidad suficiente para abastecer la demanda de los pedidos, lo que ocasiona que la entrega de al menos el 40% de estos, se realizó con una demora de tres o más días posteriores a la fecha solicitada.

La empresa inicialmente tomó estos escenarios como prueba para que a futuro se analizara de manera cuidadosa el impacto que podía tener con el cumplimiento de los requerimientos del cliente. Por ello, actualmente procura que el inventario de proceso sea nulo y no se comprometa con proyectos múltiples sino cuenta con la disponibilidad y espacio en planta.

- Uno de los problemas identificados en el proceso de curvado sin temple es la limitación en cuanto a la cantidad de cabinas disponibles en el horno. Actualmente, la empresa cuenta únicamente con dos cabinas simultáneas, lo que permite realizar un máximo de dos trabajos con medidas no superiores a 2.20m.

Esta limitación, sumada al tiempo que tarda la deformación del vidrio (de 3 a 4 horas), genera un cuello de botella en la producción de este tipo de material. Debido a estas

restricciones, la empresa no estaría en la capacidad de manejar un pedido muy grande y podría afectar su capacidad de cumplir con los plazos de entrega de manera eficiente.

Es relevante mencionar que la empresa cuenta con una estantería en la zona de hornos con capacidad suficiente (100 láminas) a la demanda máxima que podrían aceptar para aquellas láminas que no están en proceso de transformación en el horno para su posterior manipulación. Por ende, el problema al cual se podría ver implicada la empresa recae en el tiempo que tardan los hornos en hacer la transformación para que no se exceda la cantidad permitida de inventario de proceso y generar un mejor flujo de trabajo.

- La empresa se enfrenta a una problemática importante cuando los pedidos superan medidas de 2.10 x 1.10 m, ya que no cuenta con la capacidad o el equipo necesario para procesarlos internamente. Esto, resulta en la necesidad de tercerizar este proceso, lo cual implica una serie de desafíos adicionales, como la coordinación con el proveedor externo, la calidad y consistencia del trabajo tercerizado, así como, los costos y el impacto en los tiempos de entrega.

Esto puede generar inconvenientes para los clientes, quienes podrían tener que esperar más tiempo del esperado para recibir su pedido, lo cual podría afectar la satisfacción del cliente y, en última instancia, la reputación de la empresa.

- La rotura repetitiva de vidrio es un problema crítico para la empresa, especialmente en procesos clave como el horno y el perforado. Esta situación se evidencia de manera recurrente, con un promedio de aproximadamente 37 vidrios rotos al mes debido a diversas razones. Esta cifra resalta la magnitud del problema y subraya las implicaciones negativas tanto en términos de costos como en la calidad del producto final.

La rotura de vidrio implica la necesidad de desechar productos, lo que genera pérdidas económicas significativas para la empresa. Además de los costos directos asociados con la reposición de los vidrios dañados, también hay que considerar los costos indirectos relacionados con la interrupción de los procesos de producción y la posible insatisfacción del cliente debido a retrasos o entregas defectuosas.

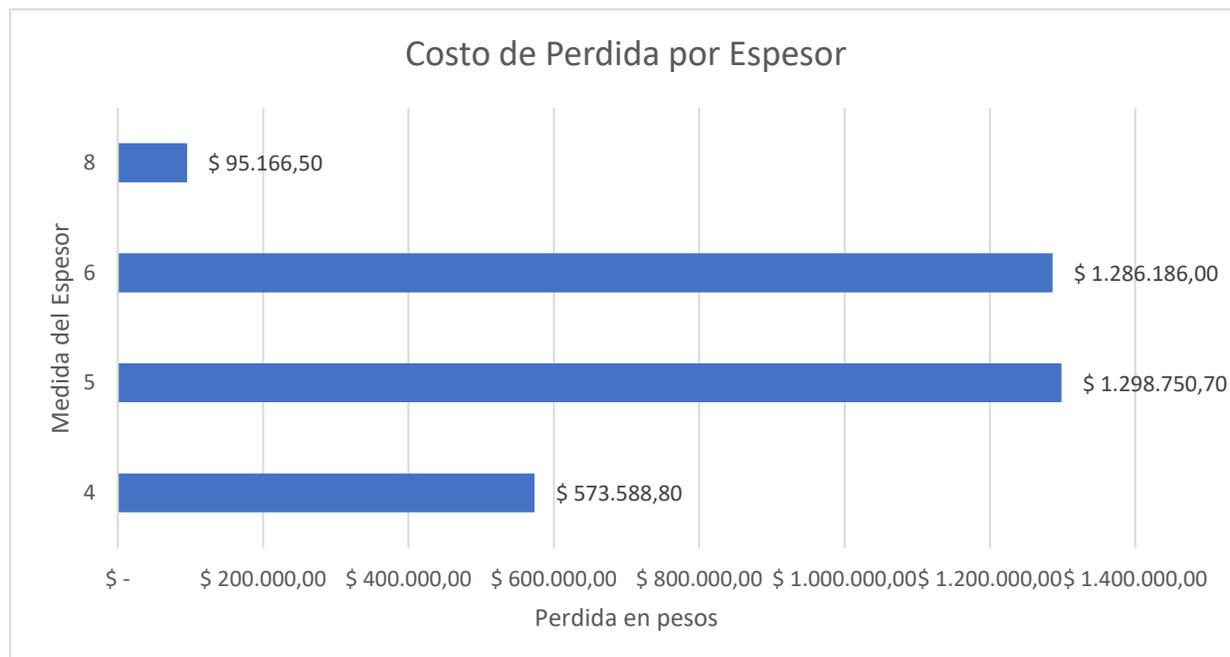
Además, la calidad del producto final puede verse afectada si la rotura del vidrio ocurre en una etapa tardía del proceso de producción, lo que obligaría a la empresa a comenzar desde cero, lo que tiende a ser costoso y afectar la eficiencia de la empresa.

También podría haber implicaciones en términos de seguridad laboral si los trabajadores están en contacto cercano con el vidrio roto y no se toman medidas adecuadas para proteger su salud y seguridad. Por lo tanto, la empresa debe tomar medidas para reducir la incidencia de la rotura de vidrio en estos procesos y mejorar su eficiencia y calidad en general.

Se realizó un análisis de las órdenes de compra procesadas en el año 2022 con el fin de saber cuál era el impacto que tenían en los costos de producción de los vidrios fabricados conforme a las medidas del espesor. En la siguiente figura se relacionan los datos obtenidos de este análisis.

**Figura 17.**

*Costo de perdida por rotura vs espesor en el año 2022*



**Nota.** En la figura se relaciona el costo de las pérdidas de producción y su comparativo con los espesores de mayor relevancia para la empresa Vidrios Tempse.

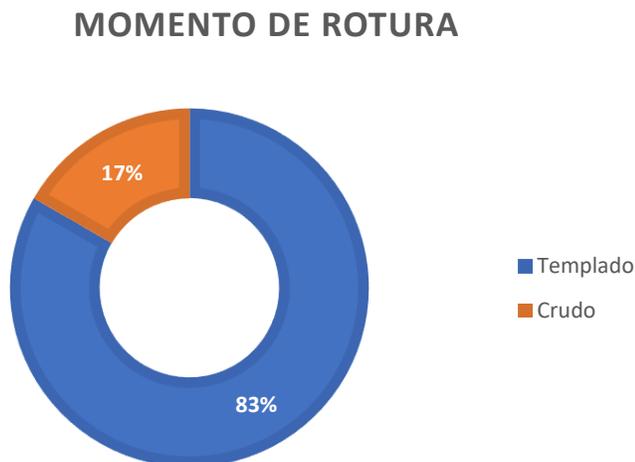
Una de las problemáticas consideradas, son las pérdidas económicas ocasionadas por la rotura de vidrios como materia prima. Se estima que se pierden alrededor de 3.253.692 millones de pesos colombianos al mes debido a este problema. Es importante destacar que este cálculo se realizó considerando únicamente el costo de la materia prima en estado crudo, sin tener en cuenta los posibles valores adicionales que podrían agregarse una vez transformado el vidrio.

Dentro de estas pérdidas, se han identificado diferentes categorías de vidrios según su grosor. Para vidrios de 4 milímetros, aproximadamente se registran pérdidas mensuales promedio por valor de 573.588 pesos, mientras que para los de 5 milímetros se estiman en 1.298.750 pesos. Los vidrios de 6 milímetros presentan pérdidas de alrededor de 1.286.186 pesos, y los de 8 milímetros tienen pérdidas aproximadas de 951.166 pesos. Cabe resaltar que, estos costos son aproximados y corresponden al año 2021, por lo que

las pérdidas actuales podrían ser aún más significativas debido a posibles cambios en los precios.

**Figura 18.**

*Distribución del momento de la rotura*



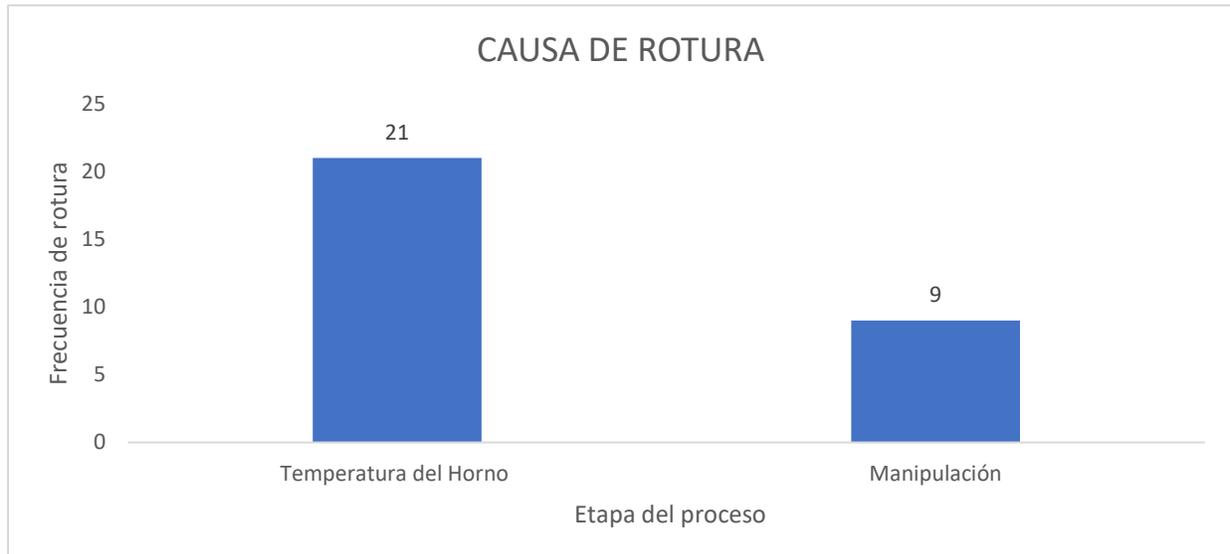
**Nota.** En la presente figura se referencia la relación que existe entre el momento de rotura y el tipo de servicio en el que se presenta con mayor frecuencia

Además de la problemática anteriormente mencionada, es importante destacar que, con base en la figura anterior, se ha identificado que el momento más propenso para la ocurrencia de roturas en el vidrio es durante su proceso de templado y transformación, lo cual representa aproximadamente un 83% de los casos. El restante 17% de las roturas se producen durante etapas anteriores, como el corte o perforado del vidrio en estado crudo.

Este hallazgo evidencia la necesidad de enfocar los esfuerzos de prevención y control de las roturas principalmente durante la etapa de transformación del vidrio. Es fundamental analizar a fondo los procesos de manipulación, corte, perforado, y demás técnicas utilizadas durante la transformación del vidrio, para identificar posibles factores que contribuyan a su fragilidad y eventual rotura.

**Figura 19.**

*Causa de rotura de mayor frecuencia*



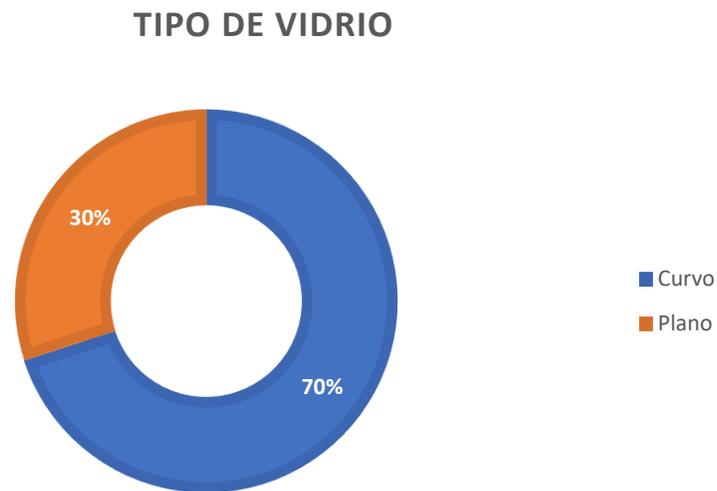
**Nota.** En la presente figura se relaciona la etapa en la que suele ser más frecuente una rotura

En la información proporcionada en la figura 19, se confirma que el momento principal de rotura del vidrio se da durante su proceso de transformación, lo cual respalda la importancia de enfocar los esfuerzos en esta etapa para prevenir dichas roturas. Un factor crítico identificado en esta etapa es la temperatura del horno utilizado en el proceso de transformación del vidrio.

Se observa que no existen temperaturas estándar establecidas en el proceso, sino que se basa en gran medida en la experiencia y conocimientos del operario encargado. Esta falta de estandarización puede contribuir a un mayor riesgo de rotura, ya que la temperatura inadecuada o fluctuante durante el proceso de calentamiento y enfriamiento del vidrio puede debilitar su estructura y propiciar su fractura.

**Figura 20.**

*Representación del tipo de vidrio que tiende a tener mayor cantidad de roturas*



**Nota.** En la presente figura se describen el porcentaje con el que ocurren una mayor cantidad de roturas por tipo de vidrio

En particular, se ha observado que el vidrio curvo es más propenso a sufrir roturas en comparación con otros tipos de vidrio. Esto se debe a que el proceso de curvado implica procedimientos adicionales que pueden ser más tediosos y complejos.

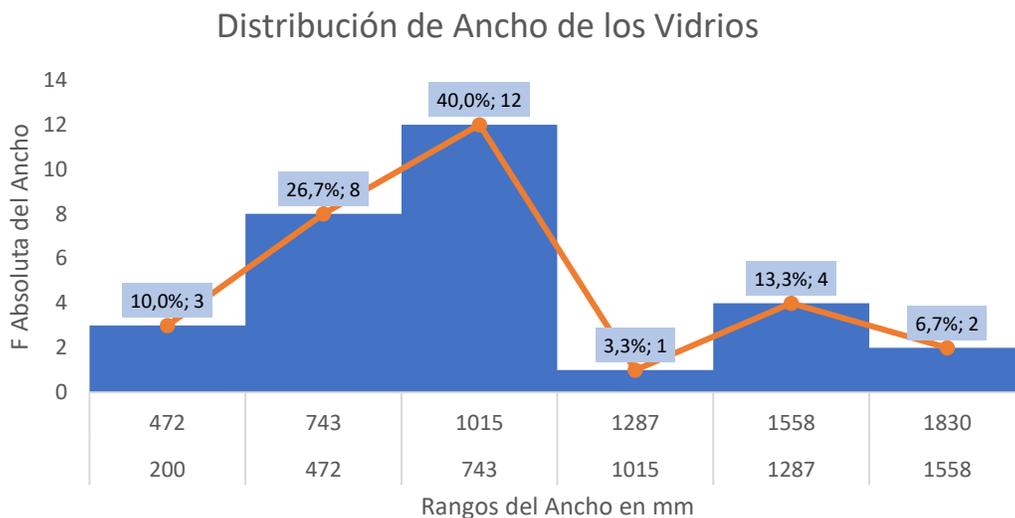
Durante el proceso de curvado, se aplican técnicas y presiones específicas para lograr la forma curva deseada en el vidrio. Estas manipulaciones adicionales, como la aplicación de presión, pueden ejercer fuerzas y tensiones sobre el vidrio, lo que aumenta la probabilidad de que se produzcan fracturas. Además, las propiedades del vidrio pueden verse más expuestas y sensibles durante el proceso de curvado, lo que también contribuye a un mayor riesgo de rotura.

- En cuanto al transporte del material al interior de sus instalaciones, especialmente cuando se trata de materiales grandes y frágiles. Debido a las dimensiones y la delicadeza de los productos, se requiere la presencia de al menos tres personas para cada desplazamiento. Esto no solo implica un costo significativo en términos de personal, sino también una pérdida de tiempo. Además, este proceso podría generar

una mayor probabilidad de accidentes laborales, lo que a su vez aumentaría los costos de indemnización y afectaría la productividad. Es necesario encontrar soluciones más eficientes y seguras para el transporte de materiales grandes y frágiles al interior de la empresa, con el fin de reducir costos y mejorar la eficiencia en la gestión de los recursos.

**Figura 21.**

*Distribución de la rotura por ancho del vidrio*

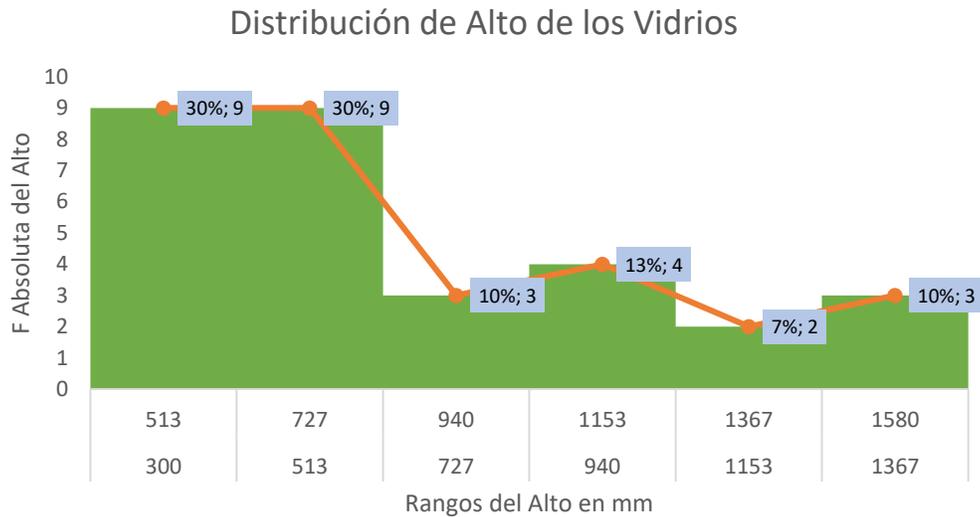


**Nota.** En la presente figura se describen las regiones en las que hay más probabilidad de rotura acorde a los datos históricos de los anchos de vidrio donde han sucedido una mayor cantidad de siniestros

De igual forma se procedió a analizar el comportamiento de rotura conforme a el ancho y alto del vidrio y así entender en que referencias de vidrio y dimensiones se presentan mayores fallos en el proceso de transformación. En la figura 21 y 22 se relacionaron los datos pertinentes a esta revisión.

**Figura 22.**

*Distribución de la rotura por la altura del vidrio*



**Nota.** En la figura se relacionan las alturas en las cuales suelen incidir una mayor cantidad de roturas frente a las que no

- La empresa enfrenta un desafío tecnológico en su proceso productivo debido a la falta de automatización en la curvatura del vidrio después del proceso térmico. Este proceso se realiza manualmente por tres operarios, lo que conlleva a pérdidas de tiempo y uso de personal. La falta de automatización también aumenta el riesgo de errores humanos y limita la capacidad de producción. Por lo tanto, la empresa necesita una solución tecnológica que les permita automatizar este proceso y optimizar su producción.
- La empresa enfrenta un problema en la gestión de sus moldes debido a la falta de orden y control en su almacenamiento. La gran cantidad de moldes existentes y la falta de un sistema eficiente de seguimiento y ubicación de estos aumenta el riesgo de pérdida o daño de estos, lo que puede llevar a la necesidad de repetir el proceso de fabricación y aumentar los costos. Además, el espacio que ocupan los moldes dentro de la planta es cercano al 20%, lo que puede limitar la capacidad de producción y generar problemas de logística en el manejo de estos. Se requiere una solución

eficaz que permita optimizar el uso del espacio y mejorar el control y seguimiento de los moldes para evitar pérdidas y reducir costos.

- La empresa realiza pedidos de materiales sobre la demanda, lo que puede resultar en mayores costos debido a la falta de previsión en la adquisición de insumos. Al no contar con un adecuado control de inventario y pronóstico de la demanda, la empresa corre el riesgo de tener que realizar pedidos urgentes y costosos en momentos en los que los proveedores pueden aumentar los precios o no contar con la disponibilidad de los materiales necesarios. Además, esta forma de adquirir los materiales puede generar retrasos en la producción, lo que puede afectar la satisfacción del cliente y la rentabilidad de la empresa.
- La empresa objeto de estudio se enfrenta a una problemática relacionada con el mantenimiento de sus equipos. Los mantenimientos se realizan de manera correctiva, es decir, cuando los equipos presentan fallas o averías. Esto genera un impacto negativo en la productividad, ya que los equipos pueden estar fuera de servicio durante un tiempo prolongado hasta que se realizan las reparaciones. Además, los costos de las reparaciones son más altos en comparación con los mantenimientos preventivos, los cuales podrían haber evitado que los equipos se dañen en primer lugar. En consecuencia, la empresa debe considerar la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos y el tiempo de inactividad de los equipos.

En vista de las problemáticas identificadas en la empresa Vidrios Tempse, con relación a su sistema de gestión y control de inventarios, es crucial investigar los diferentes modelos de inventarios y herramientas de Lean Manufacturing utilizadas en casos de éxito. Este conocimiento permitirá identificar prácticas y enfoques exitosos aplicados por otras organizaciones, los cuales podrían ser adaptados y aplicados en Vidrios Tempse. El objetivo de esta investigación es explorar en detalle dichos modelos y herramientas, y evaluar su aplicabilidad y beneficios potenciales para mejorar la gestión de inventarios y optimizar los procesos de la empresa. Al comprender y aprovechar las mejores prácticas

y enfoques exitosos en la gestión de inventarios, Vidrios Tempse estará en una posición favorable para fortalecer su competitividad, aumentar la eficiencia operativa y ofrecer productos de calidad en los plazos establecidos.

A continuación, se procederá a investigar estos modelos y herramientas, con el fin de proporcionar recomendaciones específicas y viables para su implementación en Vidrios Tempse.

#### **4.2 Modelo de inventarios y herramienta de Lean Manufacturing a aplicar en la empresa Vidrios Tempse**

En el contexto empresarial actual, la eficiencia en la gestión de inventarios y la implementación de prácticas de Lean Manufacturing se han convertido en aspectos cruciales para garantizar la competitividad y el crecimiento sostenible de las organizaciones (Rajadell & Sanchez, 2010, p. 33). En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo principal investigar los diferentes modelos de inventarios y herramientas de Lean Manufacturing utilizadas en casos de éxito, con el propósito de identificar aquellas que puedan ser aplicadas de manera efectiva en la empresa Vidrios Tempse.

La empresa Vidrios Tempse se encuentra inmersa en un entorno altamente competitivo y dinámico, donde la optimización de los procesos y la minimización de los costos son elementos fundamentales para su supervivencia y éxito. En este sentido, el conocimiento de los modelos de inventarios y las herramientas de Lean Manufacturing que han demostrado ser exitosas en otros contextos empresariales similares resulta fundamental para adaptar y mejorar las prácticas internas. Los resultados obtenidos contribuirán a optimizar los procesos de gestión de inventarios de la empresa, reducir los tiempos de producción, minimizar los costos operativos y mejorar la eficiencia global de la organización.

### 4.2.1 Posibles Modelos de Inventarios a Aplicar

Después de un exhaustivo análisis de diversos modelos de inventarios y considerando las características y necesidades específicas de la empresa Vidrios Tempse, se han seleccionado dos modelos que se consideran altamente adecuados para optimizar la gestión de inventarios de materia prima y moldes.

La correcta administración de los inventarios es esencial para garantizar la disponibilidad de materiales y componentes necesarios en el momento oportuno y así satisfacer la demanda de los clientes. En este cuadro comparativo, se evalúa cada modelo, sus ventajas y limitaciones, para determinar cuáles se ajustan mejor a las particularidades de Vidrios Tempse y contribuirán a mejorar la eficiencia y competitividad de la empresa.

**Tabla 2.**

*Comparativo de modelos de inventarios*

<b>Modelo de Inventario</b>	<b>Descripción y Clasificación</b>	<b>Ventajas Principales</b>	<b>Limitaciones Principales</b>
EOQ (Cantidad Económica de Pedido)	Modelo clásico que determina el tamaño óptimo de pedido para minimizar costos totales.	- Minimiza costos de inventario.	- Requiere suposiciones precisas.
		- Simplifica la gestión.	- No es adecuado para fluctuaciones grandes en la demanda.
		- Apropiado para demanda constante y conocida.	- No considera variabilidad en el tiempo de entrega.
Punto de Pedido	Sistema basado en establecer un nivel de inventario mínimo, generando un pedido al alcanzarlo.	- Evita falta de stock.	- Requiere seguimiento constante.
		- Adaptable a diferentes demandas.	- Puede generar múltiples pedidos pequeños.
		- Reduce inventario excesivo.	- No es óptimo para lotes grandes.

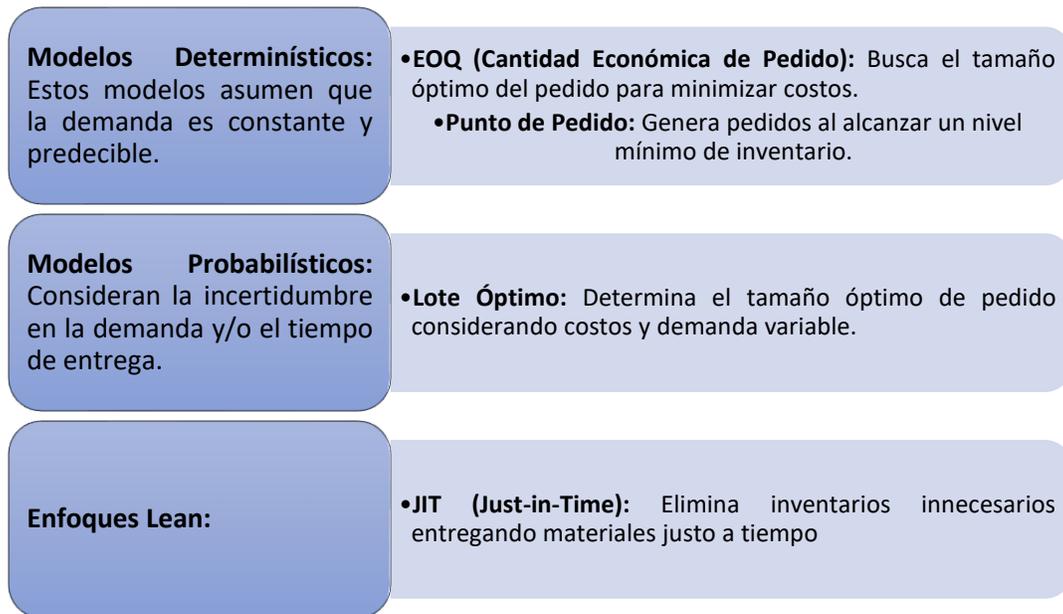
Tabla 2. (Continuación)

<b>Modelo de Inventario</b>	<b>Descripción y Clasificación</b>	<b>Ventajas Principales</b>	<b>Limitaciones Principales</b>
Lote Óptimo	Determina el tamaño óptimo de pedido considerando costos de pedido y de mantenimiento de inventario.	- Minimiza costos totales.	- Requiere datos precisos.
		- Adaptable a distintos escenarios.	- Puede no ser adecuado para productos con alta obsolescencia.
		- Adecuado para demanda variable.	- No considera fluctuaciones en la demanda.
JIT (Just-in-Time)	Enfoque que busca reducir o eliminar inventarios innecesarios al entregar materiales justo cuando se necesitan.	- Elimina desperdicios.	- Requiere una planificación y ejecución precisa.
		- Reduce costos de almacenamiento.	- Dependencia de proveedores confiables.
		- Mejora la eficiencia de la producción.	- Riesgo de interrupciones en la cadena de suministro.

**Nota.** En la presente tabla se relacionan los diferentes modelos de inventarios y su comparativo con el fin de determinar cuál de ellos se ajusta mejor a las necesidades de la empresa. Tomado de: Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros, (Chase et al., 2009, p. 548). <https://acortar.link/VryLBd>

**Figura 23.**

*Clasificación de modelos de inventarios*



**Nota.** En la presente figura se relacionan la clasificación de los modelos de inventarios para tener un horizonte claro sobre los posibles modelos a implementar. Tomado de: (Slack et al., 2013, p. 368). <https://acortar.link/JMmjgS>

#### **4.2.2 Evaluación de los Modelos de Inventarios**

En el ámbito de la gestión de inventarios, la elección del modelo adecuado desempeña un papel fundamental en el éxito operativo de cualquier empresa. En este contexto, se ha llevado a cabo un exhaustivo análisis comparativo de cuatro modelos de inventario relevantes: la Cantidad Económica de Pedido (EOQ), el Punto de Pedido, el Lote Óptimo y el enfoque Just-in-Time (JIT). Cada modelo se evalúa en términos de su precisión en la gestión, adaptabilidad a diferentes escenarios, eficiencia en costos y su idoneidad para una empresa específica de transformación de vidrio plano en templado.

A través de esta comparación, se busca identificar la solución más adecuada que aborde eficazmente el desafío principal de la empresa, que reside en la falta de un control eficiente de inventarios. El siguiente cuadro resume las calificaciones asignadas a cada

modelo, proporcionando una visión integral para respaldar la selección del modelo óptimo para mejorar la gestión de inventarios en la empresa.

**Tabla 3.**

*Tabla de priorización para la elección del modelo de inventario a aplicar*

<b>Modelo de Inventario</b>	<b>Precisión en la Gestión</b>	<b>Adaptabilidad</b>	<b>Eficiencia en Costos</b>	<b>Adecuación para la Empresa</b>	<b>Total</b>
EOQ	7	6	8	6	27
Punto de Pedido	8	9	7	8	32
Lote Óptimo	6	8	7	7	28
JIT	7	8	8	7	30

**Nota.** En la anterior tabla se contrastan los diferentes modelos de inventarios que acorde a sus ventajas y desventajas eran los óptimos para ser aplicados en Tempse y que después de realizar una matriz de priorización se escogió el mejor modelo.

- **Interpretación**

- **Precisión en la Gestión:** Evalúa la capacidad del modelo para gestionar inventarios de manera precisa y eficiente.
- **Adaptabilidad:** Mide la flexibilidad del modelo para ajustarse a diferentes niveles de demanda y cambios en el entorno.
- **Eficiencia en Costos:** Evalúa la capacidad del modelo para minimizar los costos totales de inventario y operativos.
- **Adecuación para la Empresa:** Refleja la idoneidad del modelo para las necesidades específicas de una empresa de transformación de vidrio plano en templado.

4.2.2.i Modelo sugerido. La evaluación de los modelos de inventario ha revelado que el Punto de Pedido se presenta como la opción más equilibrada y efectiva para optimizar la gestión de inventarios en Vidrios Tempse, la empresa especializada en la transformación de vidrio plano en templado. Con una puntuación total más alta en comparación con la Cantidad Económica de Pedido (EOQ), el Lote Óptimo y el enfoque Just-in-Time (JIT), el modelo de Punto de Pedido destaca por su capacidad para adaptarse a variaciones en la demanda, precisión en la gestión y reducción del riesgo de escasez.

4.2.2.ii Supuestos Esenciales para la Implementación del Modelo de Punto de Pedido.

- **Demanda y Plazo de Entrega:** Se debe realizar una estimación precisa de la demanda de parabrisas y del tiempo de entrega desde el proveedor. Esta información permitirá calcular el punto de pedido óptimo, evitando quedarse sin inventario y minimizando los tiempos de espera.
- **Nivel de Inventario de Seguridad:** Junto con el punto de pedido, se establecerá un nivel de inventario de seguridad. Este nivel garantiza que, ante fluctuaciones en la demanda o retrasos en la entrega, la empresa no se quede sin inventario antes de que llegue un nuevo pedido.
- **Proceso de Generación de Pedidos:** Debe existir un proceso claro y eficiente para generar pedidos automáticamente cuando el inventario alcance el punto de pedido. Esto asegura la reposición oportuna sin intervención manual constante.
- **Monitoreo y Ajustes:** La empresa debe contar con un sistema de monitoreo constante de los niveles de inventario y el rendimiento del modelo. Esto permitirá realizar ajustes según sea necesario, como cambiar el punto de pedido en función de cambios en la demanda.

#### 4.2.2.iii Razones para Seleccionar el Modelo de Punto de Pedido

- **Control del Inventario:** El modelo de Punto de Pedido proporciona un control efectivo al establecer un umbral mínimo. Esto permite a la empresa monitorear de cerca los niveles de stock y evitar quedarse sin productos terminados.
- **Reducción del Riesgo de Escasez:** Al generar automáticamente un pedido cuando el inventario alcanza o cae por debajo del punto de pedido, se minimiza el riesgo de escasez de parabrisas. Esto asegura que la empresa esté preparada para satisfacer la demanda de los clientes de manera oportuna.
- **Optimización de Costos:** La implementación del modelo de Punto de Pedido permitirá a Vidrios Tempse evitar el mantenimiento de un inventario excesivo. Esto reducirá los costos asociados con el almacenamiento y el manejo de inventarios. Además, al realizar pedidos según la demanda real, se optimizarán los costos de adquisición y se evitarán los costos de obsolescencia.

4.2.2.iv Modelo de Inventarios (Moldes). La aplicación del modelo de inventario de revisión periódica resulta apropiada para la gestión de los moldes utilizados en el proceso de transformación del vidrio, especialmente cuando estos moldes no se utilizan de manera recurrente y no existe ningún control sobre ellos en la actualidad. Este modelo ofrece varias ventajas y beneficios que contribuirán a una gestión más eficiente de los inventarios.

En primer lugar, la revisión periódica del inventario permitirá tener un mayor control sobre los moldes disponibles en la empresa. Mediante la asignación de intervalos regulares de tiempo para realizar la revisión y recuento de los moldes, se puede identificar de manera oportuna la cantidad y el estado de estos. Esto ayudará a evitar sorpresas desagradables, como la escasez de moldes cuando se necesitan. Además, el seguimiento regular también puede ayudar a identificar posibles pérdidas o deterioro de los moldes, lo que facilitará su reposición o reparación a tiempo.

En segundo lugar, la implementación de este modelo proporcionará un marco estructurado para la gestión de los moldes. Al asignar un responsable de realizar la revisión periódica, se establece un proceso formal que garantiza una atención regular a los inventarios de moldes. Esto evitará que los moldes queden olvidados o descuidados, ya que habrá una persona encargada de supervisar y registrar su disponibilidad.

Además, la aplicación del modelo de inventario de revisión periódica puede ayudar a optimizar los costos asociados con la gestión de los moldes. Al tener un control más preciso de la cantidad y el estado de los moldes, se pueden evitar compras de materia prima para su fabricación y el uso de espacios innecesarios. Esto significa que la empresa Vidrios Tempse podrá reducir los costos de adquisición y almacenamiento de moldes, optimizando así el uso de sus recursos financieros y del espacio.

- **Supuestos del Modelo:** Este modelo de inventario de revisión periódica se basa en varios supuestos esenciales para su aplicación efectiva en la gestión de los moldes en Vidrios Tempse:
- **Periodicidad:** Se establecerá un intervalo de tiempo regular para realizar la revisión y recuento de los moldes. Esta periodicidad deberá ser determinada considerando la demanda de producción, la utilización histórica de los moldes y otros factores relevantes.
- **Tamaño del Lote:** El tamaño del lote para la revisión periódica dependerá del pronóstico de la demanda. Se deberá analizar el histórico de uso de los moldes y las previsiones de producción para determinar la cantidad óptima a revisar en cada intervalo.
- **Capacidad de Almacenamiento:** El modelo deberá considerar las restricciones de capacidad de almacenamiento disponibles en la empresa. Esto asegurará que los moldes revisados puedan ser almacenados de manera adecuada sin generar problemas de espacio.

4.2.2.v Modelo de Inventarios (Materia Prima). El eficiente manejo de inventarios es crucial para mantener una disponibilidad adecuada de productos y satisfacer la demanda de los clientes en la organización. En el caso específico de la empresa Vidrios Tempse, la gestión de inventarios se convierte en un aspecto estratégico para optimizar sus operaciones y asegurar que los productos estén listos en el momento preciso que los requieran. Un manejo adecuado de los inventarios permitirá a Vidrios Tempse operar de manera eficiente, evitando retrasos en las entregas y brindando un servicio confiable a sus clientes.

En este contexto, se propone un modelo de gestión de punto de pedido, este se basa en establecer un nivel de inventario mínimo, conocido como punto de pedido, en el cual se realiza un nuevo pedido para reabastecer el inventario. Al alcanzar o caer por debajo de este punto, se genera automáticamente un pedido para asegurar la disponibilidad continua de los parabrisas. Este enfoque permitirá a Vidrios Tempse optimizar la gestión de sus inventarios, evitar la escasez de productos y reducir los costos asociados con el almacenamiento de inventarios excesivos.

- Supuestos del Modelo: La implementación del modelo de gestión de punto de pedido en Vidrios Tempse se basa en ciertos supuestos esenciales para su eficacia:
- Demanda y Plazo de Entrega: Se debe tener una estimación precisa de la demanda de parabrisas y del tiempo de entrega desde el proveedor. Esto permitirá calcular el punto de pedido óptimo para evitar quedarse sin inventario y minimizar los tiempos de espera.
- Nivel de Inventario de Seguridad: Junto con el punto de pedido, se establecerá un nivel de inventario de seguridad. Este nivel garantiza que, en caso de fluctuaciones en la demanda o retrasos en la entrega, la empresa no se quede sin inventario antes de que llegue un nuevo pedido.

- **Proceso de Generación de Pedidos:** Debe existir un proceso claro y eficiente para generar pedidos automáticamente cuando el inventario alcance el punto de pedido. Esto asegura la reposición oportuna sin intervención manual constante.
- **Monitoreo y Ajustes:** La empresa debe contar con un sistema de monitoreo constante de los niveles de inventario y el rendimiento del modelo. Esto permite realizar ajustes si es necesario, como cambiar el punto de pedido en función de cambios en la demanda.

Las razones para seleccionar el modelo de punto de pedido como el enfoque adecuado para la gestión de inventarios en Vidrios Tempse son las siguientes:

- **Control del inventario:** El modelo de punto de pedido proporciona un control efectivo sobre el nivel de inventario al establecer un umbral mínimo. Esto permitirá a la empresa monitorear de cerca los niveles de stock y evitar quedarse sin productos terminados.
- **Reducción del riesgo de escasez:** Al generar automáticamente un pedido cuando el inventario alcanza o cae por debajo del punto de pedido, se minimiza el riesgo de escasez de parabrisas. Esto tiene como propósito que la empresa esté preparada para satisfacer la demanda de los clientes de manera oportuna.
- **Optimización de costos:** Mediante la implementación del modelo de punto de pedido, Vidrios Tempse podrá evitar el mantenimiento de un inventario excesivo, lo que reducirá los costos asociados con el almacenamiento y el manejo de inventarios. Además, al realizar pedidos en función de la demanda real, se optimizarán los costos de adquisición y se evitarán los costos de obsolescencia.

4.2.2.vi Posibles metodologías de Lean Manufacturing a aplicar. En el proceso de desarrollo de esta tesis, se han analizado diversas herramientas y metodologías Lean Manufacturing para identificar aquellas que mejor se adapten al correcto desarrollo de la investigación y al impulso del crecimiento de la empresa Vidrios Tempse. Estas herramientas Lean son ampliamente reconocidas por su capacidad para eliminar desperdicios, mejorar la eficiencia y promover la mejora continua en los procesos.

En este cuadro comparativo, evaluaremos cada una de estas herramientas, destacando sus características y beneficios, con el objetivo de seleccionar aquellas que brinden el mayor valor agregado a la empresa y contribuyan al logro de los objetivos planteados en esta investigación.

**Tabla 4.**

*Comparativo de las herramientas de Lean Manufacturing*

Herramienta	Descripción	Aplicabilidad en Vidrios Tempse
5S	Se enfoca en la organización y limpieza del lugar de trabajo.	Altamente aplicable. Ayudará a mantener un ambiente de trabajo seguro y eficiente.
	Consiste en Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Mantener.	
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Busca maximizar la eficiencia de los equipos y maquinarias a través del mantenimiento preventivo y participación activa del personal.	Requiere una implementación progresiva, pero puede mejorar la eficiencia en la producción.
Flujo Continuo u One Piece Flow	Busca eliminar el desperdicio y optimizar la producción mediante la fabricación de piezas en secuencia continua, reduciendo inventarios.	Posible aplicación en procesos con alta demanda y para reducir tiempos de producción.

Tabla 4. (Continuación)

Herramienta	Descripción	Aplicabilidad en Vidrios Tempse
Housekeeping	Se refiere a mantener limpias y organizadas las áreas de trabajo, mejorando la eficiencia y la seguridad.	Totalmente aplicable. Mejorará el ambiente de trabajo y la productividad.
Kanban	Es un sistema visual de control de producción que utiliza tarjetas para indicar el flujo de trabajo y el reabastecimiento de inventarios.	Aplicable en la gestión de inventarios y la producción de forma eficiente.
Automatización de Tareas	Consiste en automatizar procesos y tareas repetitivas para reducir tiempos de producción y mejorar la precisión.	Requiere inversión y análisis de viabilidad, pero podría mejorar la eficiencia en ciertos procesos.
Poka Yoke	Se centra en evitar errores humanos a través del diseño de procesos y dispositivos que previenen fallas y defectos.	Podría ser aplicado para mejorar la calidad en el proceso de producción de vidrios.
Just-in-Time (JIT)	Busca eliminar desperdicios mediante la entrega de materiales y componentes justo en el momento en que se necesitan.	Aplicable para reducir inventarios y optimizar los tiempos de producción.
Value Stream Mapping (VSM)	Es una herramienta para analizar y mejorar los flujos de trabajo y procesos a lo largo de toda la cadena de valor.	Ayudará a identificar áreas de mejora y reducir tiempos de producción.

**Nota.** En la presente tabla se describen las diferentes herramientas de Lean Manufacturing las cuales pueden ser de utilidad en la empresa de Vidrios Tempse. Tomado de: (Sundar et al., 2014, p. 1876). <https://acortar.link/Oz9Oio>.

La presente evaluación surge de la necesidad imperante en Vidrios Tempse de optimizar sus procesos y gestionar eficientemente sus operaciones en el contexto de la transformación de vidrio plano en templado. Con el objetivo de proporcionar una evaluación integral y fundamentada, se llevó a cabo un análisis detallado de diversas herramientas Lean, considerando variables clave que impactan directamente en la gestión de inventarios, la eficiencia operativa y la adaptabilidad a las necesidades específicas de la empresa.

Las variables consideradas en la evaluación abarcaron aspectos cruciales como la precisión en la gestión, la adaptabilidad a entornos cambiantes, la eficiencia en costos y la adecuación para las operaciones de Vidrios Tempse. Cada herramienta fue meticulosamente evaluada en función de estos criterios, asignando puntuaciones que reflejan su idoneidad para mejorar la eficiencia y la productividad en el entorno de producción de Vidrios Tempse.

Este análisis proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas, destacando las herramientas Lean más pertinentes y efectivas para abordar los desafíos específicos de Vidrios Tempse. La combinación de factores cuantitativos y cualitativos en la evaluación garantiza una perspectiva holística, permitiendo a la empresa avanzar hacia prácticas más eficientes y orientadas a la excelencia operativa.

**Tabla 5.**

*Comparativo y elección de las herramientas Lean a aplicar*

Herramienta	Precisión en la Gestión	Adaptabilidad	Eficiencia en Costos	Adecuación para la Empresa	Total
5S	9	8	8	9	34
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	7	7	6	7	27

Tabla 5. (Continuación)

Herramienta	Precisión en la Gestión	Adaptabilidad	Eficiencia en Costos	Adecuación para la Empresa	Total
Flujo Continuo u One Piece Flow	7	8	7	8	30
Kanban	8	8	7	8	31
Automatización de Tareas	6	7	6	7	26
Poka Yoke	7	7	7	7	28
Just-in-Time (JIT)	8	8	8	8	32
Value Stream Mapping (VSM)	7	8	7	8	30

**Nota.** En la tabla en mención se relacionan las diferentes herramientas de Lean Manufacturing que podían ser aplicadas en vidrios Tempse y que después de un criterio de selección se escogieron las más adecuadas

Después de evaluar detenidamente las diversas herramientas y metodologías Lean Manufacturing, se ha tomado la decisión de seleccionar las herramientas "5S" y "Just in Time (JIT)" como las más adecuadas para la empresa Vidrios Tempse y para el enfoque de esta investigación.

La selección de la Metodología 5S se basa en su capacidad para abordar de manera integral aspectos esenciales en la optimización de procesos y la creación de un ambiente de trabajo eficiente. La organización y limpieza del lugar de trabajo son fundamentales para reducir los tiempos de búsqueda de materiales y moldes, lo que se traduce en una mejora de la eficiencia operativa. Además, la implementación de las 5S incluye aspectos como la señalización y el etiquetado, elementos clave para mejorar la seguridad en el entorno laboral. Estos aspectos, alineados con la búsqueda de una gestión más eficiente

y segura en Vidrios Tempse, hacen de las 5S una herramienta esencial para la optimización de sus operaciones.

Por otro lado, la elección de la metodología JIT se basa en su capacidad para sincronizar la producción con la demanda, evitando excesos y escaseces en los inventarios. Dado el enfoque diverso de los pedidos de materia prima y moldes, la metodología JIT se ajusta perfectamente a las necesidades de Vidrios Tempse al permitir que los insumos lleguen en el momento en que son requeridos. La eliminación de tiempos de espera y la reducción de los niveles de inventario contribuirán a una producción más fluida y eficiente, a la vez que minimizarán los costos asociados con el almacenamiento y el manejo de inventarios.

En resumen, la Metodología 5S y el enfoque Just in Time (JIT) fueron seleccionados debido a su alineación con los objetivos de eficiencia, optimización de procesos y mejora continua en Vidrios Tempse. Estas herramientas no solo aportarán valor agregado a la empresa, sino que también contribuirán de manera significativa al logro de los objetivos planteados en esta investigación, impulsando el crecimiento y la excelencia operativa de la organización.

4.2.2.vii Relación de los modelos de inventarios con la metodología Just in Time. Es relevante la aplicación de la metodología Just-in-Time (JIT) en conjunto con los modelos de inventario mencionados previamente, debido a la naturaleza de los pedidos diversos, tanto de materia prima como de moldes, los cuales se realizan en el momento preciso en que comienzan a escasear.

La metodología JIT (Justo a Tiempo) es altamente pertinente para aplicarla en cada fase del proceso productivo, ya que ofrece un apoyo transversal a los modelos de inventarios. Su objetivo es garantizar que, antes de ejecutar cada etapa, se disponga de todos los insumos necesarios para llevar a cabo las tareas de manera exitosa y conforme a lo esperado. Al implementar JIT, se busca mantener los tiempos de espera reducidos y los

niveles de inventario, lo que conduce a una mayor eficiencia y optimización del proceso productivo.

Al combinar los modelos de inventarios con la metodología JIT, Vidrios Tempse podrá obtener los siguientes beneficios clave:

- Optimización de niveles de inventario: La aplicación de la metodología JIT permitirá a la empresa reducir los niveles de inventario de materia prima. Al realizar pedidos justo en el momento en que se necesiten, se evitará la acumulación innecesaria de vidrios crudos y transformados. Esto ayudará a mantener los inventarios en niveles óptimos, evitando excesos que puedan generar costos adicionales y asegurando la disponibilidad de materiales para la producción.
- Mejora en la eficiencia operativa: Con un enfoque JIT, los procesos productivos de transformación del vidrio se volverán más eficientes y ágiles. Los materiales y componentes llegarán justo a tiempo, evitando la necesidad de almacenamiento prolongado y reduciendo los tiempos de espera en la línea de producción, principalmente en los puntos de transformación. Esta mejora en la eficiencia se traducirá en una producción más ágil y un flujo de trabajo más fluido.
- Eliminación de tiempos de espera: La metodología JIT permitirá reducir o eliminar los tiempos de espera en la línea de producción, especialmente en los puntos de transformación de vidrio. Al recibir los materiales y componentes justo a tiempo, se evitarán las esperas innecesarias, lo que contribuirá a una producción más continua y rápida. La eliminación de tiempos de espera aumentará la productividad general de la empresa y permitirá atender la demanda de manera más ágil.
- Minimización de costos: Al reducir los niveles de inventario y optimizar los procesos, Vidrios Tempse podrá minimizar los costos asociados con el almacenamiento de inventarios y el manejo de productos obsoletos como parabrisas para vehículos discontinuados, materiales y tecnologías antiguas. Además, al evitar la acumulación

de stock, se reducirán los costos de financiamiento relacionados con la inversión en inventarios.

Es importante destacar que la implementación de la metodología JIT requerirá una estrecha colaboración con los proveedores, asegurando una comunicación fluida y una planificación precisa de los pedidos. Asimismo, será necesario establecer sistemas de control y seguimiento efectivos para que los materiales y productos lleguen en el momento preciso.

4.2.2.viii Metodología 5S. Esta herramienta se enfoca en la organización y limpieza del lugar de trabajo. Mediante la implementación de las 5S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Mantener), la empresa puede mejorar la eficiencia, reducir los tiempos de búsqueda de materiales y moldes, y mantener un ambiente de trabajo seguro y ordenado (señalización y fuente) (Barrantes, 2022, p. 18).

Además de estos aspectos la implementación de las 5S puede incluir la correcta señalización en el interior de la empresa, este desempeña un papel crucial para la mejora de la eficiencia y la seguridad en los espacios de trabajo, zonas de almacenamiento y el movimiento del material al interior de la empresa. Los puntos para abordar son:

- Áreas y ubicaciones: Por medio de señales claras y visibles es posible marcar áreas específicas para el almacenamiento de materiales, puntos de acceso a los moldes y equipos, zonas designadas a producción. De esta manera se pueden facilitar la búsqueda de elementos, reduciendo los tiempos y mejorando la eficiencia.
- Etiquetado de productos y materiales: Las etiquetas y marcas en productos, materiales y contenedor de almacenamiento de vidrio, ayuda a identificar todo de manera más rápida y precisa.
- Señalización de riesgos y precauciones: Es fundamental para advertir sobre posibles riesgos y precauciones a tener en el lugar de trabajo. Esto incluye señales de peligro,

señales de seguridad, instrucciones de uso de equipos y cualquier otra señal que informe sobre condiciones o situaciones potencialmente peligrosas. Esto contribuye a mantener un entorno laboral seguro y reducir el riesgo de accidentes(ISO, 2022, p. 13)

#### **4.2.3 Presuntos Impactos**

El primer impacto se reflejará en la eficiencia de la gestión de inventarios. Mediante la adopción de modelos de inventarios más efectivos y acordes con las necesidades de Vidrios Tempse, se logrará un mejor control de las existencias de materia prima, moldes y productos terminados. Esto permitirá una planificación más precisa de las compras y evitará la escasez o el exceso de inventarios, optimizando así los recursos y reduciendo costos.

En segundo lugar, la implementación de herramientas de Lean Manufacturing, inspiradas en casos de éxito, impulsará mejoras significativas en los procesos de la empresa. La eliminación de actividades innecesarias, la reducción de tiempos de espera y la optimización de la cadena de suministro contribuirán a una producción más ágil y eficiente. Como resultado, los tiempos de entrega del producto terminado se acortarán, mejorando la satisfacción del cliente y la competitividad de Vidrios Tempse en el mercado.

Además, estas mejoras en la gestión de inventarios y en los procesos de producción tendrán un impacto directo en la calidad de los productos. Al contar con un control más preciso de la materia prima y de los moldes, se evitarán desperdicios y se pretende que haya la disponibilidad de los insumos necesarios para fabricar productos de alta calidad. Asimismo, al reducir los tiempos de producción y mejorar la eficiencia, se minimizarán los errores y las posibilidades de rotura de vidrio, asegurando la integridad de los productos y optimizando los recursos de la empresa.

En resumen, la investigación y aplicación de modelos de inventarios y herramientas de Lean Manufacturing en Vidrios Tempse generarán impactos positivos en la eficiencia de la gestión de inventarios, en los procesos de producción y en la calidad de los productos. Estos cambios permitirán a la empresa mejorar su competitividad, optimizar recursos, reducir costos y mantener la satisfacción de sus clientes, consolidando así su posición en el mercado.

### **4.3 Sensibilización de las herramientas de Lean Manufacturing**

Dando continuidad con el desarrollo del proyecto y la consecución de los objetivos planteados, con el fin de lograr un impacto positivo en el manejo de inventarios en el área de moldes y materia prima de la empresa. El presente capítulo se enfoca en las actividades de sensibilización implementadas con los empleados de las áreas en mención con el fin de generar unos estándares que sean consistentes y permitan mejorar la productividad, por ende, generar espacios de mejora continua. A continuación, se describen fechas de importancia sobre el plan abordado.

- Sesiones de sensibilización y trabajo coordinado sobre la metodología 5S. Semana del 19 de junio
- Sesiones de retroalimentación y acuerdos de 5S. Semana del 26 de junio.
- Sesiones de sensibilización y trabajo coordinado sobre la metodología de Just in Time. Semana del 24 de julio
- Sesiones de retroalimentación y acuerdos de la metodología de Just in Time. Semana del 31 de julio.

A continuación, se describen la secuencia de actividades implementadas las cuales permitieron que los empleados tuvieran un contacto inicial con las metodologías inicialmente escogidas en este caso 5S y Just in Time las cuales empalmaban con los modelos de inventarios a usar en la gestión de los moldes y materia prima para así fomentar modelos más dinámicos en el cumplimiento de objetivos.

### **4.3.1 Sensibilización en la metodología de 5S**

Inicialmente se comenzó por la educación de la metodología de 5S en el área de moldes, la cual contaba con una de las mayores problemáticas por el espacio que ocupa en la compañía, imposibilitando disponer de una mayor área de trabajo efectiva para la gestión de la transformación. La metodología en su fase inicial constó de instruir a el área administrativa y los funcionarios del proceso de moldes dando uso de una presentación que fue cubierta en un tiempo de dos semanas donde se disponía de un total 10 personas las cuales asistieron a dos sesiones cada una de una hora los martes y jueves. El mes en el cual se llevó a cabo este proceso fue en junio de 2023 abordando las semanas 19 y 26 respectivamente.

La acogida por parte del área administrativa y de moldes fue positiva, contando con la participación de un total de 9 colaboradores de 10 dado que una de las personas faltantes se contaba en licencia de maternidad, se concertó con la gerencia de la empresa que esta colaboradora sería instruida por los miembros del equipo que ya recibieron la capacitación en su regreso para que ninguno de ellos quedase sin cubrir. A continuación, se enlistan los temas revisados en la capacitación para una mayor referencia.

- Introducción a la metodología 5S y sus etapas
- Segmentación de las áreas de trabajo
- Estado Inicial del área de trabajo
- Segmentación de las actividades
- Optimización de las áreas de trabajo
- Acciones para eliminar o minimizar las fuentes de suciedad
- Propuestas de Optimización
- Acuerdos 5S
- Beneficios de la implementación de la metodología 5S

Una vez realizada la capacitación se procedió a realizar un taller práctico con el fin de validar si los participantes relacionaban el conocimiento adquirido con el entorno en el

cual se desempeñaban, para lo cual se les solicitó escoger una de las áreas de trabajo en las cuales trabajaban y realizar una breve implementación de las 5S, la duración de la actividad fue de una semana en la cual los colaboradores aplicaron los conocimientos adquiridos y estos fueron puesto a prueba.

Al ser el área de moldes una de las zonas de trabajo de enfoque de este trabajo, cuando se realizó la valoración de los resultados y el ejercicio realizado con los trabajadores se dio un especial atención al detalle dado que era probable que fuese una dinámica la cual podría posteriormente sugerirse a la organización y con la cual los colaboradores se sentirían a gusto dado que fue planteada por ellos y se les dio una breve orientación para mejorarla tocando los puntos críticos del área en cuestión.

Como ejercicio final, una vez se realizó la revisión correspondiente de los ejercicios acordados, se programaron sesiones de retroalimentación del tema con el fin de que hubiese un mayor afianzamiento de la metodología y que posterior a ello se pudiesen llevar proyectos internos en la empresa que incluyeran la metodología de 5S. El ejercicio de retroalimentación fue muy provechoso y que a pesar de inicialmente manejar un fundamento teórico las personas que viven el día a día de la operación trajeron con si propuestas muy validas y organizadas que alentaron a la organización a incentivar estos espacios de aprendizaje y aplicación con mayor frecuencia.

Una vez finalizado el proceso de entrenamiento con los miembros del área administrativa, se implementó la misma dinámica con los miembros del área de materias primas, con el fin de que fuese un proceso holístico a las zonas de trabajo de mayor enfoque en este proyecto. Hubo una particular adición en esta capacitación y partió de la iniciativa de uno de los miembros del área administrativa la cual radico en el cómo se podía hacer más visual esta iniciativa en la compañía y que generase la atención de muchos más colaboradores.

Teniendo esto como premisa se dispuso de la circulación de un material y capacitación adicional sobre el modelo de gestión visual de las 5S para así generar ideas puntuales a

la organización de como esto podía ser implementado y que generase ruido a muchos más colaboradores y una competencia sana para llevar al siguiente nivel a una compañía que incluyera esto en todas sus áreas de trabajo. Se realizó un compromiso final con las directivas y los líderes del proceso de moldes y materias primas de que esta enseñanza y conocimiento adquirido sería compartido con los colegas de otros departamentos y así generar un impacto mayor.

Finalmente, y con el fin de que fuese un modelo duradero, se crearon comités por cada una de las áreas en mención y se estandarizó un proceso de competencia y excelencia operacional en el cuál con unos criterios básicos de evaluación cada área que tenga un proceso de 5S avanzado se le pueda calificar y al final de cada mes se les diera un premio que motivara a los diferentes colaboradores a mantener las diversas actividades de 5S. En el capítulo 4.4 se ondeará un poco más en este proceso para dar contexto a la propuesta implementada.

De igual forma una vez concluyeron las actividades de revisión y afianzamiento de la dinámica de 5S se alineó con los líderes de materia prima y moldes para que en conjunto con los líderes del área administrativa hubiese un proceso de evaluación que midiera que tanto afianzamiento tuvo la actividad en los grupos abordados y se revisara su conocimiento de manera general. Con esto en mente, además de que se realizó un proceso práctico se revisó el conocimiento adquirido con el fin de que hubiese una mayor retención de la dinámica en los miembros de la compañía.

Por otro lado, se generó un parámetro clave en el mantenimiento de la metodología y era que el material creado para la dinámica realizada fuese utilizado en la capacitación de nuevos miembros que ingresaran a la compañía, de esta forma así haya una rotación o crecimiento en la empresa la metodología perdurase. Como material de soporte se referencia el Anexo 2 donde se describen las actividades y acuerdos logrados.

### **4.3.2 Resultados de la sensibilización en 5S**

Dentro del proceso de sensibilización se realizó una presentación resumen de los aspectos abordados en el ejercicio los cuales se describen con mayor detalle en el anexo 2 pero que a continuación se traen a colación para dar un mayor nivel de detalle de el ejercicio trabajado

- Selección del área de trabajo: con los colaboradores se realizó la segregación de las actividades que eran intrínsecas a el área y la gestión de moldes para tener una mayor claridad de cómo abordar el ejercicio práctico de sensibilización en 5S.
- Revisión del estado actual: con ayuda de personal experto del área y los colaboradores de esta se realizó la revisión del estado actual de la zona de almacenamiento de moldes donde se destacaron un total de 285 referencias de moldes apilados, como se ilustra en detalle en el anexo 2.
- Separación: en esta etapa de la sensibilización y con ayuda de los colaboradores se realizó un ejercicio práctico el cual constaba en separar los moldes acordes a los siguientes criterios: elementos innecesarios, elementos necesarios y moldes de reparación. Esto con el fin principal de identificar aquellas referencias que ya no eran de utilidad y liberar todo el stock que estaba generando un gran impacto en espacio como se describió en el análisis de situación actual de la empresa.

Dentro de los elementos necesarios se encontraron 103 referencias que eran elementos necesarios, 43 moldes que eran de utilidad y requerían reparación y finalmente 139 moldes que se encontraban en desuso o que se usaron en proyectos especiales que ya no eran de utilidad para la compañía. Con eso en mente se logró una liberación del 48.77% de las referencias generando un ahorro importante de espacio que más adelante con las siguientes etapas del proceso de sensibilización se lograran optimizar.

- Optimización de los moldes esenciales: Se realizó una reunión con el personal experto para presentar los resultados del proceso de separación para que posterior a ello y con la ayuda de los colaboradores se realizara la reubicación estratégica de las referencias de utilidad con el almacenamiento adecuado y contemplando la frecuencia de uso para una mayor facilidad en su disposición cuando se requieran.
- Acciones para eliminar o minimizar las fuentes de suciedad: se enlistaron acciones concretas a abordar con el personal con el fin de reducir las fuentes de suciedad a futuro y con ello lograr que los moldes perdurasen con el tiempo y fuesen de una gran utilidad para el proceso de fabricación de vidrio templado sin tener que elaborar nuevos moldes por el mal mantenimiento de las unidades existentes.
- Disposición de estanterías: con ayuda de la gerencia se lograron adecuar estanterías que fueran de ayuda para el almacenamiento y fácil ubicación de los moldes con ello se lograron beneficios en la gestión del almacenamiento de los moldes, la optimización de espacios y la reducción de riesgos de seguridad y salud en el trabajo por la ubicación inapropiada de los moldes.
- Acuerdos en el mantenimiento de la metodología: como resultado final del ejercicio se enlistaron unos acuerdos base post el ejercicio de la sensibilización y que de cara al mejoramiento continuo y sostenimiento de la dinámica de 5S era de vital importancia que los colaboradores siguiesen y que eventualmente se replicara con los nuevos colaboradores.
- Finalmente se destacaron los beneficios alcanzados con el ejercicio y que de cara a la revisión continua y el mantenimiento de la metodología de 5S se podrían lograr en el futuro cercano.

### **4.3.3 Sensibilización de la Metodología de Just in Time**

Dando continuidad con el proceso de sensibilización de las metodologías de Lean Manufacturing se procedió a capacitar al personal del área de materia prima en la metodología de Just in Time con el fin de impactar de manera positiva los diferentes centros de trabajo en los cuales se requería de insumos iniciales que acorde a su disponibilidad y planeación oportuna lograría procesos más eficientes y dinámicos.

Esta metodología se escogió con el propósito de que empalmara de manera efectiva con la gestión de inventarios de materia prima al interior de la compañía y que eliminase cualquier proceso o tarea que no generase valor dentro de la cadena de producción. Adicionalmente, migrar a un proceso de sistema Pull en el que cada fase y centro de trabajo suministra la cantidad requerida de forma que solo se produce lo necesario.

Para la fase inicial del proceso de capacitación se realizó una reunión inicial con los líderes del área administrativa y los jefes de producción de los diferentes centros de trabajo sumando el personal encargado de la gestión inicial de recepción y control de las láminas de materia prima que sería distribuidas en cada una de las fases del proceso productivo, en esta reunión se discutió el enfoque del proceso de capacitación y los plazos de cobertura, con el fin de que el proceso fuese efectivo y se cumpliera con los plazos iniciales acorde a la disponibilidad de los operarios.

Se definió que el proceso de capacitación se llevaría a cabo dentro de la semana del 24 de julio y la retroalimentación y afianzamiento de saberes se llevase a cabo en la semana del 31. Esto con el fin de que una vez que los colaboradores recibiesen las nociones de la metodología pudieran recibir retroalimentación, y posterior a ello, se efectuasen las correcciones necesarias para consolidar los cursos de acción de cada una de las áreas de trabajo y el centro de recepción de materia prima.

Se creó una presentación sencilla con la cual se efectuaron las capacitaciones, las horas dispuestas de trabajo para el afianzamiento de esta metodología fueron de 2 horas

diarias y se distribuyó en 3 días de la semana del 24 julio iniciando el lunes, con sesión intermedia el miércoles y finalizando el viernes de la semana en mención. Los temas trabajados en estas sesiones se describen a continuación:

- Origen y funcionamiento de la metodología “Just in Time”
- Aplicación de la metodología Just in Time en el almacenamiento y proceso logístico
- Ventajas y retos de la metodología Just in Time
- Aplicabilidad de la metodología en los centros de trabajo, bodega y almacén.
- Compromisos frente a la metodología de Just in Time

Inicialmente se contó con un total de 15 empleados que fueron participes de las sesiones de capacitación dentro de los cuales había 3 personas del área administrativa y, los 12 restantes, eran de las áreas de producción específicamente de aquellos que apoyan la gestión de materia prima en los diferentes centros de trabajo y al inicio del ciclo de producción.

Una semana antes de iniciar el proceso de capacitación, el gerente de planta pidió la colaboración para que se integrasen al proceso de capacitación los líderes de moldes, teniendo en cuenta, la articulación y alcance que tenía la metodología de Just in Time y como esto podía compaginar con la gestión del almacén de moldes y la distribución del espacio dispuesto para la organización de estos.

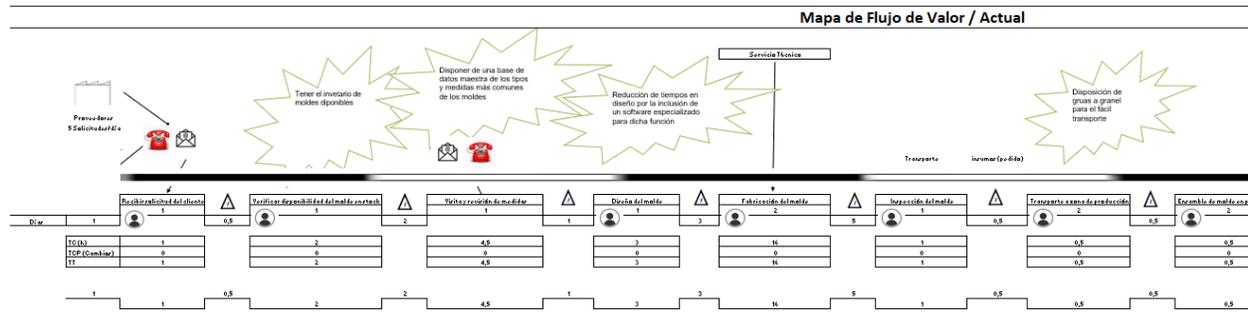
Con el fin de que la capacitación tuviese una mayor acogida, se desarrolló un taller práctico en el cual los diferentes miembros de las áreas participes pudiesen presentar proyectos sencillos en las áreas de trabajo en las que se desempeñasen con el propósito de que se afianzaran los conocimientos adquiridos dentro de la capacitación. Estas presentaciones se llevaron a cabo en la semana del 31 julio para que, posterior a ellos, se diera la retroalimentación correspondiente de estos ejercicios y se orientaran aquellas ideas más elaboradas para una posterior implementación.

Al igual que se manejó con la metodología de las 5S, y con el fin de que la metodología perdurase, se les facilitó el material cubierto con los empleados para que este se fuera incorporando en los procesos de inducción de nuevo personal, y así, desde instancias iniciales los colaboradores comprendieran la filosofía que se implementaba en la compañía y hubiese una mayor sinergia en las diferentes áreas de trabajo para el cumplimiento de objetivos.

Complementario a ello se realizó un análisis dando uso del formato A3 de resolución de problemas como se menciona en el Anexo 3, allí se incluyó el mapa de flujo de valor que con el apoyo de los operarios se permitió tener una mayor visual de las áreas y los tiempos efectivos sumado con los tiempos muertos para finalmente tener un tiempo final de operación. El tiempo final del ejercicio con la diseminación de las actividades fue de 16 días con 30 horas.

**Figura 24.**

*Mapa de flujo de valor del área de moldes*



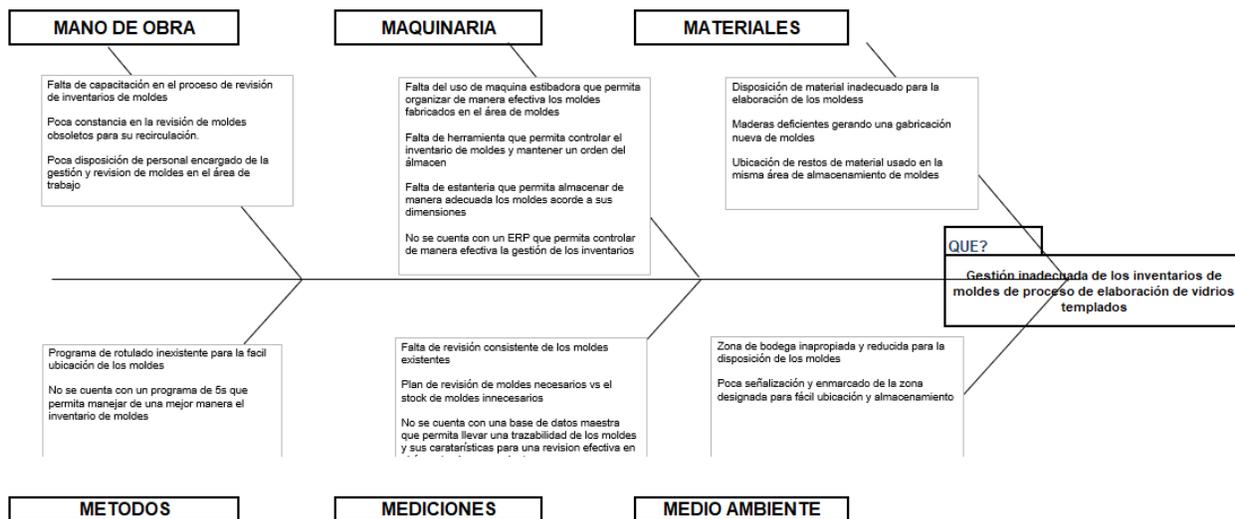
**Nota.** En la presente figura se describe el ejercicio realizado con los colaboradores del área de moldes donde se destacan los tiempos efectivos y tiempos muertos de la gestión de los moldes con sus recomendaciones de mejora

Teniendo en cuenta los resultados y recomendaciones realizadas en el mapa de flujo de valor sobre el cómo se podrían generar mejoras en el proceso de gestión de moldes, se planteó un diagrama de Ishikawa que plasmara esas ideas y se segmentara por 6 Ms del diagrama como se describe en la siguiente figura para que al final en la propuesta de la metodología de A3 hubiese mayor claridad de cómo abordar las áreas de oportunidad.

Esto permitió que los operarios pusieran en práctica lo aprendido en las capacitaciones en un ejercicio adicional que ayudase a revisar detenidamente las tareas que generaban o no valor y tomar las acciones pertinentes frente a ellas. De igual forma se dio uso de herramientas como el diagrama de Ichikawa y la caracterización de los principales desperdicios que podían ser de utilidad en el análisis. Estos detalles se describen con mayor precisión en el anexo en mención.

**Figura 25.**

*Diagrama de Ishikawa sobre las posibles problemáticas de la gestión de los moldes*



**Nota.** En el diagrama anterior se describen las posibles problemáticas abordadas en las 6Ms en relación con la gestión de los moldes al interior de la compañía

Finalmente, se contempló la realización de evaluaciones periódicas, para que, aunque se contemplase en las instancias iniciales en la compañía, también se revisara durante el desarrollo de las actividades cotidianas con el fin de que la filosofía se mantenga en el tiempo y los procesos de mejora continua son consistentes desde las diversas perspectivas de excelencia operacional.

De igual manera y para dar una mayor profundidad a el ejercicio realizado y con ayuda del personal experto y los colaboradores del área de moldes se diligencio el formato A3 donde se dio uso de la metodología de las 5 porques y una h relacionando las causas

iniciales del diagrama de Ishikawa con el fin de aterrizar el problema y al final en conjunto se realizará la propuesta de mejora que quedó plasmada en el anexo 3.

#### **4.4 Propuesta de Modelo de Gestión de Inventarios con Apoyo de Herramientas de Lean Manufacturing**

En primera medida se enfatizará la integración del Sistema de Gestión de Inventarios Integral con distintas unidades o dependencias de la organización. Esto se logrará mediante la colaboración estrecha entre los departamentos de compras, almacén y ventas. Cada uno de estos departamentos desempeñará un papel crucial en la implementación del sistema:

- **Compras:** El departamento de compras trabajará en estrecha colaboración con el nuevo sistema para garantizar que los pedidos de materias primas se realicen de manera oportuna y de acuerdo con los niveles de inventario previamente establecidos. Además, se asegurarán de que los proveedores cumplan con los plazos acordados.
- **Almacén:** El departamento de almacén será responsable de recibir, almacenar y administrar las materias primas de acuerdo con los procedimientos establecidos en el nuevo sistema. También jugará un papel fundamental en la revisión periódica de inventarios y en la gestión de inventarios de seguridad.
- **Ventas:** El departamento de ventas proporcionará información sobre las demandas previstas y las necesidades de los clientes, lo que ayudará en la planificación de inventarios y en la definición de los puntos de pedido. Esta colaboración estrecha contribuirá que la empresa pueda satisfacer las expectativas de los clientes de manera efectiva.

Por otro lado, el sistema se aplicará tanto al almacén de materias primas como al almacén de producto terminado. Cada uno de estos almacenes tendrá sus propios procedimientos y niveles de inventario óptimos:

- Almacén de Materias Primas: Se establecerán puntos de pedido específicos para cada materia prima, considerando su demanda histórica y su criticidad en el proceso de fabricación. Los niveles de inventario de seguridad buscan que nunca falten materias primas esenciales, evitando interrupciones en la producción.
- Almacén de Producto Terminado: Se aplicará un enfoque similar para el almacén de producto terminado. Se definirán puntos de pedido en función de la demanda prevista y se establecerán niveles de inventario de seguridad para satisfacer las necesidades de los clientes de manera oportuna. La gestión de inventarios de producto terminado también se integrará con el proceso de ventas para garantizar la disponibilidad de productos.

Se incorporarán estrategias y procedimientos detallados en el Sistema de Gestión de Inventarios Integral:

- Estrategias de Aprovisionamiento: Se definirán estrategias claras para el aprovisionamiento de materias primas, considerando la demanda, los plazos de entrega de los proveedores y los niveles de inventario de seguridad. Esto garantizará que las compras se realicen de manera eficiente y en línea con las necesidades de producción.
- Control de Inventarios: Se establecerán controles sólidos para monitorear los niveles de inventario en tiempo real. Se utilizarán herramientas de seguimiento y sistemas de información para garantizar la precisión de los datos de inventario y facilitar la toma de decisiones informadas.

- **Revisión Periódica del Inventario:** Se establecerán intervalos regulares de revisión de inventario, que se llevarán a cabo de acuerdo con la demanda y los patrones de uso de las materias primas. Estas revisiones asegurarán que los niveles de inventario se mantengan dentro de los parámetros definidos.

Se desarrollarán procedimientos detallados para las compras y la recepción de pedidos de proveedores:

- **Procedimiento de Compras:** Este procedimiento describirá el proceso completo de compras, desde la identificación de necesidades hasta la emisión de órdenes de compra. Se prestará especial atención a la coordinación con el nuevo Sistema de Gestión de Inventarios Integral para garantizar que las compras se realicen en función de los niveles de inventario y los plazos de los proveedores.
- **Procedimiento de Recepción y Almacenamiento:** Este procedimiento detallará cómo se reciben, verifican y almacenan las materias primas. Se establecerán controles de calidad y se asegurará que las materias primas se almacenen de manera adecuada para evitar daños o pérdidas. También se integrará con el sistema de inventario para actualizar los registros de manera precisa.

La implementación del Sistema de Gestión de Inventarios Integral se basará en los principios y herramientas de Lean Manufacturing. Lean se centra en eliminar desperdicios, optimizar procesos y mejorar la eficiencia operativa. Estos principios se aplicarán a lo largo de la gestión de inventarios en Vidrios Tempse.

#### **4.4.1 Herramientas Lean Aplicadas:**

- **Justo a Tiempo (JIT):** El principio Justo a Tiempo se aplicará para garantizar que las materias primas estén disponibles exactamente cuándo se necesiten para la producción, evitando el exceso de inventario y reduciendo costos de almacenamiento.

- 5S: La metodología 5S se aplicará en el almacén para organizar, estandarizar y mantener un entorno de trabajo limpio y ordenado, facilitando la localización y gestión de inventarios.
- Kanban: Se implementará el sistema Kanban para la reposición de inventario, asegurando que las reposiciones se realicen de manera automática cuando se alcancen los niveles de pedido establecidos.

#### ***4.4.2 Beneficios de la Aplicación de Herramientas Lean:***

- Reducción de Desperdicios: La aplicación de herramientas Lean permitirá identificar y eliminar desperdicios en la gestión de inventarios, reduciendo costos innecesarios.
- Mayor Eficiencia Operativa: La optimización de procesos a través de Lean resultará en una operación más eficiente y en la reducción de tiempos muertos.
- Mejora de la Calidad: Al reducir los reprocesos internos y mantener un control estricto de las materias primas, se mejorará la calidad de los productos finales.
- Satisfacción del Cliente: La entrega oportuna de productos terminados como resultado de una gestión de inventarios efectiva aumentará la satisfacción del cliente.

#### ***4.4.3 Resultados Esperados con Herramientas Lean:***

- Mejora Continua: Se fomentará una cultura de mejora continua en la organización, donde se buscará la optimización constante de procesos de gestión de inventarios.
- Reducción de Costos a Largo Plazo: La aplicación de Lean Manufacturing contribuirá a la reducción sostenible de costos operativos en Vidrios Tempse.
- Mayor Flexibilidad: La organización se volverá más adaptable a cambios en la demanda y los requisitos del mercado.

- **Mayor Competitividad:** La combinación de una gestión de inventarios eficiente y la aplicación de Lean Manufacturing mejorará la competitividad de Vidrios Tempse en su industria.

#### **4.4.4 Sistema de Gestión de inventarios**

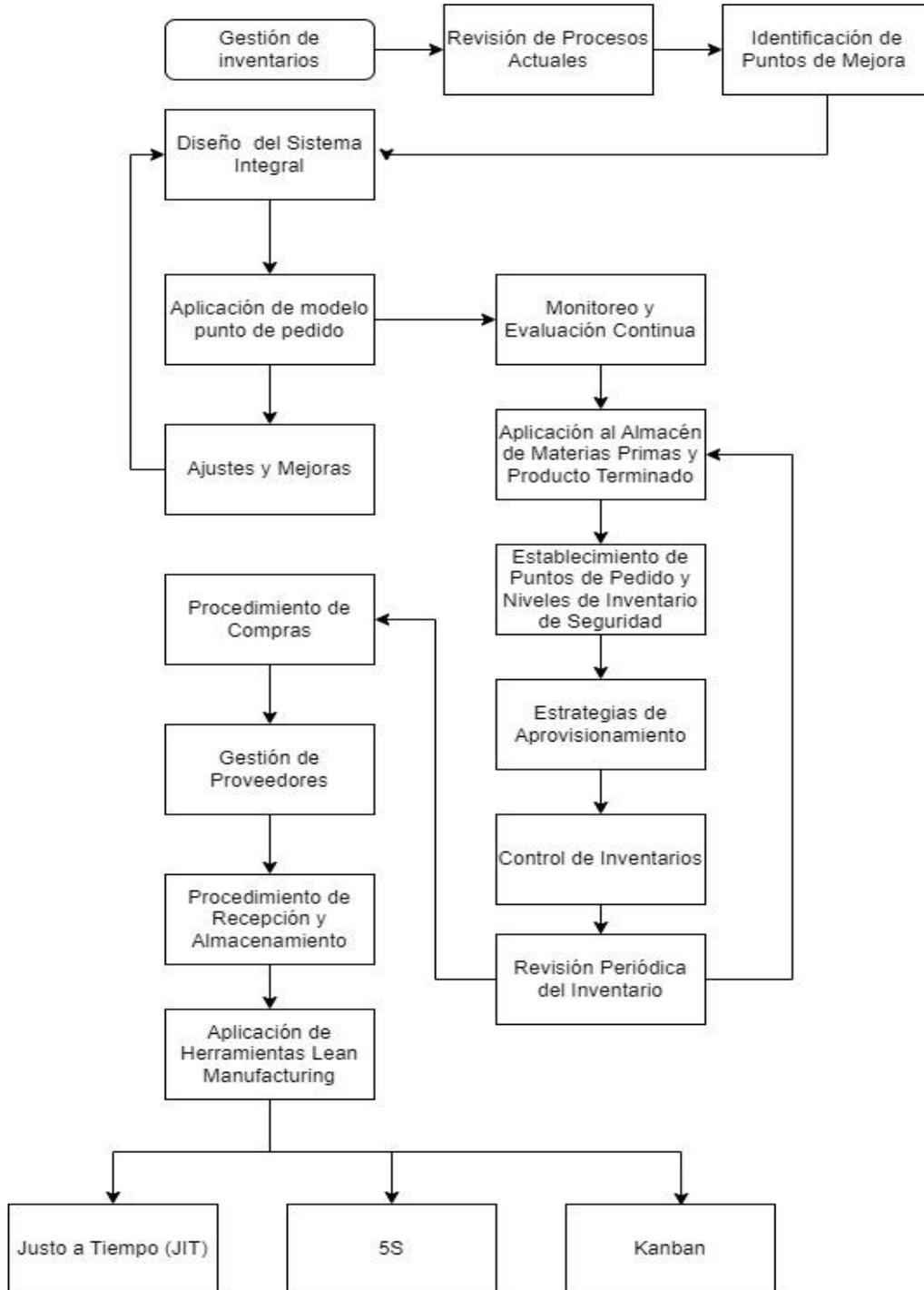
Este mapa de procesos refleja la secuencia general de actividades y la interacción entre los departamentos clave en el sistema. Los pasos incluyen:

- **Identificación de Necesidades:** Este proceso comienza con la identificación de las necesidades de materias primas y productos terminados, que se basa en la información proporcionada por el departamento de ventas.
- **Generación de Órdenes de Compra:** Una vez identificadas las necesidades, el departamento de compras genera órdenes de compra para adquirir las materias primas necesarias.
- **Recepción y Almacenamiento:** El departamento de almacén recibe las materias primas y productos terminados, verifica su calidad y los almacena adecuadamente.
- **Control de Inventarios:** Se establecen controles para monitorear los niveles de inventario en tiempo real, y se utilizan herramientas y sistemas de información para garantizar la precisión de los datos de inventario.
- **Revisión Periódica de Inventarios:** Se llevan a cabo revisiones regulares de inventario para garantizar que los niveles de inventario se mantengan dentro de los parámetros definidos.
- **Gestión de Proveedores:** Se mantiene una relación cercana con los proveedores para garantizar el cumplimiento de los plazos y la calidad de las entregas.

- **Estrategias de Aprovechamiento:** Se establecen estrategias de aprovisionamiento para realizar compras eficientes y basadas en la demanda.
- **Aplicación de Principios Lean:** Los principios Lean Manufacturing, como Justo a Tiempo (JIT), 5S y Kanban, se aplican en todo el proceso de gestión de inventarios.
- **Mejora Continua:** La organización se esfuerza por lograr una mejora continua en la gestión de inventarios, buscando constantemente la optimización de procesos y la reducción de costos.

**Figura 26.**

*Esquema de la propuesta del sistema de gestión de inventarios*



**Nota.** En la presente figura se ilustra el esquema del modelo de gestión de inventarios propuesta y la integración con las herramientas de Lean Manufacturing

#### **4.4.5 Procedimiento de Compras**

4.4.5.i Objetivo. Este procedimiento tiene como objetivo gestionar las compras de materias primas de manera eficiente y en línea con los principios de Lean Manufacturing, garantizando que los niveles de inventario se mantengan dentro de los parámetros definidos y que las compras se realicen de manera oportuna.

#### 4.4.5.ii Responsables

- Departamento de Compras
- Departamento de Almacén

#### 4.4.5.iii Pasos del procedimiento

- Identificación de Necesidades
  - Inicia con la identificación de las necesidades de materias primas, basada en la información proporcionada por el departamento de ventas y la revisión de los niveles de inventario actuales.
- Generación de Órdenes de Compra:
  - El departamento de compras genera órdenes de compra en función de las necesidades identificadas y los niveles de inventario previamente establecidos en el Sistema de Gestión de Inventarios Integral.
  - Se verifican los plazos de entrega de los proveedores y se coordinan para que sean congruentes con los tiempos necesarios para mantener los niveles de inventario óptimos.

- Aprobación de Órdenes de Compra
  - Las órdenes de compra generadas se someten a una revisión y aprobación de acuerdo con los procedimientos internos de la organización.
  - Se verifica que las órdenes de compra cumplan con los requisitos y especificaciones de calidad.
- Emisión de Órdenes de Compra:
  - Una vez aprobadas, las órdenes de compra se emiten a los proveedores correspondientes.
- Recepción y Verificación
  - El departamento de almacén recibe las materias primas entregadas por los proveedores.
  - Se verifica la cantidad y calidad de los productos recibidos de acuerdo con las órdenes de compra.
  - Cualquier discrepancia se registra y se comunica al departamento de compras para su corrección.
- Almacenamiento de Materias Primas
  - Las materias primas recibidas se almacenan adecuadamente en el almacén de materias primas, siguiendo los principios de Lean Manufacturing, como la metodología 5S.
  - Se actualizan los registros del Sistema de Gestión de Inventarios Integral para reflejar las existencias actuales.

- Actualización de Inventarios
  - El Sistema de Gestión de Inventarios Integral se actualiza automáticamente con la información de inventario una vez que las materias primas se han recibido y almacenado correctamente.
  
- Seguimiento de Plazos y Calidad
  - El departamento de compras realiza un seguimiento continuo de los plazos de entrega y la calidad de las materias primas proporcionadas por los proveedores.
  - Se toman medidas inmediatas en caso de problemas o retrasos.
  
- Revisión y Mejora Continua
  - Se lleva a cabo una revisión regular de los procesos de compras para identificar oportunidades de mejora y optimización.
  - Se busca constantemente la eficiencia y la reducción de costos en el proceso de compras.

#### **4.4.6 Procedimiento de Recepción y Almacenamiento de Materias Primas**

4.4.6.i Objetivo. Este procedimiento tiene como objetivo recibir, verificar y almacenar las materias primas de manera eficiente y de acuerdo con los estándares de calidad, garantizando que estén disponibles para satisfacer las necesidades de producción.

#### 4.4.6.ii Responsables

- Departamento de Almacén
- Departamento de Compras

#### 4.4.6.iii Pasos del Procedimiento

- Recepción de Materias Primas
  - Cuando llega un envío de materias primas de un proveedor, el personal del departamento de almacén recibe la entrega.
  - El personal de recepción compara la entrega con la orden de compra correspondiente para asegurarse de que coincide en cantidad y calidad.
  
- Verificación de Calidad
  - Se realiza una inspección visual y, si es necesario, pruebas de calidad para garantizar que las materias primas cumplan con los estándares de calidad especificados en la orden de compra.
  - Cualquier discrepancia en la cantidad o calidad se documenta y se notifica al departamento de compras.
  
- Registro de Recepción
  - Se registra la recepción de las materias primas en el Sistema de Gestión de Inventarios Integral, actualizando los niveles de inventario y la información del producto recibido.
  
- Etiquetado y Almacenamiento
  - Las materias primas se etiquetan de manera clara y se almacenan en el lugar asignado dentro del almacén de materias primas.
  - El almacenamiento se realiza siguiendo los principios Lean Manufacturing, como la metodología 5S, para mantener un entorno de trabajo ordenado y eficiente.

- Actualización de Inventarios
  - El Sistema de Gestión de Inventarios Integral se actualiza automáticamente con la información de inventario una vez que las materias primas se han recibido y almacenado correctamente.
- Comunicación con Compras
  - Cualquier problema o discrepancia en la recepción se comunica al departamento de compras para que tome las acciones necesarias, como solicitar reemplazos o ajustar los pedidos futuros.
- Seguimiento de Plazos y Calidad
  - Se realiza un seguimiento continuo de los plazos de entrega y la calidad de las materias primas proporcionadas por los proveedores.
  - Se toman medidas inmediatas en caso de problemas o retrasos.
- **Mejora Continua**
  - Se lleva a cabo una revisión regular de los procesos de recepción y almacenamiento para identificar oportunidades de mejora y optimización.
  - Se busca constantemente la eficiencia y la reducción de costos en estos procesos.

#### **4.4.7 Código de Producto**

Uno de los puntos importantes a contemplar en el modelo de gestión de inventarios es la codificación de los productos y su fácil lectura, es por ello que tener una identificación precisa de los mismos es vital. Revisando diversos casos de éxito se encontró que la implementación de la tecnología RFID o identificación de radiofrecuencia era una de las soluciones más óptimas ya que desliga la codificación convencional por código de barras

y en su lugar bajo una lectura rápida y precisa de un chip se transmite información mediante la radiofrecuencia que después se descifra en una base de datos genérica de gestión conectada con el aplicativo maestro de gestión de inventarios.

El sistema RFID, acrónimo del inglés radio-frequency identification, es una tecnología que tiene como objetivo la identificación y registro de datos. De hecho, el sistema se basa en el uso de etiquetas inteligentes o *tags* RFID, que son transpondedores de radio (es decir, que al recibir una señal responden con otra). Estas etiquetas contienen información del producto que puede ser leída a lo largo de toda la cadena logística. De esta manera, podemos realizar más fácilmente un seguimiento de la mercancía y conocer aspectos importantes sobre ella (origen, destino, fecha de caducidad, etc.) (Esmena, 2018, p. 2)

Con esto en mente se sugiere a la empresa implementar esta tecnología para que haya un mayor control de entrada y salida de productos especialmente en el área de moldes donde hubo una mayor afectación por el poco control que se llevaba. De esta manera habrá una visualización en tiempo real para tomar diversas decisiones y saber con qué se cuenta en el momento de afrontar algún diseño o trabajo.

Finalmente, dada a la versatilidad de la tecnología RFID y su fácil procesamiento de los datos. Esta tecnología se sugiere empalmar con la Power App y de esta forma dar una gestión eficiente de los activos de la empresa especialmente enfocados en la gestión de inventarios de materia prima y el área de moldes. Posterior a ello con la incorporación de esta información en un dashboard de Power BI tener una visual amigable para los diferentes líderes de proceso que articule y dinamice las diferentes ordenes de trabajo.

#### **4.4.8 Propuesta para la Gestión de Inventarios con Power App y Power BI:**

4.4.8.i Detalle de la propuesta. La propuesta busca mejorar significativamente la gestión de inventarios en Vidrios Tempse a través de una solución tecnológica integral que involucra el uso de Power Apps y Power BI. Esta solución permitirá una gestión más eficiente, precisa y basada en datos de las materias primas y productos terminados.

##### 4.4.8.ii Desarrollo de la Power App

- Se desarrollará una Power App personalizada para la gestión de inventarios. Esta aplicación estará disponible para el personal de compras, almacén y otros departamentos relevantes.
- La Power App permitirá registrar la recepción de materias primas, verificar la calidad, actualizar los niveles de inventario y realizar un seguimiento de los pedidos pendientes.
- Además, se podrán introducir datos relacionados con la demanda, los plazos de entrega de los proveedores y otra información relevante.

##### 4.4.8.iii Sincronización con el sistema de gestión de inventarios integral

- La Power App estará completamente sincronizada con el Sistema de Gestión de Inventarios Integral, lo que garantizará que los datos de inventario se actualicen en tiempo real.
- Cualquier cambio realizado en la Power App se reflejará automáticamente en el sistema principal, lo que facilitará una visión precisa y actualizada de los inventarios.

#### 4.4.8.iv Integración con Power BI para pronósticos

- Se implementará un tablero de Power BI específico para la gestión de inventarios.
- Este tablero de Power BI utilizará análisis de datos y algoritmos de pronóstico para prever la demanda futura de materias primas y productos terminados.
- La información de inventario, demanda y pedidos se alimentará desde la Power App al tablero de Power BI, lo que permitirá generar pronósticos precisos.

#### 4.4.8.v Generación de pronósticos de inventarios

- El tablero de Power BI generará pronósticos basados en datos históricos, tendencias de ventas y otros factores relevantes.
- Estos pronósticos ayudarán a planificar los niveles de inventario óptimos, definir puntos de pedido y gestionar los inventarios de seguridad.

#### 4.4.8.vi Alertas y notificaciones

- La Power App y el tablero de Power BI se configurarán para enviar alertas y notificaciones automáticas en caso de niveles de inventario críticos o desviaciones significativas en la demanda prevista.

#### 4.4.8.vii Seguimiento de KPIs

- Ambas herramientas proporcionarán indicadores clave de desempeño (KPIs) para evaluar la eficacia de la gestión de inventarios, como el cumplimiento de plazos de entrega, el tiempo de ciclo de pedido y la precisión del pronóstico.

#### 4.4.8.viii Listado de campos para la Power App

Aquí tienes un listado de campos esenciales para la Power App:

- Nombre del Producto
- Código del Producto
- Proveedor
- Fecha de Recepción
- Cantidad Recibida
- Calidad/Estado del Producto
- Niveles de Inventario Actualizados
- Información de Pedido Pendiente
- Datos de Demanda
- Plazos de Entrega de Proveedores

Estos campos proporcionarán la base necesaria para registrar, verificar y gestionar las materias primas y productos terminados de manera eficiente a través de la Power App y alimentarán el tablero de Power BI para análisis y pronósticos precisos de inventario.

La elección de aprovechar la plataforma de Microsoft Power Apps y Power BI como parte integral de nuestra propuesta de gestión de inventarios surge de una cuidadosa evaluación de los recursos tecnológicos y económicos disponibles. Esta decisión se basa en varios factores clave que respaldan su viabilidad y eficacia en la optimización de la gestión de inventarios:

- **Accesibilidad y Economía:** Microsoft Power Apps y Power BI ofrecen una solución altamente accesible y económica para el desarrollo de aplicaciones personalizadas y la creación de paneles de control de datos. Al aprovechar estas herramientas, evitamos costosos desarrollos a medida y nos beneficiamos de las capacidades avanzadas que ofrecen a un costo razonable.

- **Integración de Datos:** Power Apps y Power BI se integran de manera nativa con una variedad de fuentes de datos, lo que facilita la recopilación y consolidación de información clave de inventario. Esto permite tomar decisiones informadas y en tiempo real basadas en datos precisos.
- **Flexibilidad y Personalización:** Estas herramientas permiten una flexibilidad excepcional en la personalización de aplicaciones y paneles de control. Podemos adaptar la solución a nuestras necesidades específicas de gestión de inventarios y modificarla según cambien los requisitos.
- **Visualización de Datos Avanzada:** Power BI nos brinda la capacidad de visualizar datos de inventario de manera efectiva y atractiva. Los paneles de control interactivos proporcionan información en tiempo real sobre el estado de los inventarios, lo que facilita la toma de decisiones y la identificación de tendencias.
- **Pronósticos Precisos:** Al aprovechar las capacidades de análisis avanzado de Power BI, podemos generar pronósticos precisos de demanda y tendencias de inventario. Esto es esencial para una gestión proactiva y la optimización de niveles de inventario.
- **Sincronización en Tiempo Real:** La integración entre Power Apps y Power BI permite una sincronización en tiempo real de datos, lo que garantiza que siempre trabajemos con información actualizada. Esto es crítico para la toma de decisiones ágiles y la respuesta a cambios en la demanda.

4.4.8.ix Propuesta para la implementación de la Gestión de Inventarios con Power Apps y Power BI. Para la gestión eficiente de inventarios, se estableció una sólida infraestructura respaldada por herramientas de Microsoft: Power Apps y Power BI. La base de datos inicial se diseñó en un archivo Excel compuesto por tres tablas fundamentales, como se ilustra en el Anexo 4.

La primera tabla consolidó información crucial del inventario, detallando campos como ID de Materia Prima, Nombre de Materia Prima, Proveedor, Existencias Iniciales, Entradas, Salidas, Stock, Pedido Pendiente y datos relevantes para el análisis como Demanda Promedio Mensual, Demanda Promedio Diaria, % Promedio Diario, Plazo de Entrega Promedio (Días), Punto de Pedido y Cantidad a Pedir.

La actualización de esta base de datos se realizó de manera automatizada a través de dos tablas adicionales, donde se alimentan las entradas y salidas de inventario. Estas tablas, a su vez, se integran con una aplicación Power App, la cual se referencia en la figura 27, que permite el seguimiento en tiempo real y la manipulación de los datos. La interfaz visual y su accesibilidad simplificada hacen de esta aplicación una herramienta práctica para el monitoreo de inventario.

Además, se estableció una conexión directa entre esta base de datos alimentada por Power App y un tablero de Power BI, como se describe en el Anexo 5. Este tablero de análisis presenta una síntesis completa de la información vital del inventario. Proporciona una visión consolidada del estado actual de los inventarios, facilitando la toma de decisiones estratégicas.

El tablero en Power BI se ha configurado con filtros dinámicos que permiten analizar el estado de cada producto, su proveedor correspondiente, las cantidades, referencias y el seguimiento de lo pendiente por solicitar, así como el inventario disponible. Destaca especialmente la métrica "Cantidad a Pedir", derivada de un modelo de Punto de Pedido, donde se aplicó una fórmula específica  $\text{Punto de Pedido} = (\text{Demanda Promedio Diaria} * \text{Plazo de Entrega en Días}) + \text{Stock de Seguridad}$  para determinar la cantidad óptima a reabastecer. El cálculo del Stock de Seguridad se fundamentó en el promedio diario, lo que fortaleció la precisión de las decisiones de reabastecimiento.

Esta integración entre Power Apps y Power BI ha optimizado la gestión de inventarios, ofreciendo una visión global y detallada, desde la captura de datos en tiempo real hasta su análisis profundo y visualización comprensible para una toma de decisiones

estratégica y ágil. A continuación, presentamos la vista principal de la Power App diseñada para la propuesta de implementación del sistema de gestión de inventarios basados en el modelo de punto de pedido.

**Figura 27.**

*Ventana principal de la Power App para el control de inventarios*

ID MATERIA PRIMA	Nombre de Materia Prima	Proveedor	STOCK	Acción Recomendada	Estado Visual
MP014	Bisagras	FIERROS SAS	69	Por solicitar	Ambar
MP015	Cerraduras	FIERROS SAS	61	Estable	Verde
MP016	Manijas	FIERROS SAS	55	Solicitar	Rojo
MP017	Selladores	FIERROS SAS	84	Estable	Verde
MP018	Estantes	FIERROS SAS	71	Solicitar	Rojo
MP019	Soportes	FIERROS SAS	52	Solicitar	Rojo

**Nota.** En la presente figura se relaciona la visual principal del control de inventarios donde el usuario principal puede ver con claridad acorde a las referencias de vidrio que la compañía cuenta en qué momento debe realizar un nuevo pedido, de igual forma se relaciona el proveedor con el que se puede solicitar.

La ventana principal de la Power App presenta una interfaz intuitiva que ofrece una visión panorámica y detallada del estado actual del inventario. En ella, cada producto se muestra con su correspondiente proveedor, la cantidad disponible en stock y la acción recomendada para gestionar su abastecimiento. Esta disposición de datos está complementada por una codificación visual de semáforos, diseñada para una interpretación instantánea.

La representación visual mediante semáforos agrega un nivel adicional de comprensión inmediata. El color rojo indica la necesidad inmediata de solicitar un abastecimiento de

inventario para un producto específico. Esta alerta visual resalta la urgencia de la acción requerida. Por otro lado, el color amarillo indica productos próximos a alcanzar el punto crítico de reabastecimiento, señalando la necesidad inminente de planificar la solicitud y finalmente, el color verde indica que el stock disponible se encuentra en un nivel estable, proporcionando una representación visual de tranquilidad en cuanto a la disponibilidad de inventario.

Esta codificación de colores, además de la información detallada presentada, permite una rápida identificación y priorización de las acciones a realizar para mantener un inventario óptimo. La combinación de datos precisos con una representación visual clara y eficaz facilita una toma de decisiones ágil y precisa para la gestión y planificación del inventario. A continuación, mostramos la vista desarrollada para llevar un control de las entradas y que esta conectada con la vista principal.

**Figura 28.**

*Relación de las entradas por referencias de producto y medida*



TEMPSE		Entradas	
Vidrio Plano 2 mm	<b>No de Factura: FV01</b> 19 noviembre 2023 19:00	Cantidad: 20	>
Vidrio Plano 3 mm	<b>No de Factura: FV02</b> 20 noviembre 2023 19:00	Cantidad: 25	>
Vidrio Plano 4 mm	<b>No de Factura: FV03</b> 21 noviembre 2023 19:00	Cantidad: 10	>
Vidrio Plano 5 mm	<b>No de Factura: FV04</b> 22 noviembre 2023 19:00	Cantidad: 17	>
Vidrio Plano 6 mm	<b>No de Factura: FV05</b> 23 noviembre 2023 19:00	Cantidad: 22	>
Vidrio Plano 8 mm	<b>No de Factura: FV06</b> 24 noviembre 2023 19:00	Cantidad: 37	>

**Nota.** En esta visual se relacionan las entradas de inventario de las referencias principales

La Power App incluye dos ventanas fundamentales: una para las entradas y otra para las salidas de productos en el inventario. Estas ventanas proporcionan un registro detallado de cada transacción, ofreciendo información crucial para el seguimiento y la gestión efectiva del inventario.

En la ventana de entrada, se presenta un listado exhaustivo de los productos recibidos, cada uno acompañado por una breve descripción, la correspondiente factura u orden de entrada y la cantidad específica de productos recibidos. Esta información detallada y claramente registrada constituye una fuente confiable de datos para la gestión de inventario, alimentando el cálculo preciso del stock disponible en la ventana principal de la Power App. De igual forma, en la figura siguiente se ilustra la vista de las salidas que juega un papel importante.

**Figura 29.**

*Relación de las salidas por referencias de producto y medida*

Producto	No de Factura	Fecha y Hora	Cantidad
Vidrio Plano 2 mm	FV01	19 noviembre 2023 19:00	20
Vidrio Plano 3 mm	FV02	20 noviembre 2023 19:00	25
Vidrio Plano 4 mm	FV03	21 noviembre 2023 19:00	10
Vidrio Plano 5 mm	FV04	22 noviembre 2023 19:00	17
Vidrio Plano 6 mm	FV05	23 noviembre 2023 19:00	22
Vidrio Plano 8 mm	FV06	24 noviembre 2023 19:00	37

**Nota.** En la tabla anterior se especifican las referencias de producto que se van despachando por ende genera un descuento en el stock del inventario.

Por otro lado, la ventana de salida exhibe un panorama similar, detallando los productos dispensados o enviados. Cada registro incluye una descripción concisa del producto, la factura u orden asociada a la salida y la cantidad específica de productos despachados. Esta ventana no solo sirve como un historial de movimientos de inventario, sino también como una fuente directa de información para el cálculo preciso del stock disponible y los productos a pedir en la ventana principal de la aplicación.

La interconexión entre estas ventanas de entrada y salida con la ventana principal de seguimiento de inventario garantiza la actualización constante y precisa de los niveles de existencia. La información recopilada en estas secciones permite una gestión ágil y eficiente, facilitando el cálculo preciso del inventario disponible y, por ende, las decisiones estratégicas relacionadas con los productos a reabastecer. Además, esta aplicación de la Power App, el Excel maestro generado se relacionan de manera dinámica con Power Bi, como se referencia en la siguiente figura.

**Figura 30.**  
Dashboard de Power BI para el control de inventarios



**Nota.** En la figura anterior se muestra la visual del dashboard alimentado por el Excel maestro generado por la Power App, para que se plasme de manera concisa indicadores de inventarios que puedan ser útiles en la toma de decisiones.

El tablero de control diseñado en Power BI representa una vista integral y consolidada de la gestión de inventarios. Este tablero ofrece una visión detallada de varios aspectos clave que son fundamentales para la toma de decisiones estratégicas. Destacando en primera instancia, se encuentra el concepto del "punto de pedido", que constituye un elemento crucial en la gestión de inventarios. Este concepto se refiere al nivel mínimo de inventario que, cuando alcanzado, desencadena el pedido o reabastecimiento de productos. Esta métrica, derivada de cálculos específicos basados en la demanda promedio diaria y el plazo de entrega, sirve como guía para asegurar que siempre haya suficiente inventario disponible para satisfacer la demanda, evitando escasez.

El cálculo del Punto de Pedido se realiza mediante la fórmula:

- $\text{Punto de Pedido} = \text{Demanda Promedio Diaria} \times \text{Plazo de Entrega en Días} + \text{Demanda Promedio Mensual} \times \% \text{ Promedio Diaria}$

Donde:

- Demanda Promedio Diaria es la cantidad estimada de unidades que se consumen por día en promedio.
- Plazo de Entrega en Días es el tiempo estimado en días que tardará el proveedor en entregar el pedido una vez realizado.
- % Promedio Diaria es el porcentaje estimado del promedio diario.
- Demanda Promedio Mensual es la cantidad promedio estimada de unidades que se consumen por mes.

El cálculo de la Cantidad a Pedir se realiza restando el Punto de Pedido del Stock disponible:

- $\text{Cantidad a Pedir} = \text{Punto de Pedido} - \text{Stock}$

Donde:

- Punto de Pedido es el nivel de inventario mínimo que activa la necesidad de reabastecimiento.
- Stock se calcula como la diferencia entre las Entradas y las Salidas de productos en el inventario.

El cálculo del Stock se establece como la diferencia entre las Entradas y las Salidas de productos en el inventario:

- $\text{Stock} = \text{Entradas} - \text{Salidas}$

Estos cálculos se basan en estimaciones de la demanda, obtenidas mediante entrevistas y representan un enfoque dinámico para determinar el nivel óptimo de inventario necesario para satisfacer la demanda proyectada.

El tablero también ofrece una sección detallada que resume la cantidad a pedir, considerando variables como la demanda, el stock actual y el punto de pedido calculado. Esta métrica es esencial, ya que determina la cantidad óptima a solicitar para mantener niveles de inventario saludables y evitar excesos o faltantes.

Además, se presentan visualmente las entradas y salidas de inventario, proporcionando una visión clara de los movimientos de productos. El filtro por producto facilita la capacidad de analizar información específica de cada artículo, mientras que los datos de la demanda diaria por producto y los detalles del inventario, incluyendo información sobre los proveedores correspondientes, enriquecen el análisis.

Es importante destacar que toda esta información presentada en el tablero de control se encuentra interconectada con un archivo Excel que alberga las tres tablas fundamentales. Este archivo sirve como fuente principal de datos tanto para la aplicación Power App como para el tablero en Power BI. Esta conexión garantiza la consistencia y

la actualización en tiempo real de la información, facilitando la toma de decisiones informadas y estratégicas en la gestión del inventario y que claramente brinda una solución práctica para que en la empresa vidrios Tempse se puedan llevar un control de los inventarios y asumir retos conociendo de primera mano con lo que se cuenta o lo requerido para solicitar.

## 5. CONCLUSIONES

La gestión de inventarios en Vidrios Tempse es un componente crítico de su operación, con un impacto profundo en su eficiencia y rentabilidad. Inicialmente, gracias a las visitas, reuniones y otras actividades de investigación llevadas a cabo, se obtuvo los siguientes resultados:

- Los desafíos específicos identificados en relación con la gestión de inventarios, como la respuesta a pedidos basada en la demanda, la falta de un sistema de control de inventario efectivo y las pérdidas asociadas a roturas de vidrio, se han vuelto evidentes.
- La implementación de un modelo de gestión de inventarios que incluya prácticas de mantenimiento preventivo, estandarización de procesos y pronóstico de la demanda, ha surgido como una necesidad urgente para abordar estos desafíos.

Uno de los desafíos más críticos identificados es la rotura repetitiva de vidrio, que genera pérdidas económicas. La implementación de un modelo abordaría este problema de varias maneras:

- Pronóstico de la demanda: Un modelo efectivo de gestión de inventarios permitiría a Vidrios Tempse prever de manera más precisa la demanda de vidrio, evitando pedidos de emergencia y reduciendo la necesidad de manipular vidrios frágiles en situaciones apresuradas.
- Control de inventario: Un sistema de control de inventario eficaz permite que los vidrios se almacenen y manipulen adecuadamente, reduciendo la incidencia de roturas durante el almacenamiento y el transporte.

Al abordar la rotura de vidrio durante el proceso de transformación y manipulación, Vidrios Tempse podría reducir sus pérdidas económicas mensuales estimadas en

alrededor de 3.253.692 millones de pesos colombianos debido a roturas de vidrio como materia prima. Para vidrios de 4 milímetros, aproximadamente se registran pérdidas mensuales promedio por valor de 573.588 pesos, mientras que para los de 5 milímetros se estiman en 1.298.750 pesos. Los vidrios de 6 milímetros presentan pérdidas de alrededor de 1.286.186 pesos, y los de 8 milímetros tienen pérdidas aproximadas de 951.166 pesos.

En este estudio, incorporó la exploración y evaluación de diferentes modelos de gestión de inventarios, así como herramientas de Lean Manufacturing, que podrían ser aplicables a Vidrios Tempse. Inicialmente, se consideró dos modelos, el Modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ) y el Modelo de Punto de Pedido, con el objetivo de identificar la estrategia más efectiva para la empresa. Sin embargo, tras un análisis detenido, y en aras de lograr una mayor efectividad, se optó por un modelo en particular: el modelo de Punto de Pedido. Esta elección estratégica representa un cambio audaz en la aproximación a la gestión de inventarios y encamina hacia la excelencia operativa.

El modelo de Punto de Pedido es una decisión estratégica clave en el camino hacia la transformación de Vidrios Tempse como una empresa de excelencia operativa. Este modelo, que se basa en establecer un nivel mínimo de inventario, conocido como el punto de pedido, y realizar pedidos automáticos al alcanzarlo, representa un punto de inflexión en la gestión de inventarios de la empresa. No es solo una elección estratégica, sino un compromiso con la sincronización y la eficiencia en la producción.

La implementación del modelo de Punto de Pedido implica un cambio fundamental en la forma en que Vidrios Tempse aborda la gestión de inventarios de materia prima y producto terminado. Se trata de adquirir lo que se necesita en el momento exacto en que se necesita. Esto tiene un impacto profundo en la optimización de costos, ya que se eliminan los gastos asociados con el almacenamiento prolongado y se minimiza la inversión en inventarios. Además, al evitar la acumulación de stock innecesario, se reducen los costos relacionados con la obsolescencia de materiales, moldes y productos terminados.

Sin embargo, el Punto de Pedido es mucho más que una herramienta de gestión de inventarios; es un aliado estratégico en la mejora de la eficiencia operativa. Al generar automáticamente pedidos cuando el inventario alcanza el punto de pedido, se elimina la incertidumbre y la posibilidad de quedarse sin materiales en momentos críticos. Esto acelera los tiempos de producción y mejora la capacidad de Vidrios Tempse para satisfacer la demanda de manera oportuna.

La implementación del Punto de Pedido no es una decisión aislada, sino parte de un enfoque más amplio de Lean Manufacturing, donde la eficiencia y la reducción de desperdicios son valores fundamentales. Al sincronizar la producción con la demanda, Vidrios Tempse no solo optimiza sus procesos internos, sino que también mejora la calidad del servicio al cliente. Los productos están disponibles cuando se necesitan, y los tiempos de entrega se reducen, lo que aumenta la satisfacción del cliente y la competitividad en el mercado.

La implementación de las metodologías Lean Manufacturing, con un enfoque particular en la metodología 5S en el área de moldes, ha demostrado ser un paso estratégico fundamental para la empresa. A través de la sensibilización y capacitación de los empleados en estas metodologías, la organización ha experimentado una transformación profunda que se traduce en la liberación del 48.77% de las referencias que eran obsoletas en el área de moldes y una serie de beneficios sustanciales como se evidenció en la reorganización del área de moldes, la disposición de estanterías y un impacto significativo en su funcionamiento y cultura empresarial.

La capacitación en las 5S ha llevado a una optimización efectiva del espacio de trabajo, una reducción considerable de desperdicios, y una mayor eficiencia operativa en el área de moldes. La organización y segmentación de las áreas de trabajo han generado un ambiente más limpio, ordenado y propicio para la productividad. Además, la participación de los empleados en este proceso ha fortalecido su compromiso y sentido de responsabilidad, creando una cultura de mejora continua.

Se destaca la participación de un total de 9 colaboradores incluyendo las áreas administrativas y especialmente los líderes del área de moldes quienes asistieron al proceso de capacitación en 5S, puesta en marcha y retroalimentación de la metodología dando uso de una presentación ilustrativa y el formato A3 de solución de problemas, que en este caso se enfocó en solucionar los problemas de almacenamiento en el área de moldes.

Otra iniciativa que tuvo gran impacto en los miembros de la organización fue la sensibilización en la metodología de Just in Time, especialmente en la gestión de materias primas de los diferentes centros de trabajo en los cuáles como ejercicio práctico los diversos líderes de proceso lograron identificar qué tareas no generaban valor o en su efecto retrasos en el proceso, y que posterior a ello, se podían modificar o eliminar. Una actividad complementaria que se realizó en la organización fue el mapa de flujo de valor la cual permitía tener una mayor visibilidad de las tareas y las áreas de enfoque.

Las sesiones que se llevaron a cabo para la sensibilización de la metodología de Just in Time involucró un total de 15 empleados, de los cuales 3 pertenecían a las áreas administrativas y los 12 restantes eran líderes de operación. Se dio una especial atención al formato de A3 donde se profundizo la creación del mapa de flujo de valor, el diagrama de Ishikawa, los desperdicios comunes y las acciones a trabajar para mitigar aquellas tareas que no generaban valor.

La gestión de inventarios se destaca como un pilar crítico para la eficiencia y competitividad empresarial. En este estudio, se ha concebido un Sistema de Gestión de Inventarios Integral que no solo aborda las demandas actuales de Vidrios Tempse, sino que también establece las bases para una operación altamente eficiente y adaptable en el futuro. Este sistema se fundamenta en la colaboración estratégica de los departamentos clave, como compras, almacén y ventas, lo que asegura una gestión de inventarios más precisa y eficaz.

La aplicación de modelos de gestión de punto de pedido para materias primas y la integración de principios Lean Manufacturing optimizan aún más el proceso, reduciendo costos y minimizando los desperdicios. Además, la propuesta de utilizar herramientas tecnológicas como Microsoft Power Apps, RFID y Power BI para la recopilación y análisis de datos de inventario representa una perspectiva innovadora y avanzada que permite una toma de decisiones basada en datos en tiempo real.

Esta propuesta de Sistema de Gestión de Inventarios Integral representa una solución estratégica que, a través de la colaboración, la eficiencia operativa, la adopción de principios Lean y la tecnología de vanguardia y práctica, posiciona a Vidrios Tempse para prosperar en un entorno empresarial altamente competitivo y en constante cambio. La gestión de inventarios con la ayuda de las herramientas de Lean Manufacturing se convierte así en un motor de éxito que impulsa la excelencia operativa y la satisfacción del cliente.

## REFERENCIAS

- Álvarez, L. F., & Parada, S. P. (2020). Gestión de Inventarios: Cartilla para el Aula. *Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO*, 1–100. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/11481>
- Aquima Vilca, D. V., Pari Rivera, I., & Vega Espilco, P. O. (2022). Propuesta de Control de Inventarios en una Empresa Comercial. *Gestión Joven*, 23(3), 1–13. <https://acortar.link/jhU0qr>
- Baro Tijerina, M. A., Estrada Ruiz, M. B., & García Garrobo, I. B. (2016). Una aplicación de la metodología seis sigma para la optimización de línea de producción de arneses. *Ingenierías*, 19(72), 53–61.
- Barrantes, L. (2022). *The Process of 5S in Action – Lean Six Sigma Institute* (GalaxiaLiteraria.com, Vol. 1). Editorial Norma. <https://leansixsigmainstitute.org/es/?r3d=the-process-of-5s-in-action>
- Bolaños Zúñiga, L., & Vidal Holguín, C. J. (2021). The impact of inventory holding costs on the strategic design of supply chains. *Revista Facultad de Ingeniería*, 101, 45–54. <https://doi.org/10.17533/UDEA.REDIN.20200692>
- Braglia, M., Gabbrielli, R., & Marrazzini, L. (2020). Rolling Kanban: a new visual tool to schedule family batch manufacturing processes with kanban. *International Journal of Production Research*, 58(13), 3998–4014. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1639224>
- Campos, E. G., Pacheco, L. A. R., & González, A. V. (2021). Matriz de priorización como herramienta estratégica para el cumplimiento normativo de infraestructura y equipamiento en hospitales. *Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*, 8(1), 316–319. <https://doi.org/10.24254/CNIB.21.59>
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros* (12a ed., Vol. 12). McGRAW-HILL. [https://www.academia.edu/18895904/Administracion\\_de\\_operaciones\\_y\\_produccion\\_12\\_ed\\_chase\\_aquilano\\_jacobs\\_11](https://www.academia.edu/18895904/Administracion_de_operaciones_y_produccion_12_ed_chase_aquilano_jacobs_11)

- Costa, C., Pinto Ferreira, L., C. Sa, J., & Silva, F. J. G. (2018). *Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company*. 001–012. <https://doi.org/10.2507/DAAAM.SCIBOOK.2018.01>
- Deusto, U., & Sánchez, V. (2020). Aprendizaje basado en competencias : desarrollo e implantación en el ámbito universitario. *REDU: revista de docencia universitaria*, 18(1), 19. <https://doi.org/10.4995/REDU.2020.13015>
- Dorbessan, J. (2006). *Las 5S, herramientas de cambio*. Editorial Universitaria de la U.T.N. <http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/>
- Esmena, M. (2018). *RFID: qué es y sus aplicaciones en logística - Mecalux.es*. <https://www.mecalux.es/manual-almacen/almacen/rfid>
- Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing : Tools, Techniques, and How to Use Them* (1st Edition). St. Lucie Press. <https://www.routledge.com/Lean-Manufacturing-Tools-Techniques-and-How-to-Use-Them/Feld/p/book/9781574442977>
- Gallardo Beltrán, S. E. (2019). *Gestión de Inventario como herramienta de control para la adquisición de bienes de uso y consumo corriente en el Sector Público basado en el modelo de inventario E.O.Q. (Cantidad Económica de Pedido)*. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/29602>
- Garcia, A. M., & Garcia, M. Al. (2016). *Análisis y Propuesta de Mejora del Proceso Productivo de Avinsa*. Universidad Santo Tomás.
- Geinfor. (2021). *¿Qué es Andon? Sistema de Control Visual de Producción - Geinfor ERP*. Fondo Europeo de Desarrollo Regional. <https://geinfor.com/que-es-andon-sistema-de-control-visual-de-produccion/>
- Gutiérrez, N. R. G., & Pérez, Y. B. R. (2022). Priorizar problemas en el aprendizaje de las matemáticas usando la matriz de Vester. *Revista Boletín Redipe*, 11(2), 447–460. <https://doi.org/10.36260/RBR.V11I2.1695>
- Gutierrez, R. A. (2016). *Implementación de un Modelo de Administración del Inventario para una Empresa Importadora de Vidrios y Materiales para el Sector Automotriz e Industrial* [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16561>
- ISO. (2022). Normas ISO 7010 Puntos Clave. *Rotulauto*, 13–24.

- Jauhari, W. A., Pujawan, I. N., & Suef, M. (2023). Sustainable inventory management with hybrid production system and investment to reduce defects. *Annals of Operations Research*, 324(1–2), 543–572. <https://doi.org/10.1007/S10479-022-04666-8>
- Jibaja, J. P. (2017). Aplicación de Gestión de Inventarios para Mejorar la Productividad en el Área de Almacén de la Empresa SEIN S.R.L [Universidad César Vallejo]. En *Universidad César Vallejo*. <https://acortar.link/LU7OAd>
- Juca, C., Narváez, C., Erazo Álvarez, J. C., & Luna Altamirano, K. (2019). Modelo de gestión y control de inventarios para la determinación de los niveles óptimos en la cadena de suministros de la Empresa Modesto Casajoana Cía. Ltda. *593 Digital Publisher CEIT, ISSN-e 2588-0705, Vol. 4, Nº. Extra 3-1, 2019 (Ejemplar dedicado a: Finance (special edition))*, págs. 19-39, 4(3), 19–39. <https://acortar.link/8ETV2H>
- Lenis Freire, N. M. (2023). Propuesta de mejora al proceso de facturación en una empresa de servicios bajo la implementación de la herramienta A3. *Ingeniería Solidaria*, 19(2), 1–22. <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2023.02.02>
- Libby, T., Schwebke, J. M., & Goldwater, P. M. (2022). Using Data Analytics to Evaluate the Drivers of Revenue: An Introductory Case Study Using Microsoft Power Pivot and Power BI. *Issues in Accounting Education*, 37(4), 97–105. <https://doi.org/10.2308/ISSUES-2021-057>
- López, A. J. (2016). *Sistema de Control de Inventarios de Aluminio y Vidrio de la Empresa Aluminios Aldana, S. A.* Universidad de San Carlos de Guatemala.
- MACPHERSON, S. (2023). BURIED AUTOMATION: unearthing Microsoft’s automation tools. *Acuity*, 10(3), 36–39. <https://acortar.link/lfWUMQ>
- Marin Garcia, J. A., Vidal Carreras, P. I., Garcia Sabater, J. J., & Escribano Martinez, J. (2019). Protocol: Value Stream Mapping in Healthcare. A systematic literature review. *WPOM-Working Papers on Operations Management*, 10(2), 36. <https://doi.org/10.4995/WPOM.V10I2.12297>
- Medina, J. (2022). Jidoka: qué es y ejemplos. *Toyota Material Handling*. <https://blog.toyota-forklifts.es/jidoka-que-es>

- Midilli, Y. E., & Elevli, B. (2023). *Value Stream Mapping with Simulation to Optimize Stock Levels: Case Study.: Discovery Service para Fundación Universidad de América*. 17(3), 295–302. <https://acortar.link/3hEM1Y>
- Perski, O., Hébert, E. T., Naughton, F., Hekler, E. B., Brown, J., & Businelle, M. S. (2022). Technology-mediated just-in-time adaptive interventions (JITAls) to reduce harmful substance use: a systematic review. *Addiction*, 117(5), 1220–1241. <https://doi.org/10.1111/ADD.15687>
- Pulido Rojano, A., Pizarro Rada, A., Padilla Polanco, M., Sánchez Jiménez, M., & De la Rosa, L. (2020). An optimization approach for inventory costs in probabilistic inventory models: A case study. *Revista Chilena de Ingeniería*, 28(3), 383–395. <https://acortar.link/DCJMPa>
- Quintana, P. (2010). *Propuesta para la Implementación de un Sistema de Producción, Basado en Técnicas de Lean Manufacturing, que Contribuya al Control del Inventario en Proceso, para la Sección de Confección de Colchones en una Empresa Productora de Espuma* [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7356>
- Racking, A. (2021, febrero 3). *Método Just in Time (Justo a Tiempo) en Almacén: Qué es y cómo se usa* | AR Racking Colombia. <https://www.ar-racking.com//co/blog/metodo-just-in-time-justo-a-tiempo-en-almacen-que-es-y-como-se-usa/>
- Rajadell, M., & Sanchez, J. (2010). *Lean Manufacturing. La Evidencia de una Necesidad*. <https://acortar.link/D6k6C7>
- Rewers, P., Trojanowska, J., & Chabowski, P. (2016). Tools and Methods of Lean Manufacturing - a Literature review. *7th International Technical Conference Technological Forum*. [https://www.researchgate.net/publication/308171328\\_Tools\\_and\\_methods\\_of\\_Lean\\_Manufacturing\\_-\\_a\\_literature\\_review](https://www.researchgate.net/publication/308171328_Tools_and_methods_of_Lean_Manufacturing_-_a_literature_review)
- Reyes, L., Duarte, M., Navarro, G., Lesmes, D., & Almeida, D. (2020). *Gestión de Inventarios: Principales Modelos Aplicados a Casos Prácticos* (J. Morales, Ed.). Fondo de Publicaciones Universidad Sergio Arboleda. <https://acortar.link/CRrk6M>

- Rodríguez Fernández, Y., Abreu Ledón, R., & Franz, M. (2019). *Mapeo del Flujo de Valor para el análisis de sostenibilidad en cadenas de s...: Discovery Service para Fundación Universidad de América*. 40(3), 316–328. <https://eds-s-ebscobost-com.ezproxy.uamerica.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=d95a3b13-5d9f-4a4a-bfa1-d383560c6364%40redis>
- Rodriguez Paredes, A. M., Pantoja, V. L. C., & Osorio, J. C. (2019). Sistema de control de Inventarios multicriterio difuso para repuestos. *Scientia et Technica*, 24(4), 595–603. <https://doi.org/10.22517/23447214.22331>
- Romero, C. A. (2022). Implementación de un Sistema de Gestión de Inventarios y de la Metodología Lean Manufacturing para Optimizar el Control de Existencias de la Empresa Roma's Grill E.I.R.L - 2021 [Universidad Privada del Norte]. En *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29935>
- Sadeghi, H., Golpîra, H., Hnaien, F., & Magazzino, C. (2023). Pricing-inventory model with discrete demand and delivery orders. *Operations Research and Decisions*, 33(3), 119–139. <https://doi.org/10.37190/ORD230308>
- Salaman, E. J., & Zarate, M. M. (2021). Implementación de Herramientas de Mejora Continua Basada en Técnicas de Lean Manufacturing para Optimizar la Gestión de Inventarios en la Empresa “AGROVET EL JEFE”, en la Ciudad de Huancayo, el Año 2020 [Universidad Continental]. En *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10403>
- Sanchez, M. K. (2020). *Propuesta de Mejora de Gestión de Inventarios para Aumentar la Rentabilidad en la Vidriería Porvenir S.R.L. en la Ciudad de Trujillo* [Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3016>
- Santos Filho, G. M., & Simão, L. E. (2023). A3 methodology: going beyond process improvement. *Revista de Gestao*, 30(2), 147–161. <https://doi.org/10.1108/REG-03-2021-0047>
- Slack, N., Brandon, A., & Johnson, R. (2013). *Operations Management* (7a ed.). Pearson Education Limited. [https://colbournecollege.weebly.com/uploads/2/3/7/9/23793496/operations\\_management\\_by\\_slack\\_nigel\\_7th.pdf](https://colbournecollege.weebly.com/uploads/2/3/7/9/23793496/operations_management_by_slack_nigel_7th.pdf)

- Song, J., Zhang, J., & Cheng, T. C. E. (2020). Inventory management and the value of quick response to the retailer facing boundedly rational strategic customers. *International Journal of Production Research*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1789237>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2014.12.341>
- TransMilenio. (2022, febrero 15). *Historia de TransMilenio*. <https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/146028/historia-de-transmilenio/>
- Vargas, J. G., Muratalla, G., & Jiménez, M. (2016). *Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?* V, 153–174. <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215049679011.pdf>
- Vega, O., Andres Pág, C., Andres Ortiz Vega Asesor, C., & Ing Saavedra López Carlos Pedro Lima -Perú, M. (2021). Aplicación del modelo de cantidad óptima de pedido (EOQ) para la gestión de cadena de suministros en la ONG Socios en Salud, sucursal Perú. En *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28080>
- Vidal, S. (2007). Estrategia logística del justo a tiempo para crear ventajas competitivas en las organizaciones. *Universidad Autónoma del Caribe*, 5, 78–81. <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496251109013.pdf>
- Viorel, N. C., & Lucia, N. (2019). Analysis of information on tourism in the European Union using the Power BI. *Agricultural Management*, 21(1), 175–178. <https://acortar.link/nztQVW>
- Widjaja, S., & Mauritsius, T. (2019). The Development of Performance Dashboard Visualization with Power BI as Platform. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 10(5), 235–249. <https://acortar.link/rjflhR>
- Wijaya, S., Hariyadi, S., Debora, F., & Supriadi, G. (2020). Design and implementation of poka-yoke system in stationary spot-welding production line utilizing internet-of-things platform. *Journal of ICT Research and Applications*, 14(1), 34–50. <https://doi.org/10.5614/ITBJ.ICT.RES.APPL.2020.14.1.3>

- Yépez Llerena, D., Armijos, K. F. A., Guillen, E., & Pamela Buñay. (2020). *Aplicación de la metodología kanban en el desarrollo del software para generación, validación y actualización de reactivos, integrado al sistema informático de control académico UNACH*. 1–58. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6457>
- Zhang, S., Cao, L., & Lu, Z. (2022). An EOQ Inventory Model for deteriorating items with controllable deterioration rate under stock-dependent demand rate and non-linear holding cost. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 18(6), 4231–4263. <https://doi.org/10.3934/JIMO.2021156>

## ANEXOS

**ANEXO 1.**  
**ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL**

Revisar el documento de Excel adjunto

**ANEXO 2.**  
**MODELO DE SENSIBILIZACIÓN DE 5S**

Revisar el documento de PowerPoint adjunto

**ANEXO 3.**

**FORMATO A3 – ÁREA DE MOLDES Y MATERIA PRIMA**

Revisar el documento de Excel adjunto

**ANEXO 4.**  
**EXCEL MAESTRO GENERADO POR LA POWER APP**

Revisar el documento de Excel adjunto

**ANEXO 5.**  
**DASHBOARD DE POWER BI**

Revisar el Power BI adjunto