

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"Propuesta de Mejora del Sistema Productivo en una Empresa del Sector de Personalización de Artículos"

TRABAJO FIN DE GRADO

Octubre, 2025

AUTOR: Eugenio David Herrero Leseduarte

DIRECTOR/ES: Ignacio Mira Solves



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, que desde pequeño siempre han estado a mi lado, apoyando cada decisión y animándome en los momentos más difíciles de la carrera.

De mi padre he aprendido el valor del esfuerzo, el sacrificio y la importancia del trabajo bien hecho.

De mi madre, su optimismo y su fortaleza, que me han enseñado a no rendirme ante las dificultades.

A mi hermano, por ser una gran persona y por estar dispuesto a ayudarme siempre, incluso resolviendo alguna que otra duda de ingeniería.

Y a toda mi familia, por ser un pilar fundamental en mi vida. En especial, a mis abuelos, porque sin su apoyo y cariño, este camino habría sido mucho más difícil.

Asimismo, quiero agradecer a Pablo, Julia y Julio por haberme brindado la oportunidad de realizar mi Trabajo de Fin de Grado en su empresa. Ha sido un verdadero placer trabajar con vosotros y aprender de vuestra experiencia.

Por último, deseo expresar mi agradecimiento a mi tutor, Ignacio Mira Solves, por su orientación para que este proyecto llegara a buen puerto de la mejor manera posible.



Contenido

1.	ANTECEDENTES	8
2.	MARCO TEÓRICO	10
2.1	SISTEMAS PRODUCTIVOS	10
2.2	CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS	11
2.2.1	Producción bajo pedido	12
2.2.2	Producción por lotes	12
2.2.3	Producción en masa	13
2.2.4	Producción del flujo continuo	14
2.3	ETAPAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO	15
2.3.1	Planificación de la producción	15
2.3.2	Aprovisionamiento de materias primas	15
2.3.3	Preparación transformación y fabricación.....	16
2.3.4	Control de calidad	16
2.3.5	Embalado y distribución.....	17
2.4	INDICADORES Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO	18
2.4.1	Teoría de restricciones (TOC)	18
2.4.2	Identificación de cuellos de botella	18
2.5	LEAN MANUFACTURING	21
2.5.1	Fundamentos	21
2.5.2	Orígenes.....	22
2.5.3	Los tres enemigos: Muda, Mura, Muri.....	23
2.5.4	Kaizen	26
2.5.5	Sistemas Pull y Push	27
2.5.6	Herramientas Lean.....	28
2.5.7	Factores clave para aplicar el enfoque Lean.....	34
3.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	36
3.1	PERFIL DE LA EMPRESA.....	36
3.2	ANÁLISIS DE DATOS DE DEMANDA.....	36
3.2.1	Estadísticas de la demanda	36

3.2.2	Análisis de los gráficos.....	38
3.2.3	Previsión de demanda.....	38
3.3	ESTRUCTURA ORGANIZATIVA	41
3.4	INFRAESTRUCTURA E INSTALACIONES	42
3.5	FLUJO DE PRODUCCIÓN	43
4.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	45
4.1	CALIDAD Y CUMPLIMIENTO DEL PROVEEDOR.....	45
4.1.1	Análisis de datos.....	46
4.2	DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PLANCHADO	49
4.2.1	Cálculo de impacto económico	49
4.2.2	Impacto en la capacidad productiva	50
4.3	ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA ACTUAL.....	51
4.3.1	Justificación de uso de software para hacer el diagnóstico	51
4.3.2	Configuración del modelo inicial	58
4.3.3	Simulación y valoración de las estadísticas.....	68
4.4	DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DIARIA	77
5.	PROPUESTA DE MEJORA	78
5.1	MEJORA EN LA GESTIÓN DE CALIDAD Y CUMPLIMIENTO DEL PROVEEDOR	78
5.1.1	Diseño de control de calidad en lotes	78
5.2	MEJORA EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN TEXTIL	82
5.3	MEJORA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	83
5.3.1	Simulación de distribución con cinta transportadora	84
5.3.2	Capacidad productiva	86
5.3.3	Lead time de fabricación	87
5.3.4	WIP.....	87
5.3.5	Estadísticas de las estaciones de trabajo.....	88
5.3.6	Estadísticas de los operarios	89
5.3.7	Eliminación de las trayectorias superpuestas	89
5.4	MEJORA DE LA GESTIÓN DIARIA	90
5.4.1	Diseño de las reuniones diarias	90
5.4.2	Control mensual de la gestión diaria	94
5.5	CRONOGRAMA DE IMPLANTACIÓN DE MEJORAS.....	95

6.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS.....	97
6.1	ANÁLISIS DE INVERSIÓN EN SISTEMA AQL	97
6.2	ANÁLISIS DE PROPUESTA DE LÁMINAS DE TEFLÓN	100
6.3	ANÁLISIS DE MEJORA EN LA DISTRIBUCION DE PLANTA.....	100
6.4	INVERSIÓN EN SISTEMA DE GESTIÓN DIARIA.....	102
6.5	VALORACIÓN GENERAL DEL ANÁLISIS ECONÓMICO	103
7.	VALORACIÓN FINAL	104
8.	ANEXO	106
8.1	TABLA DE DATOS Y CÁLCULO DE PREVISIÓN DE DEMANDA	106
8.2	PLANTILLAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DIARIA (SPC).....	107
8.3	MATERIALES NECESARIOS PARA LLEVAR A CABO EL SISTEMA DE GESTIÓN DIARIA	110
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	111



1. ANTECEDENTES

En los últimos años, el mercado de los productos personalizados ha experimentado una subida creciente de popularidad, impulsada por la demanda de artículos únicos y especiales que permitan reflejar las preferencias del cliente.

A través de herramientas de análisis de tendencia, como puede ser *Google Trends*, podemos observar que, por ejemplo, las búsquedas de las palabras “Taza personalizada” o “Camiseta personalizada” han ido en aumento en los últimos 15 años.

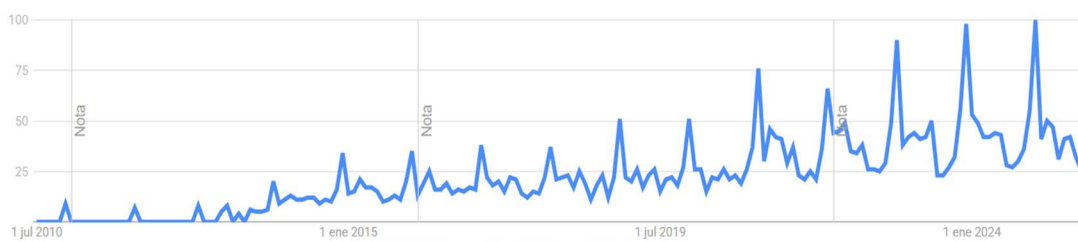


Ilustración 1: Cantidad de búsquedas para Taza personalizada
Fuente: Google Trends

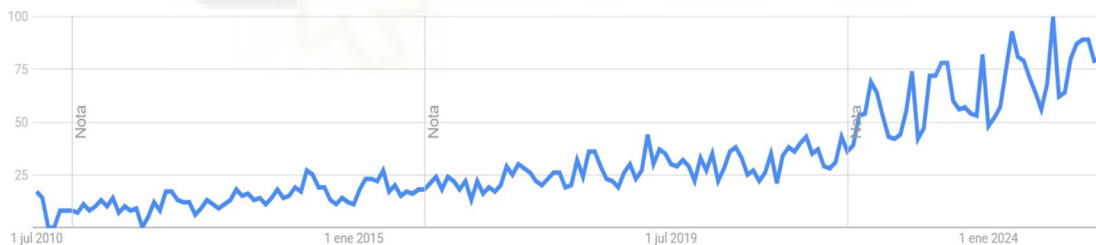


Ilustración 2: Cantidad de búsquedas para Camiseta personalizada
Fuente: Google Trends

Frente a esta tendencia, las empresas de este sector deben adaptar sus sistemas de producción para gestionar un mayor número y variedad de pedidos, garantizando calidad, tiempos de entrega competitivos y control de costes.

Por lo tanto, resulta fundamental implementar un sistema productivo basado en una filosofía dirigida a mejorar los flujos de trabajo y eliminar los distintos tipos de desperdicios que pueden surgir durante la fabricación.

Esta filosofía es conocida como *Lean Manufacturing* o producción ajustada, la cual se centra en aumentar el valor para el cliente, minimizando al máximo los recursos usados.

La empresa objeto de estudio reconoce la importancia de adoptar esta filosofía de mejora continua. Por ello, ha decidido invertir en su implementación dentro de su sistema productivo, con el objetivo de ser más productivos y competentes.

En este contexto, el proyecto pretende ser una propuesta de mejora que tiene como propósito principal evaluar y optimizar el sistema productivo de la empresa mediante la aplicación de la filosofía *Lean*. Para ello, en primer lugar, se realizará un diagnóstico del proceso productivo actual, identificando las ineficiencias que limitan el rendimiento de fabricación.

A posteriori, se propondrán una serie de mejoras que responderán a las problemáticas detectadas en el diagnóstico. Esta serie de mejoras están basadas en conceptos del diseño *lean* con el objetivo de eliminar desperdicios, reducir tiempos improductivos y aumentar la eficiencia.

Con el fin de validar las mejoras, se empleará un software de simulación de procesos industriales que permitirá analizar el comportamiento del sistema bajo diferentes escenarios y medir los beneficios que se podrían esperar.

Como cierre, se concluirá la cantidad de beneficio que se podría esperar con las mejoras propuestas y se llevará a cabo un estudio económico que evaluará los costes de implantación frente al retorno de la inversión, facilitando su evaluación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS PRODUCTIVOS^{1 2}

Un sistema productivo es el conjunto organizado de recursos, personas y actividades interrelacionadas cuyo fin es transformar los componentes de entrada en productos ya terminados los cuales sean percibidos con un valor añadido que haga que los clientes estén dispuestos a pagar su precio.

En otras palabras, es el mecanismo ensamblador que combina distintos recursos, como materiales, tecnología y trabajo humano, para crear bienes y servicios.

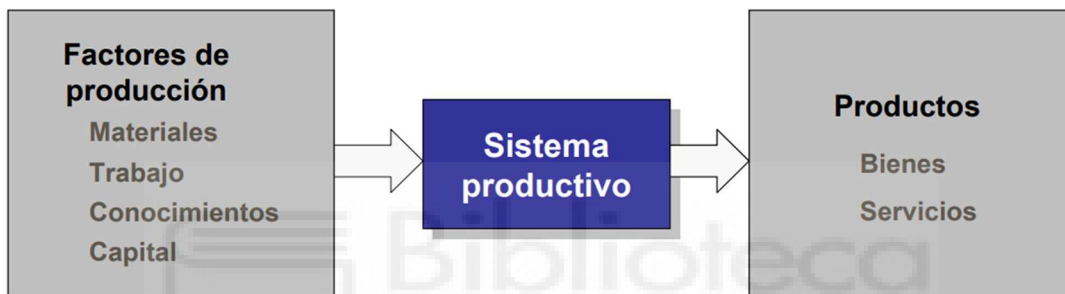


Ilustración 3: Diagrama de sist. productivo

Fuente: UPC Sistemas productivo-logísticos

Cada organización establece sus propios métodos de trabajo con el objetivo de aprovechar al máximo sus recursos, mantenerse competitiva y generar beneficios. Por ello, disponer de un sistema de producción eficiente resulta importante para cualquier empresa que quiera triunfar y expandirse en el mercado.

Los objetivos fundamentales de un sistema productivo son:

- **Calidad:** Asegurar que el producto final cumple las expectativas del cliente. Un sistema que controla la calidad reduce devoluciones y mejora la satisfacción del cliente, creándose una buena reputación que repercutirá en más ventas.
- **Coste:** Minimizar los recursos utilizados para maximizar el beneficio en el producto final ya que, un control estricto de costes permite a la empresa ofrecer precios competitivos sin perder márgenes de beneficio

- Tiempo: Optimizar el tiempo de fabricación, es decir, tiempo total desde la recepción del pedido hasta la entrega al cliente. La reducción de esperas mejora la capacidad de respuesta ante la demanda y evita problemas con el cliente.
- Flexibilidad: Adaptarse rápidamente a cambios en la demanda del mercado. Un sistema flexible puede cambiar de un modelo a otro o ajustar lotes sin aumentar mucho los costes. Muy importante en empresas del sector de personalización de artículos.
- Innovación: Integrar nuevas tecnologías como la automatización para mejorar procesos y generar ventajas competitivas.

Si dichos objetivos se cumplen, estaremos en disposición de decir que el sistema elegido es adecuado para su implementación.

2.2 CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS ³

En la industria, seleccionar el modo en el que vamos a producir resulta importante para equilibrar costes, plazos y calidad según las características del mercado y la propia capacidad de fabricación de la empresa.

Normalmente, las empresas deben decidir al inicio de su creación el tipo de sistema productivo, ya que el diseño e implantación de este requiere un alto nivel de inversión económica inicial. Hacer una mala elección podría tener malas consecuencias de cara a la supervivencia de la empresa.

Es por ello por lo que, para cada situación industrial, existen diferentes modelos que se ajustan a cada necesidad. Diferentes factores como el volumen de demanda, el grado de personalización, la continuidad del flujo y la necesidad de flexibilidad, condicionan el uso de un enfoque por trabajo, por lotes, en masa, de flujo continuo o intermitente. Cada uno de estos modelos productivos implica una configuración diferente de recursos, planificación de procesos y gestión de inventarios, por lo que conocer sus características permite elegir un sistema alineado con los objetivos de producción de la empresa.

A continuación, se ofrece una explicación más profunda de los sistemas productivos más importantes en la industria actual junto con un análisis de sus ventajas y desventajas.

2.2.1 Producción bajo pedido ⁴

El sistema de producción bajo pedido, también conocido como “MTO” en inglés, es un tipo de gestión de la producción en el que los bienes se fabrican únicamente después de recibir una orden de pedido.

El rasgo más característico de este modelo es que el sistema solo se activa cuando se confirma una demanda. Esto lo hace ideal para entornos donde los productos son personalizados, de alta variabilidad o donde los costes de almacén son elevados.

Por ejemplo, una empresa que fabrica muebles a medida no inicia la producción hasta que un cliente deja claro el diseño, los materiales y las medidas.

El enfoque principal es la flexibilidad y la atención al cliente, priorizando la calidad y la personalización sobre la velocidad de producción.

Por otra parte, requiere un sistema de planificación y control de la producción más flexible, ya que, debido a la alta variabilidad de producto, es necesaria una reconfiguración rápida de máquinas y recursos.

En la siguiente tabla se resumen los pros y los contras de este modelo:

Ventajas	Desventajas
Reducción de costes de inventario	Aumenta el tiempo de entrega
Optimiza el uso de recursos	Complica la planificación de la producción
Facilita la adaptación al mercado	Reduce las economías de escala

Ilustración 4: Pros y contras de sist. Bajo pedido

Fuente: Elaboración propia

Con lo cual, el sistema bajo pedido es ideal cuando la flexibilidad y la adaptación al cliente son más importantes que la velocidad de producción y los costes de inventario. Su uso aporta una ventaja competitiva en entornos de alta variabilidad y personalización.

2.2.2 Producción por lotes ^{5 6}

La producción por lotes es un método de fabricación en el que un número determinado de unidades (de características iguales), se organizan en una cantidad limitada fija que recorre todas las fases de la fabricación.

Cada lote debe completar todas las operaciones de una estación antes de que comience el siguiente lote en esa misma estación. Es decir, no se inicia el procesamiento de un nuevo lote hasta que el anterior ha finalizado y se han realizado las tareas de ajustes o limpieza. Además, las estaciones de trabajo se organizan en el orden cronológico del proceso.

De manera particular, el tiempo de ciclo para este caso es:

$$T_{\text{ciclo lote}} = T_{\text{proceso por unidad}} \times N_{\text{unidades}} + T_{\text{ajuste}}$$

Este enfoque combina la alta velocidad de producción con la flexibilidad para adaptarse a variaciones en el producto. Estas variaciones no suelen ser muy diferentes, sino que son pequeñas modificaciones como por ejemplo el color, tamaño o que se introduzca algún accesorio.

Además, la asignación de un número de lote único facilita la trazabilidad y el control de calidad, ya que cualquier defecto detectado en un producto puede relacionarse rápidamente al lote afectado y corregirse antes de producir los siguientes.

Observamos en la siguiente tabla las ventajas y desventajas de este sistema:

Ventajas	Desventajas
Economías de escala por lote	Paradas entre lotes (set-up)
Cambios de configuración rápidos	Elevado inventario en proceso
Trazabilidad y control de calidad por lote	Planificación más compleja

Ilustración 5: Pros y contras de sist. lotes

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la producción por lotes es especialmente adecuada cuando los productos presentan una variabilidad media, es decir, ni es óptimo fabricarlos uno a uno ni conviene producirlos en masa. Además, resulta ideal cuando los pedidos llegan en oleadas o campañas ya que permiten agrupar demandas similares en lotes de tamaño ideal.

2.2.3 Producción en masa ^{7 8}

La producción en masa, también conocida como producción en cadena o en serie, es un sistema de fabricación industrial diseñado para producir grandes cantidades de productos estandarizados de manera eficiente y a un menor coste por unidad. En este caso, cabe

destacar por su relevancia histórica que nació a principios del siglo XX durante la revolución industrial estadounidense. Henry Ford fue uno de los pioneros en aplicar este enfoque al sistema productivo de su empresa, tanto fue así que se usó para producir el Ford Modelo T (primer vehículo producido en cadena de montaje).

Este modelo se sustenta en tres pilares: la especialización, la división del trabajo y la estandarización de componentes. Al asignar a cada operario o máquina una tarea muy concreta, se aumenta el ritmo de producción y bajan los errores. Además, al dividir el proceso en etapas sencillas, se evitan desplazamientos innecesarios y se optimiza el flujo de trabajo.

Por otra parte, el uso de piezas idénticas en todos los productos no solo aumenta la rapidez del montaje y simplifica el mantenimiento, sino que, al comprar los componentes de entrada a gran escala, disminuye bastante el coste por producto.

Las ventajas y desventajas de este enfoque son:

Ventajas	Desventajas
La especialización acelera la producción	Rigidez en cuanto a cambios
La estandarización abarata costes	La inversión inicial es alta
Los procesos simples aseguran calidad uniforme	Puede generarse sobreproducción

Ilustración 6: Pros y contras de producción en masa

Fuente: Elaboración propia

En definitiva, la producción en masa es el enfoque más eficiente cuando se fabrican grandes volúmenes de un mismo producto con especificaciones muy similares, ya que permite maximizar economías de escala, garantizar una calidad uniforme y aprovechar al máximo la automatización, siempre que la empresa cuente con la inversión necesaria y la demanda sea suficientemente predecible para mantener la línea en funcionamiento.

2.2.4 Producción del flujo continuo ⁹

Variante más extrema de la producción en masa en la que el área de producción opera 24 horas al día y 7 días a la semana. Es habitual en industrias químicas o de alimentos líquidos, donde el proceso no puede interrumpirse.

Su principal ventaja es una mayor eficiencia, pero exige demanda constante, automatización avanzada y presenta un alto coste de instalación y mayor rigidez ante cambios que la producción en masa.

2.3 ETAPAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO ¹⁰

Aunque los cuatro modelos fundamentales de sistemas de producción descritos anteriormente se diferencian en aspectos como la escala de operación, el grado de flexibilidad y la gestión de recursos, todos mantienen un flujo de trabajo común en sus etapas productivas.

A continuación, se profundizará en cada etapa de la secuencia de producción, describiendo en detalle la actividad y su objetivo.

2.3.1 Planificación de la producción

Todo proceso de fabricación comienza con la planificación de la producción, que es la fase encargada de determinar qué se va a fabricar, cuánto y cuándo. Su meta principal es alinear la capacidad de la empresa con los objetivos ventas y de servicio al cliente, creando un plan maestro de producción que sirva de guía para todas las etapas posteriores.

Además, en esta fase, se recopilan datos de mercado y se analizan tendencias, competidores y necesidades de los usuarios, facilitando la elección de parámetros como los materiales, dimensiones y coste antes de pasar a la producción

2.3.2 Aprovisionamiento de materias primas

Una vez planificada la estrategia pasamos a la adquisición de materiales. Es la etapa encargada de responder a la pregunta: ¿Qué necesitamos para llevar a cabo la producción? En base al plan maestro de producción y las previsiones de demanda se hace un análisis de necesidades. Posteriormente se negocian acuerdos con los proveedores garantizando la calidad, precios y sobre todo plazos de entrega.

2.3.3 Preparación transformación y fabricación ¹¹

En esta etapa tiene lugar una de las fases más importantes del sistema productivo: la transformación de materias primas que, a través de procesos planificados, generan un valor añadido en el producto final.

Antes de iniciar dicha transformación, la preparación de la planta tiene por objeto dejar los equipos, materiales y personal en buenas condiciones para arrancar sin problemas y alcanzar rápidamente el ritmo de trabajo. En esta fase se ejecutan, por ejemplo: cambios de reglajes, calibraciones o revisiones de seguridad.

Una vez lista la línea de producción, comienza la fabricación donde las entradas de material se convierten en un producto en base a la especificación. La operación debe ejecutarse con métodos de trabajo estandarizados, controlando que se produzca al ritmo de la demanda y con un buen reparto de tareas entre los puestos de trabajo.

2.3.4 Control de calidad ¹²

El control de calidad garantiza que el producto cumpla especificaciones y requisitos del cliente. Debe estar alineado con un sistema de gestión reconocido como puede ser el sistema “ISO 9001” que pide planificar, ejecutar y mejorar sistemáticamente los procesos para entregar resultados consistentes.

Hay tres momentos clave donde se ha de aplicar:

- 1) Recepción: verificación de materias primas antes de liberarlos a producción. Cuando no es viable inspección 100 %, se emplea muestreo de aceptación con AQL que es básicamente el límite de calidad aceptable. Se rige por la norma ISO 2859-1, que define los criterios de aceptación o rechazo del lote.
- 2) En proceso: controles en puntos críticos para detectar fallas a tiempo y evitar reprocesos.
- 3) Final: inspección y ensayos en el producto terminado antes del embalaje y envío. También se podría aplicar el muestreo de aceptación AQL.

Si el producto no pasa la inspección de calidad, se producirá un reproceso del producto en la etapa de fabricación.

2.3.5 Embalado y distribución

En esta etapa se cierra el proceso de fabricación asegurando que cada pedido salga de la planta protegido, identificado y trazado hasta su entrega.

Comienza con la preparación del pedido en donde se comprueba que el pedido corresponda con la orden y se elige el embalaje adecuado en función de tamaño y fragilidad. El objetivo es ajustar el volumen del embalaje para reducir daños y costes de transporte. Además, se incluye la documentación necesaria.

A posteriori se gestiona la distribución, donde será necesario negociar con los agentes de transporte las tarifas de envío y tiempos de entrega ya que, de no negociarlo, puede repercutir en nuestros costes afectando al beneficio económico o a la insatisfacción del cliente por periodos de entrega demasiado largos.

A continuación, se ilustra un diagrama de flujo de producción que resume la idea de cada etapa:



Ilustración 7: Flujo productivo

Fuente: Elaboración propia

2.4 INDICADORES Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO

2.4.1 Teoría de restricciones (TOC) ^{13 14 15}

La Teoría de las Restricciones o TOC (*theory of constraints* en inglés) conocida como teoría de los cuellos de botella, es un enfoque para gestionar las limitaciones que impiden que un sistema alcance su máximo rendimiento.

Fue desarrollada por el físico israelí Eliyahu M. Goldratt en la década de 1980, y se popularizó a través de su libro *La Meta*. Esta teoría se basa en la idea de que todo sistema productivo, está limitado por al menos una restricción principal y que mejorar el rendimiento global requiere enfocarse en esa restricción en lugar de optimizar partes aisladas del proceso.

Las bases de esta teoría son:

- Todo sistema tiene al menos una restricción que limita su rendimiento.
- Mejorar áreas no restrictivas no impacta significativamente el sistema global.
- Las restricciones pueden ser físicas (como una máquina lenta) o no físicas (como políticas o demanda de mercado).

2.4.2 Identificación de cuellos de botella

En un sistema productivo, se denomina cuello de botella a la etapa cuya capacidad es inferior a la demanda que recibe, convirtiéndose así en el limitante principal del rendimiento global.

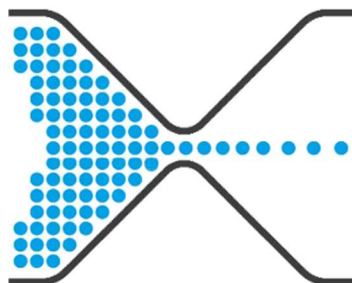


Ilustración 8: Representación Cuello de botella

Fuente: windtux.com

El ritmo global del sistema nunca puede ser superior al ritmo del cuello de botella, independientemente de la eficiencia del resto de procesos. Este hecho hace que sea imposible que un sistema productivo alcance su máximo potencial.

Para aclarar la idea, veamos un ejemplo práctico:

Supongamos que estamos estudiando la línea de producción de una cierta marca de automóviles. El ritmo de producción global de vehículos vendrá determinado por el ritmo de la etapa más lenta. Si, por ejemplo, la estación de trabajo que se encarga de pintar las carrocerías de los vehículos puede procesar 30 unidades/hora y las otras estaciones como la de chapa o ensamblado van a 60 unidades/hora, el ritmo global será 30 unidades hora.

Por lo tanto, da igual que se mejore la productividad en las estaciones de ensamblaje o chapa ya que la que más peso tiene en la productividad es la estación de pintura que es la más lenta.

A continuación, se entrará en detalle en distintas métricas para poder detectar con precisión los cuellos de botella.

2.4.2.1 Tiempo de ciclo (CT) ¹⁶

El tiempo de ciclo es el tiempo que tarda una unidad o un lote en completar una sola operación de fabricación, desde el inicio hasta el fin.

Puede medirse como:

- Tiempo de ciclo efectivo: se contemplan los tiempos de carga y descarga del producto.
- Tiempo de ciclo del equipo: solo se tiene en cuenta el tiempo en que se añade valor a la pieza.

La forma más habitual de medirlo es manualmente, con la ayuda de un cronometro.

Matemáticamente:

$$CT_{por\ unidad} = \frac{Tiempo\ del\ proceso}{Cantidad\ total\ de\ productos\ procesados}$$

2.4.2.2 Capacidad productiva ¹⁷

La capacidad productiva es el rendimiento máximo que un sistema puede fabricar calculado en número de productos terminados durante un determinado plazo de tiempo.

Este indicador se usa para dimensionar recursos, comprometer plazos y detectar ineficiencias y puede configurarse como un objetivo medible para permitir su comparación al realizarse cambios en la producción.

Se puede calcular como:

$$\text{Capacidad productiva} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{tiempo de producción}}$$

Donde el tiempo de producción es habitual medirlo en horas, días o mes.

2.4.2.3 Trabajo en proceso (WIP) ^{18 19 20}

El Trabajo en Proceso o WIP (*Work In Process* en inglés) es el inventario que se encuentra entre el inicio y el fin de la cadena de fabricación. Son unidades a medio acabar que han pasado por alguna operación de fabricación, pero aún no son unidades terminadas.

En términos de la producción, el WIP incluye tanto las colas de espera como las unidades que están siendo procesadas.

Según la teoría de restricciones de Goldratt, el WIP es un indicador importante de los cuellos de botella ya que:

- Un nivel alto de WIP, incrementa el tiempo de ciclo, el espacio, los movimientos innecesarios o el riesgo de defectos.
- Muy poco WIP, aparece riesgo de falta de material en las siguientes estaciones y pérdidas de productividad.

El concepto de WIP está muy relacionado con la Ley de Little o también conocida como la Teoría de las Colas, que es un principio fundamental en la gestión de sistemas productivos que establece una relación matemática entre las siguientes métricas:

$$WIP = \text{Producción} \times \text{Tiempo de ciclo}$$

La ley demuestra que el WIP es directamente proporcional al producto del tiempo de ciclo y el ritmo de producción. Esta relación es importante ya que, si se tiene un aumento en el

WIP sin ajustar la producción, se aumenta el tiempo de ciclo, generando una saturación en el sistema. Por el contrario, mantener la producción constante mientras se reduce el WIP acorta el tiempo de ciclo lo que mejora el flujo.

Por lo tanto, es importante subrayar la reducción del WIP como clave para tiempos más cortos y mayor rendimiento.

2.5 LEAN MANUFACTURING

2.5.1 Fundamentos ^{21 22}

La metodología *Lean Manufacturing* puede entenderse como una filosofía de gestión que busca generar el máximo valor para el cliente empleando la mínima cantidad de recursos y para ello se centra en reducir los procesos que no aportan nada de valor.

Se basa en la idea de mejorar continuamente y propone unas guías de organización del trabajo dirigido a hacer más eficiente los procesos productivos.

Los cinco principios básicos del *Lean Manufacturing* fueron planteados por Womack y Jones en su libro *Lean Thinking* (1996) y se consideran el núcleo de esta filosofía. Estos principios siguen un orden secuencial que sirve como guía para su implantación:

- 1) Identificar el valor: determinar qué percibe el cliente que es valioso en el producto y por lo tanto, enfocarse en las actividades que generan este valor.
- 2) Mapear el flujo de valor: visualizar, de pedido a entrega, tiempos, inventarios y flujos de materiales e información para detectar y eliminar desperdicios
- 3) Crear flujo continuo: procurar un sistema sin interrupciones, minimizando tiempos de ciclo y un proceso más fluido de materiales e información.
- 4) Establecer un sistema *pull*: producir solo lo que el cliente quiere, usando herramientas para sincronizar la producción con la demanda.
- 5) Buscar la perfección: Fomentar la mejora continua, involucrando a todos los empleados en la eliminación constante de desperdicios.

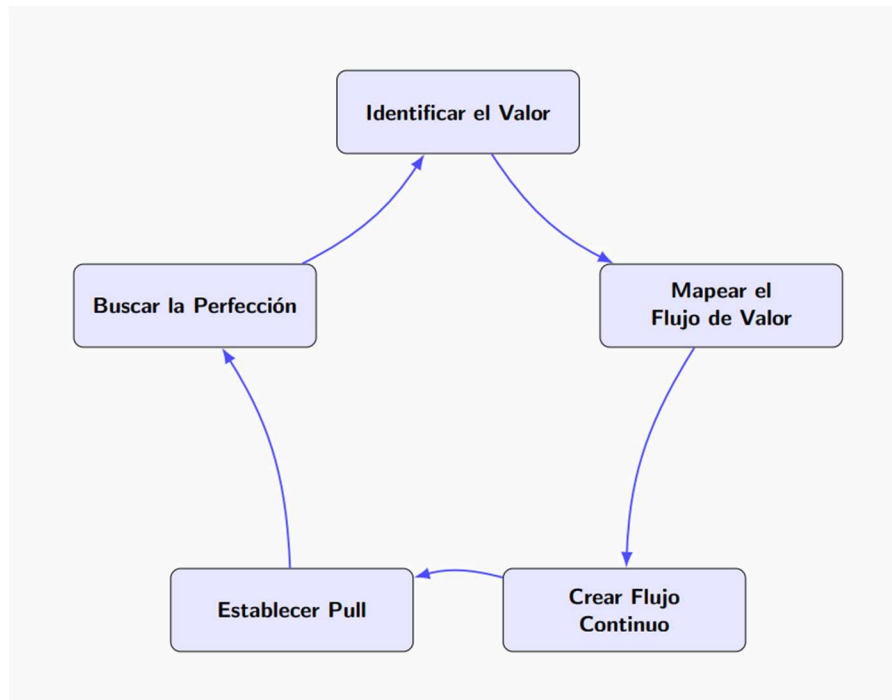


Ilustración 9: Flujo 5 principios Lean

Fuente: Elaboración propia

2.5.2 Orígenes ²³

La historia de esta filosofía comienza a finales del siglo XIX, con los telares automáticos de Sakichi Toyoda. Estas máquinas podían pararse solas cuando se rompía un hilo, lo que evitaba que se produjeran fallos. De esta forma nació el concepto de *jidoka*, que significa dar a la máquina la habilidad de detener la producción cuando surge un problema.

Décadas más tarde, Kiichiro Toyoda, hijo de Sakichi Toyoda, incorporó el concepto de *Just-in-Time* (JIT), que es producir únicamente lo necesario, en el momento oportuno y en la cantidad exacta, evitando guardar en exceso inventario.

Ya en la década de 1950, bajo el liderazgo de Taiichi Ohno, la empresa Toyota consolidó estos principios en un sistema de producción adaptado a las difíciles condiciones económicas de Japón tras la Segunda Guerra Mundial. En un contexto de escasez de recursos, espacio e infraestructuras, la compañía orientó su estrategia a mejorar la productividad y reducir los costes, eliminando todo aquello que no generaba valor.

Con el tiempo, esta metodología no solo transformó la industria automovilística japonesa, sino que también influyó en la gestión de los sistemas fabricación a nivel global, convirtiéndose en la base de enfoques más modernos como el *Lean Manufacturing*.

2.5.3 Los tres enemigos: Muda, Mura, Muri

En la filosofía *Lean Manufacturing*, lo más fundamental es la eliminación de todo aquello que no aporte un valor. La meta es mantener un flujo de trabajo eficiente, de manera que cada etapa del proceso contribuya a la creación del valor que el cliente estaría dispuesto a pagar.

La mejora del rendimiento no se logra solo quitando desperdicios. En Toyota se hace hincapié en atacar tres fuentes de ineficiencia de forma coordinada: Mura (desequilibrios) y Muri (sobrecarga), Muda (desperdicio).

2.5.3.1 MURA ²⁴

MURA es la irregularidad o el desequilibrio en un proceso. Este factor interrumpe el flujo de fabricación, generando limitaciones al provocar desbalances. Se podría entender como un ritmo de producción desigual.

Cuando el trabajo no entra ni se procesa a un ritmo estable, el flujo se rompe: se producen atascos, sube el inventario intermedio y el tiempo de entrega, baja la productividad y aumentan los costes.

Suele aparecer por falta de estandarización o por falta de previsión de la demanda.

2.5.3.2 MURI ²⁵

El concepto de MURI hace referencia a la sobrecarga que se produce cuando a las personas o a los equipos se les exige trabajar por encima de su capacidad real. Esta situación suele desembocar en costes indirectos, como el cansancio del personal, el desgaste temprano de las máquinas o la aparición de cuellos de botella que reducen el rendimiento. En la mayoría de los casos, el problema aparece por una planificación incorrecta o por asignar cargas de trabajo sin tener en cuenta las limitaciones de cada proceso.

2.5.3.3 MUDA ²⁶

Por último, MUDA, que es el más conocido de las 3M. Representa cualquier actividad que no añade valor al cliente, consumiendo recursos sin contribuir al producto final, y su eliminación es importante para aumentar la eficiencia.

Se pueden dividir los MUDAS en 2 tipos:

- MUDA tipo 1: actividades que no aportan valor al cliente, pero son necesarias. Por ejemplo, las pruebas de seguridad.
- MUDA tipo 2: actividades que no aportan valor ni son necesarias y deben eliminarse.

Con lo cual, es lógico ver que hay que priorizar eliminar primero el Tipo 2 y optimizar el Tipo 1.

Dentro de los MUDA tipo 2, Taiichi Ohno identificó 7 clases, a los cuales posteriormente se añadió uno más:

- 1) Muda de sobreproducción: fabricación en exceso de productos sin tener en cuenta la demanda real. Implica un aumento en los costes de almacenamiento y riesgo de obsolescencia. Esta considerado el muda más dañino para el sistema productivo. La mayoría de las veces se ocasionan por pronósticos incorrectos o por una mala elección de producción en lotes.
- 2) Muda de esperas: se refiere a tiempos “muertos” donde trabajadores o máquinas esperan materiales, instrucciones o procesos previos. Suelen deberse a desajustes en el equilibrio de la línea de producción o a retrasos por parte de los proveedores.
- 3) Muda de transporte: son los desplazamientos innecesarios de materiales a lo largo del proceso, lo que implica un consumo de tiempo y recursos que no aportan un mayor valor. La causa más habitual suele estar en un diseño ineficiente de la distribución en planta o de procesos mal relacionados entre sí.
- 4) Muda de sobre procesamiento: consiste en realizar pasos extras o pasos más complejos de lo necesario, como controles de calidad no esenciales o acabados innecesarios.

- 5) Muda de inventario: se produce cuando los niveles de inventario son más elevados de lo necesario, ya sean de materias primas, productos en proceso o artículos terminados. Además de ocupar espacio y generar costes de almacenamiento, inmoviliza recursos que podrían destinarse a otras áreas. Una de sus causas más comunes es la compra o producción en cantidades superiores a las que realmente pide la demanda.
- 6) Muda de movimiento: hace referencia a los desplazamientos innecesarios que realizan las personas durante su trabajo y que no generan ningún valor.
- 7) Muda de defectos: se produce cuando aparecen fallos en la fabricación que obligan a repetir tareas o incluso tirar material. Esto implica un gasto adicional de tiempo y recursos, y suele estar relacionado a problemas en la formación del personal o a fallos en los equipos.
- 8) Muda de talento humano: consiste en el talento no utilizado, que desperdicia habilidades de los empleados al no involucrarlos en mejoras.



Ilustración 10: 8 MUDAS
Fuente: think-productivity.com

2.5.4 Kaizen ²⁷

La palabra *Kaizen*, que tuvo su origen en Japón, es la suma de Kai (cambio) y Zen (mejorar). Es un principio clave de *Lean Manufacturing* que promueve la mejora continua día a día en los procesos productivos, con la participación de todos los niveles de la organización. Promueve pequeños cambios de manera frecuente para obtener en el futuro grandes beneficios.

Se diferencia de otros enfoques al basarse en la transformación de la mejora en un hábito diario, integrando la innovación en la rutina de la empresa. Además, crea una cultura de aprendizaje continuo, donde los errores se ven como oportunidades para crecer.

Para llevar a cabo la mejora continua, se utilizan ciclos que combinan análisis y acción. Estos ciclos permiten resolver problemas apoyándose en datos objetivos y persiguen la participación de todo el equipo en la búsqueda de soluciones. El más común es el ciclo PDCA.

2.5.4.1 Ciclo PDCA ²⁸

El ciclo PDCA o en inglés *Plan-Do-Check-Act*, también conocido como Ciclo Deming, es un modelo iterativo de mejora continua diseñado para optimizar procesos, resolver problemas y fomentar la eficiencia en sistemas productivos. Este enfoque se basa en un proceso circular que motiva cambios graduales que mejoran el desempeño del sistema.

Dicho proceso consta de cuatro fases, de forma que una vez completada la secuencia de fases, se vuelve a empezar desde el inicio. Así, se consigue una revisión iterativa de las actividades productivas para posteriormente ir introduciendo las mejoras.

Esas cuatro fases son:

- Planificar: consiste en identificar el problema, analizar las causas, establecer objetivos y diseñar un plan de acción con indicadores medibles.
- Hacer: poner en práctica ese plan a pequeña escala, de modo que se puedan observar los resultados y recopilar información del proceso.
- Verificar: Analizar resultados comparando con objetivos, identificar desviaciones y extraer aprendizajes de la experiencia
- Actuar: Estandarizar mejoras, ajustar el plan si es necesario y reiniciar el ciclo.

Hay que destacar que existe otra variante de este ciclo que se llama PDSA (*Plan-Do-Study-Act*). Sustituye *Check* (revisar) por *Study* (estudiar) ya que se realiza un análisis más profundo.

2.5.5 Sistemas Pull y Push ²⁹

Los sistemas *Pull* y *Push* representan dos enfoques importantes en la gestión de la producción, diferenciados por cómo se organiza el flujo de materiales y la respuesta a la demanda. Dentro del *Lean Manufacturing*, estos sistemas son clave para optimizar la organización de los procesos.

A grandes rasgos, se distinguen por el momento en el cual se inicia la producción.

2.5.5.1 *Push*

El sistema *Push* (empuje) fabrica según previsiones. Se fabrica antes de tener la orden de pedido y el producto se va “empujando” por la cadena, es decir, cada etapa produce y envía al siguiente proceso porque así lo marca el plan maestro. Además, es común en este enfoque el uso de lotes grandes para aprovechar la capacidad y reducir el coste por unidad. Funciona bien cuando la demanda es estable, pero si las predicciones fallan aparecen factores como la sobre producción, exceso de inventario, costes de almacenaje y riesgo de obsolescencia.

2.5.5.2 *Pull*

El sistema *Pull* (tirón) produce únicamente cuando existe una demanda real por parte del cliente. En este modelo, las órdenes de venta son las que activan el sistema de producción, logrando que la fabricación se mantenga sincronizada con el mercado. Este enfoque permite trabajar con lotes pequeños o incluso a unidades, lo que disminuye inventarios y desperdicios. Entre sus principales ventajas destacan la flexibilidad y el menor capital inmovilizado, aunque también requiere una cadena de fabricación muy ágil y bien coordinada.

2.5.6 Herramientas Lean ³⁰

Las herramientas Lean representan un conjunto de técnicas prácticas derivadas principalmente del sistema productivo de Toyota y la filosofía Lean, diseñadas para identificar y eliminar desperdicios, optimizar el flujo de fabricación y promover la mejora continua.

Estas herramientas no solo facilitan la visualización de ineficiencias, sino que también persiguen la estandarización y la participación de los empleados en el proceso de la mejora.

A continuación, se detallan las más importantes.

2.5.6.1 Las 5S ³¹

La metodología de las 5S propone una forma de organizar el espacio de trabajo basada en el orden, la limpieza, la estandarización y la disciplina. Su objetivo va más allá de reducir el caos en el sistema ya que, busca crear un entorno que haga visibles los desperdicios y facilite la mejora continua.

Cuando se aplican de manera correcta, ayudan a reducir tiempos de búsqueda, minimizan errores, crean ambientes más seguros y elevan la calidad. Además, se obtiene un aumento de la productividad.

Para que funcionen, es importante incluirlas como un hábito constante y no como una acción puntual.

Véase que aporta cada una:

- Seiri (Clasificar): identificación de los elementos que son realmente necesarios y retirar los que no aportan valor, evitando la acumulación innecesaria en el área de trabajo.
- Seiton (Ordenar): colocación de los elementos de forma que sean fáciles de identificar y de acceder en el cualquier momento. Por ejemplo, con el uso de etiquetas o colores.
- Seiso (Limpiar): mantener el área de trabajo limpia y en buenas condiciones, lo que permite detectar fallos a tiempo. Además, se suelen incluir rutinas de inspección.

- Seiketsu (Estandarizar): creación de normas que garanticen la continuidad de las tres primeras S.
- Shitsuke (Disciplina): crear hábitos mediante el entrenamiento del personal para mantener las mejoras.

2.5.6.2 Trabajo estandarizado ³²

La creación de un entorno de trabajo estandarizado es importante para mantener la estabilidad en los procesos, ya que busca que cada tarea se realice de la forma más eficiente posible.

Es un factor clave porque ofrece una referencia a partir de la cual se pueden medir las mejoras realizadas. Además, facilita que las tareas puedan repetirse de manera uniforme incluso en entornos donde existe una alta rotación de personal. Por ejemplo, si hay varios turnos laborales en donde participan diferentes operarios, el resultado de la producción no se verá alterado gracias a que existe un modo ya preestablecido de hacer las cosas.

Para una correcta implantación, es necesario describir cada paso con detalle y elaborar una guía sencilla y práctica que pueda aplicarse sin dificultad.

2.5.6.3 VSM ³³

El *Value Stream Mapping* (VSM), o mapeo del flujo de valor, es una herramienta que permite representar de forma visual todo el recorrido de un producto o servicio a lo largo de un proceso. Mediante un diagrama se muestran los pasos que aportan valor y los que generan desperdicio, lo que ayuda a tener una visión más clara de dónde se pierde tiempo o recursos.

Se hace uso de iconos para procesos, inventarios, esperas, transportes y flujos de información, con líneas de tiempo para medir la eficiencia.

De esta manera, el VSM es útil para detectar cuellos de botella, mejorar la coordinación entre áreas y además, sirve de base para hacer una mejora facilitando la comparación.

2.5.6.4 Heijunka ³⁴

El *Heijunka* es una práctica de origen japonés cuyo significado se relaciona con la idea de nivelar la producción. Se utiliza para repartir el trabajo de manera equilibrada, tanto en volumen como en variedad de productos. Su objetivo es evitar los picos de trabajo y las pausas por inactividad, de forma que el flujo de trabajo sea más estable en el tiempo.

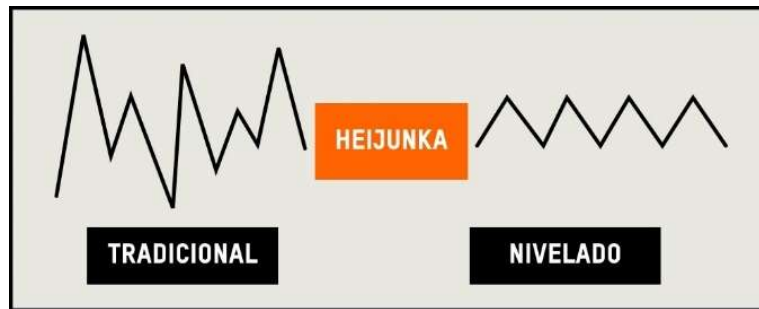


Ilustración 11: Representación Heijunka

Fuente: flexpipeinc.com

Con este modelo, no se fabrican grandes lotes de un mismo producto, sino que se planifica la fabricación en cantidades más pequeñas y regulares. Esto ayuda a responder mejor a la demanda del cliente, a reducir inventarios y a prevenir la acumulación de tareas que terminan generando cuellos de botella.

Se puede entender como la solución al desperdicio MURA ya que intenta oponerse a la variabilidad a través de hacer el proceso más predecible.

2.5.6.5 SMED ³⁵

El método SMED (*Single Minute Exchange of Die*) tiene como finalidad reducir al mínimo el tiempo necesario para realizar los cambios de preparación en un proceso productivo, como puede ser sustituir herramientas o ajustar los parámetros en una máquina. Al disminuir estos tiempos, se hace posible trabajar con lotes más pequeños, lo que da mayor flexibilidad y permite adaptarse con rapidez a variaciones en la demanda o a imprevistos dentro de la producción.

2.5.6.6 Sistema Andon ³⁶

Andon es un sistema de señalización que avisa en tiempo real del estado de una línea de producción, combinando alertas visuales y, en algunos casos, alertas con sonido. Su

función principal es avisar de inmediato sobre cualquier incidencia para que se actúe con rapidez y evite que el problema aumente. Habitualmente se utilizan luces de colores, donde el verde indica normalidad, el amarillo una advertencia y el rojo marca la necesidad de detener la producción.



Ilustración 12: Ejemplo de sistema Andon

Fuente: anks.mx

Hoy en día, este concepto también puede aplicarse mediante tableros digitales y sistemas conectados que permiten monitorizar y reaccionar de forma rápida, mejorando así la capacidad de control.

2.5.6.7 KPI³⁷

Para poder cuantificar si un sistema está funcionando de manera óptima o de si los cambios introducidos son beneficiosos o no, se han de usar los *Key Performance Indicators (KPI)*, conocidos en español como indicadores clave de rendimiento.

Se podría decir que son como indicadores medibles que evalúan el progreso hacia objetivos específicos, pudiéndose clasificar en financieros, operativos y de calidad.

Un KPI incluye una serie de aspectos clave que lo caracterizan. Ha de ser:

- Específico: claro y enfocado en un proceso concreto, evitando ambigüedades.
- Medible: evaluable con indicadores numéricos que permitan hacer un seguimiento objetivo y comparar resultados en distintos periodos de tiempo.
- Alcanzable: realista con los recursos disponibles para no fijar metas imposibles.
- Relevante: alineado con los objetivos estratégicos de la empresa.

- Temporal: con plazos definidos para la medición y revisión.

Con lo cual, un buen monitoreo del sistema a través de KPIs es vital para poner en práctica la mejora continua.

2.5.6.8 Diagrama espagueti³⁸

El diagrama espagueti es una herramienta que representa gráficamente el recorrido real que siguen las personas, los materiales o incluso la información dentro de un área de trabajo. Se dibuja mediante una línea continua que representa los desplazamientos y permite identificar movimientos innecesarios, medir distancias recorridas o tiempos de recorrido, así como también, detectar cruces que interrumpen el flujo de fabricación. Se utiliza habitualmente como complemento del VSM, ya que da un mayor nivel de detalle en el diagnóstico de ineficiencias.

También, es posible incorporar símbolos, como por ejemplo, una estrella o una señal de advertencia para destacar alguna incidencia o un punto de alta probabilidad de colisiones.

Como se puede apreciar en la siguiente imagen, aparte de líneas continuas nos podemos ayudar de símbolos como en este caso las estrellas para marcar una incidencia.

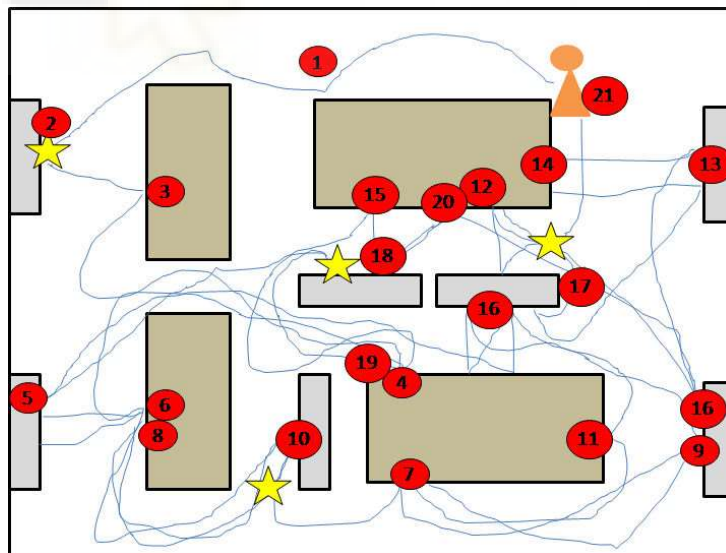


Ilustración 13: Ejemplo diagrama espagueti

Fuente: pdcahome.com

2.5.6.9 *Gemba Walk*³⁹

El Gemba Walk que en japonés significa “el lugar real”, se define como un recorrido por el lugar de trabajo cuyo objetivo es observar a los empleados, hablar con ellos sobre sus tareas y detectar oportunidades para aumentar la productividad.

La clave de esta práctica es que al acudir directamente al lugar donde se lleva a cabo la actividad, se entiende mejor el proceso y se evitan juicios incorrectos. Cabe destacar que existe otra variante orientada a mejorar la prevención de riesgos llamado *Gemba walk* de seguridad.

Es importante dejar claro que no se trata de una auditoría ni de un mecanismo para controlar al personal, sino de un ejercicio de observación respetuosa, formulación de preguntas y análisis de causas. Además, es útil porque aporta información para alimentar al ciclo PDCA y así obtener propuestas más ajustadas a los problemas.

2.5.6.10 *Sistema de gestión diaria*^{40 41}

Tener un sistema de gestión diaria que conecte la estrategia con lo que ocurre realmente en la planta es clave de cara a mejorar el área de producción. Se basa en objetivos claros y visibles, seguimiento de KPIs en tiempo real, reuniones breves por niveles jerárquicos y resolución rápida de problemas.

El objetivo no es actuar solo en momentos puntuales, sino en garantizar de manera constante la estabilidad del flujo y de la calidad en el trabajo.

Los pilares básicos son:

- Gestión visual: emplear tableros sencillos donde se muestren los objetivos del área, el avance hacia ellos y el estado actual.
- Reuniones diarias por niveles: breves, a la misma hora y de pie, para revisar indicadores, problemas y acciones a tomar. Lo que no se resuelve se comunica al siguiente nivel jerárquico.
- Trabajo del líder: implica que la persona responsable visite a diario el lugar de trabajo, revise junto con el equipo los puntos del día y apoye en la resolución de problemas. Al repetirlo cada día, se mantiene el orden y la mejora continua se vuelve un hábito.

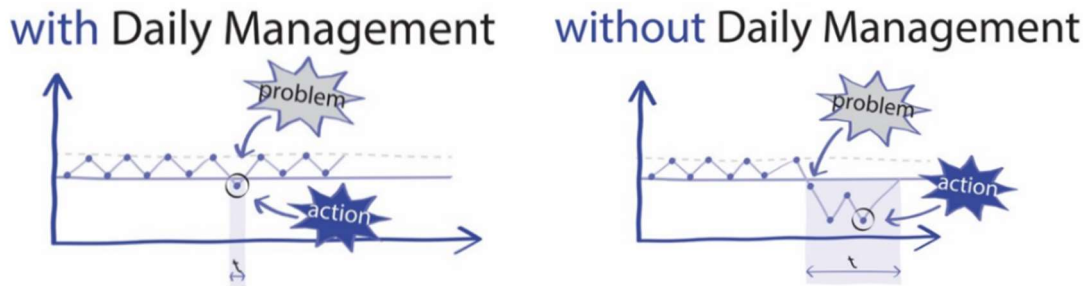


Ilustración 14: Con vs sin enfoque lean

Fuente: lean.org

2.5.7 Factores clave para aplicar el enfoque Lean⁴²

El cambio a un sistema *Lean* funciona cuando el líder está presente en el día a día, el equipo entiende el porqué y el cómo, y existe una rutina sencilla y repetible que convierte la mejora en un hábito.

Implantar este enfoque no consiste en poner las herramientas mencionadas anteriormente y esperar a que funcionen sin más, sino que consiste en cambiar la forma de gestionar para aportar más valor y evitar desperdicios de manera constante.

Se podría decir que la transición a este enfoque prospera cuando se reúnen los siguientes cuatro factores clave.

En primer lugar, la implicación de la dirección es fundamental. No basta con dar luz verde al proyecto, sino que la dirección tiene que apostar de verdad por la nueva forma de trabajar, explicar el sentido del cambio y apoyar a las personas que lo llevan a cabo. Esto supone reconocer que el verdadero valor está en los trabajadores, en lo que observan día a día y en las mejoras que proponen. Si estos aspectos no se cumplen, la mejora termina viéndose como una moda y pierde apoyos en el equipo.

Esa implicación se refleja también en la figura de un líder Lean con credibilidad dentro de la organización. Lo ideal es que sea alguien con un pie en la fabricación, ya que conoce los procesos, y puede motivar la participación con un trato más cercano. Su función no es imponer sus ideas, sino conectar a los trabajadores con los principios Lean, con lo cual es importante que no se le vea como una amenaza, sino como un apoyo.

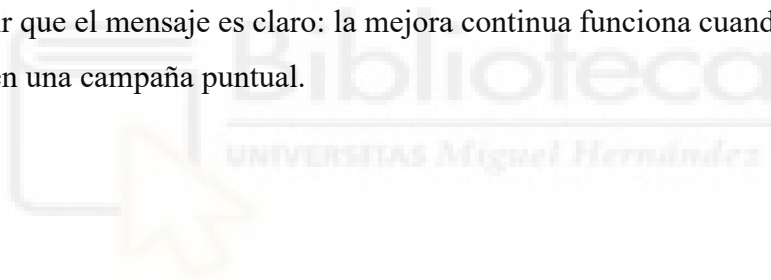
Otro aspecto clave es la transparencia en la información. En un sistema Lean los datos deben ser visibles y fáciles de entender para todos, lo que implica dejar claros los

objetivos, mostrar los avances y retrasos, y comunicar las decisiones que se toman. Esto significa reconocer de forma abierta cuando un equipo no alcanza el resultado previsto y responder a cada propuesta de mejora, ya sea aceptándola o explicando por qué no se aplica. Mantener esa transparencia evita malentendidos y contribuye a que el aprendizaje sea mejor y más rápido.

En paralelo, es imprescindible la formación. Como se cambia la manera de trabajar es necesario capacitar a los empleados para que entiendan en qué consiste un sistema de mejora continua, qué se persigue con él y cuál es el papel que ocupa cada persona. Esta formación debe ser práctica y acompañar a los equipos hasta que puedan desenvolverse solos.

Por último, paciencia y constancia. Querer implantarlo todo de golpe suele generar frustración, con lo cual es mejor avanzar despacio y bien, con datos en la mano, cuidando a las personas y consolidando cada avance antes de dar el siguiente.

Se podría decir que el mensaje es claro: la mejora continua funciona cuando se convierte en rutina, no en una campaña puntual.



3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

3.1 PERFIL DE LA EMPRESA

La empresa objeto de estudio se dedica a la producción bajo demanda de artículos personalizados. Están ubicados en el polígono industrial de Torrellano (Elche) y operan a nivel europeo. Su propuesta permite al cliente incorporar diseños, textos o logotipos propios sobre el producto, de modo que el resultado aporte un valor más personal para el comprador.

Se orientan a pedidos unitarios y lotes pequeños, gestionados principalmente a través de plataformas online. Al mismo tiempo, la empresa busca crecer explorando nuevos segmentos de mercado, diversificando canales de venta y ampliando las opciones de personalización para mejorar la experiencia de sus clientes.

3.2 ANÁLISIS DE DATOS DE DEMANDA

Aunque la empresa cuenta con una amplia gama de productos, este proyecto se centra únicamente en los cuatro artículos más vendidos y que, además, comparten la misma área de producción. Esto se debe a que, como se explicará más adelante, a pesar de que la planta está dividida en tres zonas, el análisis se limitará a una de ellas.

En este caso, los cuatro productos analizados son tazas, camisetas, botellas y bolsas de tela. Todos ellos parten de un artículo en blanco y se transforman en artículos únicos a partir de las personalizaciones solicitadas por cada cliente.

3.2.1 Estadísticas de la demanda

A continuación, se ofrece una visión estadística de las cifras de la empresa. El propósito es analizar cómo varía la demanda a lo largo del año, qué familias de productos tienen mayor peso en las ventas y en qué meses aparecen los picos relacionados con campañas o fechas especiales. Esta información sirve como punto de partida para comprender el contexto operativo, en aspectos como la carga de trabajo y la planificación, y también para plantear de manera clara las propuestas de mejora que se presentarán más adelante.

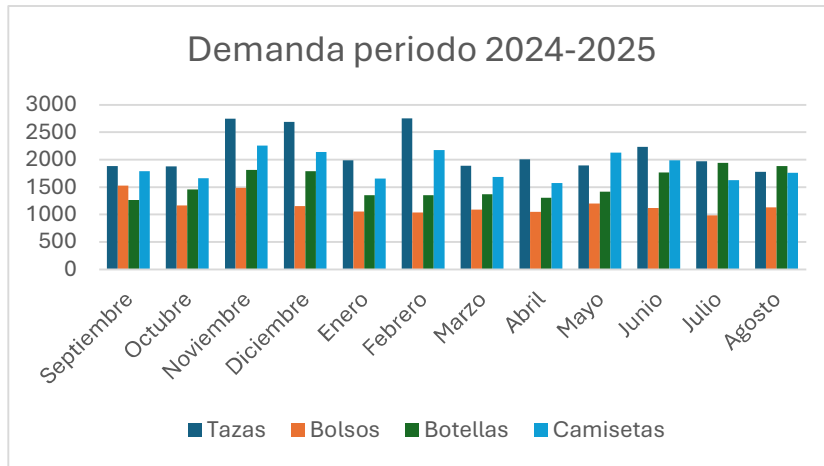


Ilustración 15: Demanda mensual por producto

Fuente: Empresa

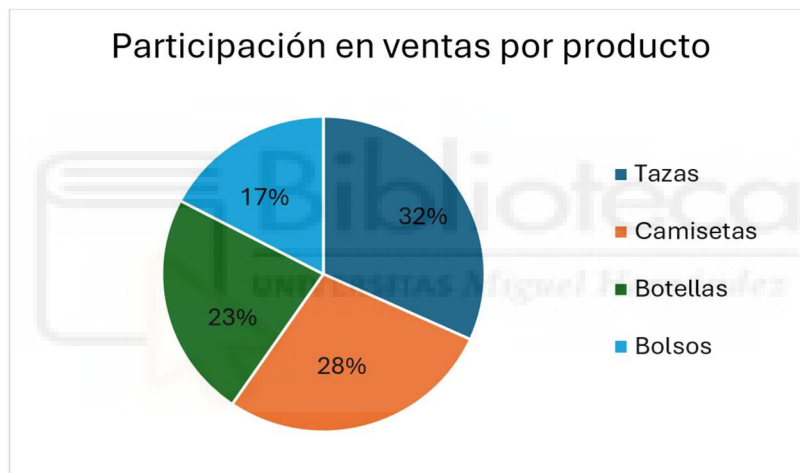


Ilustración 16: Participación por producto

Fuente: Empresa

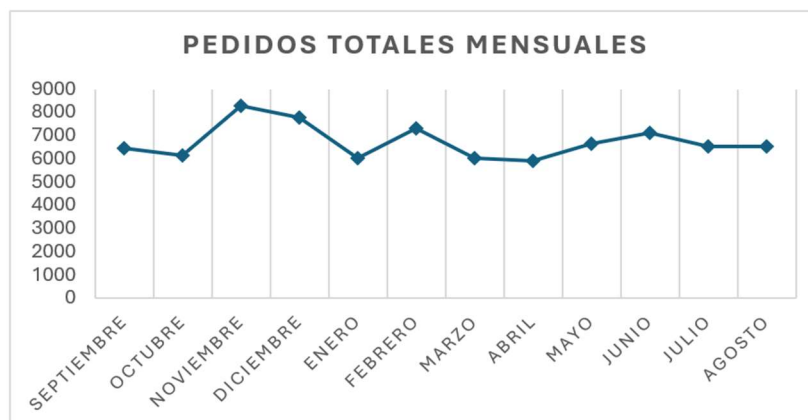


Ilustración 17: Pedidos totales mensuales

Fuente: Empresa

3.2.2 Análisis de los gráficos

La gráfica de ventas mensuales muestra que la demanda tiene un patrón estacional. Los meses con más ventas son noviembre y diciembre, gracias a campañas como *Black Friday* y Navidad, que concentran buena parte de los ingresos. También se ven subidas en febrero, por San Valentín, y en junio, coincidiendo con el fin de curso y los regalos a profesores. El resto del año la presión productiva es más baja, lo que permite a la empresa organizarse mejor y prepararse para las siguientes campañas.

Si miramos cada producto por separado, se notan diferencias claras. Las tazas son el artículo más fuerte, sobre todo en las fechas de regalo, aunque también tienen picos en otros momentos, lo que confirma que son un producto muy popular. Las camisetas siguen un camino parecido, con aumentos en las campañas. Las botellas destacan más en verano, porque son un producto práctico para el calor, aunque también tienen cierta presencia al final del año. Los bolsos, en cambio, mantienen ventas más regulares, con algunas subidas en primavera y otoño.

En cuanto al reparto de ventas en el último año, las tazas suponen un 31,8%, las camisetas un 27,8%, las botellas un 23,1% y los bolsos un 17,3%. Esto coincide con lo que se ve en la gráfica: tazas y camisetas son los productos más vendidos y resto se lo reparten los bolsos y las botellas.

3.2.3 Previsión de demanda

Hacer una previsión de demanda permite anticipar, a partir del historial y de los eventos previstos, cuántos productos se venderán, evitando tanto las faltas de stock como los excesos de inventario.

Para estimar la demanda del próximo año se ha utilizado un método sencillo de proyección estacional con escenarios. En primer lugar, se analizaron las ventas del último año para identificar cómo se distribuye la demanda a lo largo de los meses, calculando el peso que tiene cada uno sobre el total anual.

A partir de ese patrón se proyectó la demanda del año siguiente, aplicando distintos escenarios de crecimiento que reflejan tanto los objetivos de la empresa como las posibles variaciones del mercado.

Estos escenarios son:

- Escenario optimista: crecimiento del 15 %

Futuro alineado con los objetivos de la empresa para el próximo año. El crecimiento previsto se basa en dos factores principales: por un lado, la expansión comercial, orientada a captar nuevos clientes y abrirse a más mercados y por otro, la mejora de la eficiencia productiva, gracias a las inversiones realizadas en los procesos de fabricación, que permitirán aumentar la capacidad.

- Escenario base: crecimiento nulo

En este escenario se espera que la empresa mantenga sus resultados actuales. Se asume que el mercado seguirá estable y que las nuevas acciones todavía no tendrán un efecto claro.

- Escenario pesimista: decrecimiento del 5 %

Para este caso se tienen en cuenta algunos riesgos que podrían reducir las ventas. Entre ellos están el aumento de la competencia, con la entrada de nuevas empresas en el sector o factores económicos como una posible bajada del consumo.

En la siguiente ilustración se muestra gráficamente las ventas por mes según el escenario.

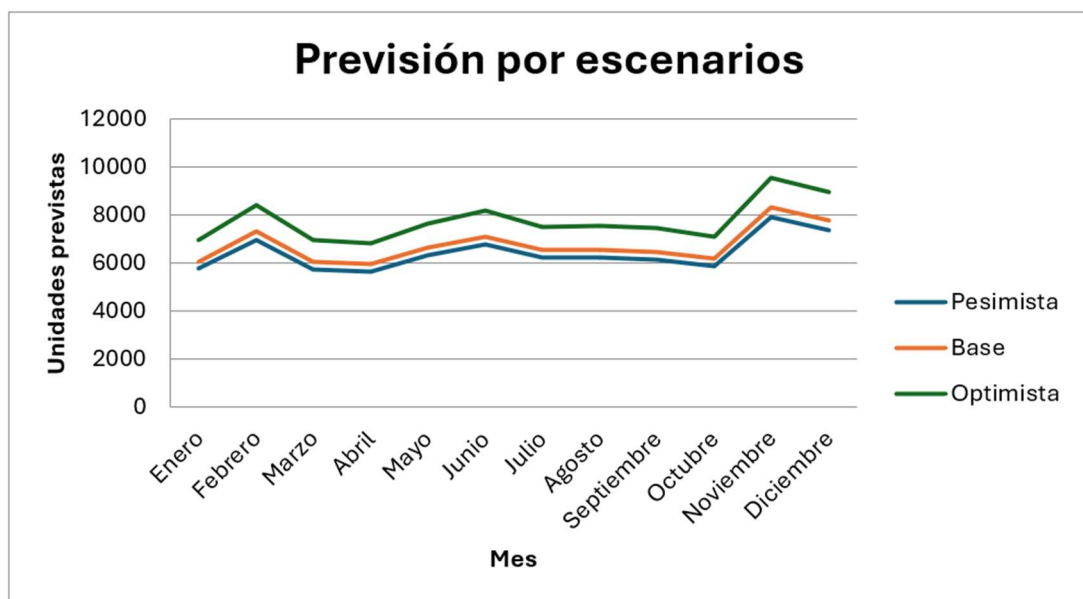


Ilustración 18: Escenarios de previsión de demanda

Fuente: Elaboración propia

Además, para el próximo año se pretende reforzar enero, marzo, abril y octubre con más publicidad y promociones, ya que son meses tradicionalmente más flojos, para suavizar la estacionalidad. En enero suele haber una caída tras la campaña de Navidad antes del repunte de febrero (San Valentín), y algo similar ocurre en marzo, abril y octubre donde campañas como el Día del Padre o *Halloween* pueden impulsar la demanda. Con esta inversión adicional se considera razonable un aumento del 20 % en las ventas de esos cuatro meses, de modo que se compensen los costes de publicidad y se logre un flujo más constante, en línea con el principio *Heijunka*.

Con lo cual, también se ha tenido en cuenta este efecto en la previsión de demanda. En el escenario pesimista, esta acción ayudaría a compensar la bajada del mercado. En el escenario base, mostraría el efecto directo de la campaña en un entorno estable. Y en el escenario optimista, sería el mejor caso posible ya que se combina un mercado en crecimiento con una campaña efectiva.

En los cálculos, los meses enero, marzo, abril y octubre llevaran un multiplicador de 1,2 reflejando así el aumento del 20% en ventas esperado en esos meses. En el anexo se puede consultar la tabla usada para calcular los gráficos.

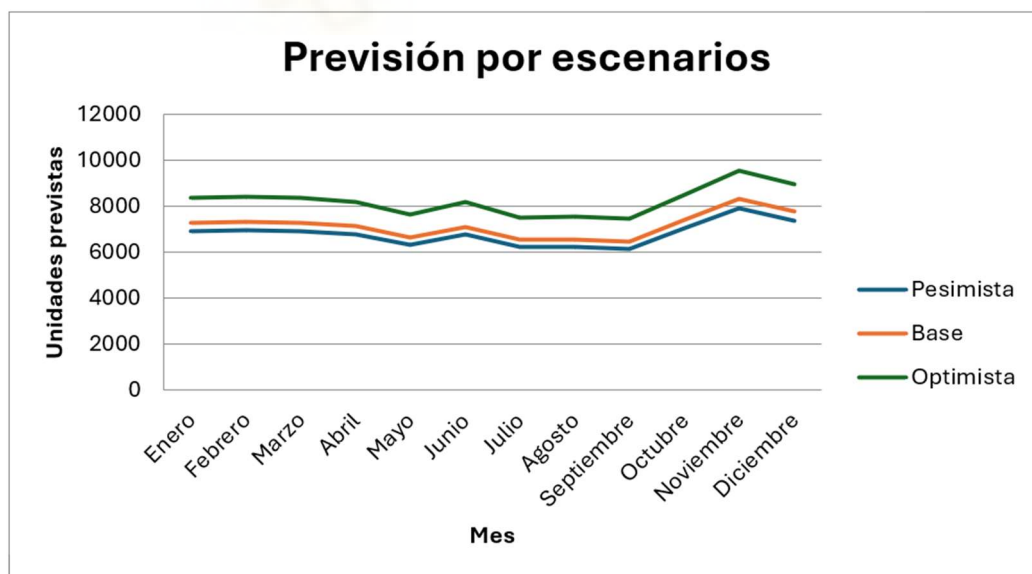


Ilustración 19: Escenarios incluyendo campañas en meses débiles

Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que para este cálculo de previsión no se ha optado por el uso de medias móviles como método de previsión, ya que el histórico de ventas disponible abarca únicamente un año, lo que limita su capacidad para identificar tendencias de comportamiento a medio plazo. Además, la demanda de la empresa varía mucho según las campañas del año (como Navidad, Día de la Madre o Black Friday), lo que hace que haya picos de ventas que distorsionan las medias y dificultan obtener una estimación realista.

3.3 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

La estructura organizativa de la empresa, que se muestra en el organigrama de la página siguiente, sigue un modelo jerárquico funcional, común en pymes. Esto favorece un mayor control en los procesos, lo que resulta especialmente útil para coordinar las distintas áreas de actividad de la empresa.

Bajo el director de Operaciones, hay cinco ramas principales: mantenimiento, recursos humanos, producción, logística-expedición y servicio de atención al cliente. Esta configuración proporciona claridad en las funciones y facilita la aplicación de principios Lean. El director de Operaciones es el centro de todo, ya que coordina las ramas para poder cumplir los objetivos.

El área bajo la responsabilidad de Mantenimiento se centra en el soporte técnico de máquinas para evitar paradas y mantener la producción fluida, algo imprescindible en un sistema de pedidos bajo demanda.

La rama de responsable de RRHH maneja el equipo humano, desde reclutar hasta capacitar al personal. Es un elemento clave para formar a los empleados en herramientas Lean, y además procura el bienestar del equipo.

En cuanto a producción, es la más grande operativamente, con subramas para el supervisor de área de diseño que dirige a los diseñadores y el supervisor de producción que vigila el proceso de fabricación y a los operarios.

Para la rama de responsable Logística-Expedición se encarga del empaquetado y envío, coordinándose con los canales de venta para gestionar entregas rápidas y poder reducir tiempos de envío.

Por último, la rama de responsable de servicio de atención al cliente maneja consultas, devoluciones y *feedback* después de la venta, ayudando a fidelizar clientes.

Para aplicar *Lean* de forma efectiva, en este caso, es necesario reforzar la conexión entre ramas con *Gemba Walks* y reuniones de gestión diaria, para encontrar y solucionar problemas en el día a día.

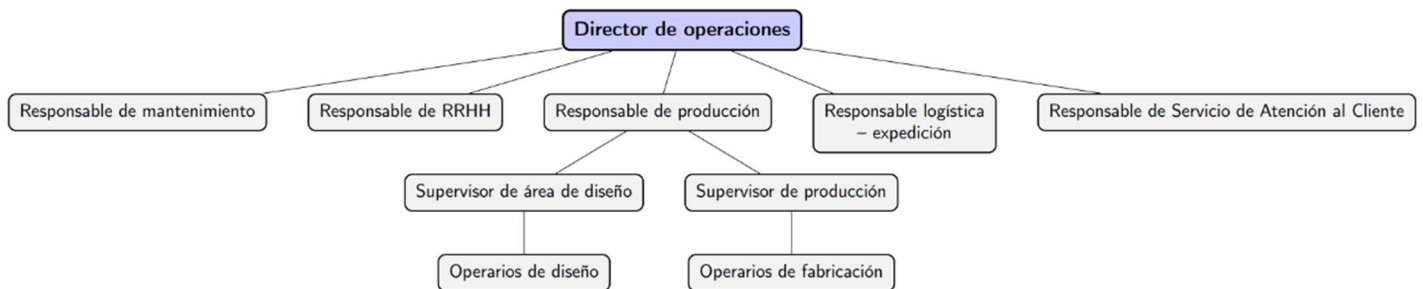
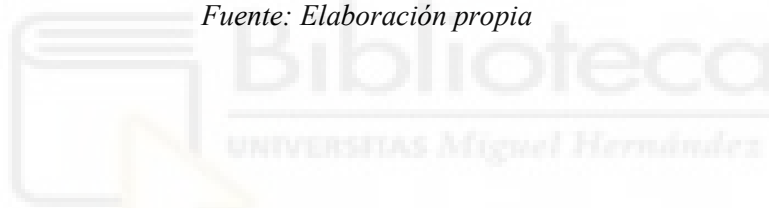


Ilustración 20: Organigrama de la empresa.

Fuente: Elaboración propia



3.4 INFRAESTRUCTURA E INSTALACIONES

La empresa opera en una nave industrial con buen acceso a las principales vías y a servicios de paquetería, lo que favorece las recogidas de los paquetes. El conjunto de la instalación suma 600 m², distribuidos en tres áreas de producción. En este proyecto nos centraremos en la zona dos, por ser la que más necesita una mejora en sus procesos.

La zona dos tiene 240 m² (rectángulo de 30 m × 8 m), siendo una geometría regular que ofrece flexibilidad para replantear la disposición de equipos y puestos de trabajo. Junto a ella existe una sala de 30 m² dedicada a procesos láser, equipada con la ventilación específica que requiere este tipo de maquinaria.

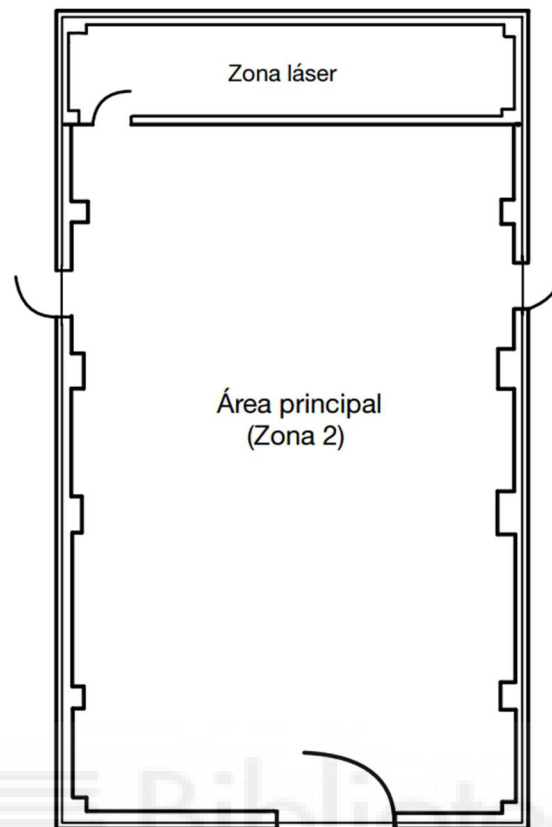


Ilustración 21: Esquema de planta

Fuente: elaboración propia

3.5 FLUJO DE PRODUCCIÓN

El flujo productivo se inicia con la compra de un producto por parte del cliente a través de los canales de venta electrónicos, como la web propia o plataformas como Amazon.

En ese momento, se genera una orden de producción que se envía al área de diseño, donde los diseñadores se encargan de adaptar el pedido a las especificaciones del cliente. Para optimizar esta etapa, se aplica un principio de estandarización mediante plantillas ya creadas previamente, lo que permite ahorrar tiempo y errores ya que solo hay que adaptar la plantilla a la particularidad de cada pedido.

A continuación, el diseño se imprime sobre papel de transferencia utilizando tintas preparadas para soportar el ciclo de temperatura, tiempo y presión.

Una vez impresos los diseños y llevados a planta, la preparación depende del tipo de producto. En productos rígidos se recorta el sobrante y se fija el papel al artículo con cinta

térmica, cuidando la alineación. En productos textiles también se recorta el sobrante, pero no se coloca ninguna cinta ya que solo se ha de posicionar lo mas recto posible respecto al textil.

El siguiente paso es la transferencia térmica, siendo el núcleo del proceso. En rígidos se utiliza una prensa térmica con molde redondo, la cual ha de configurarse en tiempo, temperatura y presión según sea un producto u otro. En textiles se emplea una plancha térmica plana y esta se configura similar a la prensa.

Una vez transferido el diseño, el producto pasa a control de calidad. Se comprueba la alineación, la cobertura, la ausencia de manchas y el tono de color. Si no cumple, se aparta para hacer el retrabajo. Cuando el artículo está conforme, se embala y se etiqueta con la información del canal de venta.

Los pedidos terminados se ordenan por transportista y hora límite de salida en la zona de expedición, desde donde se realizan los envíos.

A modo de síntesis:

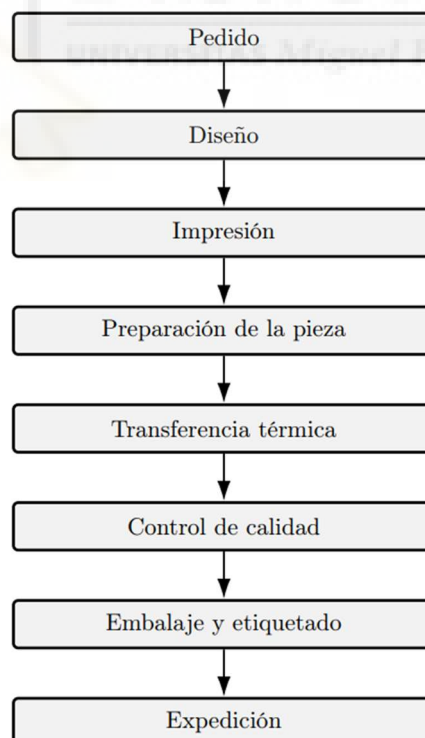


Ilustración 22: Flujo productivo

Fuente: Elaboración propia

4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Al igual que en una consulta médica, donde el profesional debe realizar un diagnóstico detallado para prescribir el tratamiento más adecuado y adaptado a cada paciente, esta sección se centrará en llevar a cabo una evaluación integral del sistema productivo de la empresa.

El objetivo de este análisis es poder tener una visión completa que permita no solo identificar los problemas más importantes, sino también reconocer las oportunidades de mejora que no están tan a la vista en el día a día. De esta manera, será posible plantear soluciones prácticas y realistas, fundamentadas en datos objetivos.

Para llevar a cabo el diagnóstico se seguirá un orden secuencial que recoja todas las etapas del proceso, desde la entrada del pedido hasta la expedición al cliente. Esto permite analizar cada paso de manera clara y ordenada, tal como se muestra en el diagrama de flujo anterior.

Todo el análisis se basa en la recopilación de datos obtenidos directamente en la planta de producción. Estos datos se han recogido mediante métodos prácticos, como preguntar al personal u observar directamente las operaciones en marcha. Esta manera de actuar esta alineada con las herramientas explicadas anteriormente como el *Gemba Walk* o la identificación de *Mudas*.

De esta manera, este diagnóstico no solo refleja la situación actual, sino que establece una base sólida para las propuestas de mejora que se desarrollarán en los apartados siguientes, asegurando que las soluciones sean realistas y alineadas con las necesidades de la empresa.

Antes de pasar a los problemas detectados, es preciso hacer una previsión de demanda por lo menos a un año vista

4.1 CALIDAD Y CUMPLIMIENTO DEL PROVEEDOR

Una de las primeras ineficiencias detectadas durante la observación en la planta se centra en el proveedor principal de productos en blanco, es decir, los materiales base sin personalizar. Este proveedor, presenta problemas recurrentes que afectan directamente la eficiencia del proceso productivo.

Los operarios cuentan que en bastantes ocasiones se han topado con productos del proveedor con defectos que han hecho imposible usarlos en la fabricación y con lo cual se desechan generando un coste a la empresa. En base a esto, se valoró la idea de revisar en entrada los lotes, pero se desechó rápidamente debido al gasto de tiempo que un operario debería emplear para revisar todo el stock, con lo cual se decidió por el momento asumir los costes que genera este problema hasta poder negociar con el proveedor algún tipo de solución o encontrar otro proveedor más fiable.

Para el análisis, se va a definir el siguiente KPI:

- Tasa de defectos: se define como el porcentaje de unidades defectuosas que se detectan en los materiales recibidos de un proveedor, calculado en relación con el total de unidades entregadas.

De esta manera, se podrá cuantificar el impacto que está teniendo y además servirá para futuras comparaciones.

4.1.1 Análisis de datos

El análisis se ha centrado en el trimestre comprendido entre los meses de mayo, junio y julio, ya que este periodo puede representar bien el funcionamiento habitual del proveedor y coincide con un pico de demanda, como las campañas promocionales de junio.

Se han considerado los cuatro tipos de producto más relevantes por volumen: tazas, botellas, bolsos y camisetas. Estas representan prácticamente la totalidad de ventas y son, por tanto, el foco principal para la evaluación del desempeño del proveedor.

La cantidad de unidades de stock sin personalizar que la empresa compra al proveedor se basa en solicitar habitualmente un 10% más que las ventas registradas con anterioridad a través de datos históricos recopilados, con el objetivo de cubrirse ante demandas imprevistas o fallas en la producción que haga necesario hacer reprocesos.

En la siguiente tabla se muestran las cantidades solicitadas al proveedor con su correspondiente stock de seguridad*:

Familia de producto	Stock mínimo requerido	Stock recibido (110%)	Diferencia
Tazas	6.971	7.700	+729
Botellas	5.858	6.450	+592
Camisetas	6.565	7.250	+685
Bolsos	3.774	4.200	+426
Total	23.168	25.600	+2.432

(* debido a que se pide en lotes, esta redondeado al alza)

Ilustración 23: Tabla de stock recibido

Fuente: Elaboración propia

Con lo cual, durante el trimestre, la empresa recibió un total de 25.600 unidades y estas fueron organizadas en 16 envíos logísticos en un tamaño de lote promedio de 1.600 unidades.

A medida que se fue usando este stock, se fueron anotando el número de productos con defectos que dependían del proveedor. En total, se identificaron 1741 unidades no conformes, lo que representa una tasa de defectos del 6,8 % sobre el total recibido en el trimestre. La distribución por familia fue la siguiente:

Familia de producto	Unidades no conformes	Tasa de defectos (%)
Tazas	643	8,36
Botellas	507	7,87
Camisetas	403	5,56
Bolsos	188	4,48
Total	1.741	6,8

(La tasa de defectos es relativa al volumen recibido por tipo de producto)

Ilustración 24: Tabla de cantidad de unidades no conformes

Fuente: Elaboración propia

Los principales defectos detectados fueron golpes, roturas, deformaciones y manchas. Se detectó además que las tazas sufrían más roturas por el transporte ya que el embalaje no era suficiente y las botellas sufrían más de errores de fabricación como un mal hermetismo del tapón o descascarillado de la imprimación superficial.

Aunque el proveedor devuelve el importe correspondiente a los productos defectuosos, este proceso no es inmediato ya que suele tardar entre uno y dos meses. Por ello, debe tenerse en cuenta el impacto económico que supone mantener ese dinero inmovilizado

durante ese tiempo, además de las posibles dificultades que puede generar en la gestión del stock y la planificación de compras.

A continuación, se presenta una estimación del coste total para la empresa:

Familia de producto	Coste unidad (euros)	Coste total defectuoso (euros)
Botellas	2	1014
Tazas	1,50	964,5
Camisetas	1,25	503,75
Bolsos	0,65	122,2
Total		2.604,45

Ilustración 25: Tabla de costes de defectos

Fuente: Elaboración propia

Que dividido entre los tres meses de estudio son aproximadamente 868 euros por mes de pérdidas.

Además, debe considerarse el coste económico del tiempo que los operarios dedican a registrar cada defecto detectado. Cuando sacan el artículo de la caja y encuentran algún problema, apuntan el tipo de defecto y el número de lote.

Mediante una medición realizada con cronómetro, se determinó que esta acción requiere aproximadamente 15 segundos por unidad. Durante el trimestre analizado se identificaron 1.741 piezas defectuosas, por lo que el tiempo total invertido fue:

$$\text{Tiempo total} = 1.741 \text{ piezas} \times 15 \text{ segundos} = 26.115 \text{ segundos}$$

Si lo convertimos en horas son 7,25h y sabiendo que la hora del operario le cuesta a la empresa 10 euros, sale que estas revisiones costaron en el trimestre de mayo a julio unos 72,5 euros.

En resumen, el proveedor presenta un rendimiento mejorable. A lo largo del trimestre se ha registrado una tasa de no conformidad del 6,8 %, lo cual supone un impacto directo en los costes y en la eficiencia del sistema productivo. Aunque la política de sobre aprovisionamiento actual permite absorber parte de estas irregularidades, la variabilidad en la calidad supone cierto riesgo para la productividad.

4.2 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PLANCHADO

Continuando con la revisión por etapas del sistema de producción, se detectó un problema que afectaba a la fase de planchado térmico en textiles.

Esta etapa consiste en aplicar calor y presión para transferir el diseño desde una hoja transferible al producto final, pero puede verse afectada por variaciones ambientales u operativas que pongan en riesgo la calidad obtenida.

En concreto, se observó que ligeras desviaciones en parámetros clave como variaciones en la presión aplicada, niveles de humedad en el ambiente o aumentos ligeros en la temperatura de la plancha provocan que la tinta de la hoja de impresión traspase la lámina y manche la superficie de la plancha térmica. Como resultado, en el siguiente ciclo de estampado, estas manchas residuales se transfieren al siguiente artículo, generando defectos visibles como manchas irregulares o distorsiones en el diseño.

La empresa implementó como solución la limpieza inmediata de las planchas térmicas al detectar cualquier mancha o residuo en su superficie. Aunque esta medida pueda parecer la más sencilla y lógica para eliminar los defectos en los estampados, no se consideró adecuadamente su impacto operativo. En particular, durante el proceso de limpieza, la máquina queda parada por un periodo medio de dos minutos por incidencia, dependiendo de la extensión de la suciedad, lo que genera tiempos muertos en la producción y reduce la capacidad productiva general.

4.2.1 Cálculo de impacto económico

Se tomará el mes de junio como mes de análisis. En este mes se contabilizaron un total de 3.106 planchados en materiales textiles (bolsas y camisetas). En 438 de estas operaciones, se detectaron manchas en la superficie de la plancha, lo que obligó a detener el equipo para realizar una limpieza inmediata antes de continuar con el proceso. Esto representa una tasa de incidencia del 14,1% destacando así una frecuencia importante de interrupciones que afectan al flujo.

Cada limpieza requirió un tiempo promedio de dos minutos, lo que resulta en un tiempo total de parada de 876 minutos. Esto equivale a 14,6 horas de inactividad acumulada durante el mes.

Además, se ha de mencionar que estas interrupciones no solo generan tiempos muertos, sino que también interrumpen el flujo de producción, potenciando cuellos de botella en etapas posteriores.

Valorando el tiempo del operario a 10 €/hora, el coste directo asociado al tiempo improductivo sube a 146€. A priori puede parecer que el coste económico es asumible y bastante asequible pero no se tendría en cuenta la variabilidad y la fatiga que crea en el proceso.

4.2.2 Impacto en la capacidad productiva

También se ha de calcular como las interrupciones por limpieza tienen un efecto negativo en la capacidad productiva de la estación de planchado.

- Con un tiempo de ciclo medio de 1,25 minutos por unidad textil, los 876 minutos dedicados a limpiar representan el tiempo equivalente a 701 planchados que no pudieron ejecutarse en el mes.
- Si calculamos el tiempo que se dedica al mes a la limpieza:

$$\text{Tiempo de limpieza} = \frac{\text{tiempo limpieza}}{\text{tiempo total}} = \frac{876}{3.106 \times 1,25} \times 100 = 22,5\%$$

Un 22,5% del tiempo no añade valor al producto final.

- Además, el porcentaje de utilización de la cada máquina de planchado queda:

$$\begin{aligned} \text{Disponibilidad} &= \frac{\text{tiempo de produccion}}{\text{tiempo de producción} + \text{tiempo de limpieza}} \\ &= \frac{3.106 \times 1,25}{(3.106 \times 1,25 + 876)} \times 100 = 81,5\% \end{aligned}$$

Donde se observa que la disponibilidad se reduce a aproximadamente el 81,5%, indicando una subutilización significativa del equipo y resalta la necesidad de medidas de mejora.

4.3 ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA ACTUAL

Esta sección constituye uno de los puntos más importantes del diagnóstico, ya que se centra en evaluar el rendimiento que ofrece el sistema productivo en su estado actual. Un aspecto fundamental dentro de este análisis es la distribución en planta, entendida como la forma en que se organizan físicamente las áreas de trabajo, las máquinas y el personal. La forma en que se organizan estos elementos influye directamente en la fluidez de los procesos, en la coordinación entre las distintas etapas y por lo tanto en la eficiencia global de la empresa.

Con lo cual, una distribución en planta adecuada permite reducir los tiempos de desplazamiento, evitar movimientos innecesarios y aprovechar mejor los recursos disponibles. En el marco del *Lean Manufacturing*, este aspecto cobra especial importancia, ya que la optimización del espacio y del flujo de materiales se considera fundamental para eliminar los llamados MUDAS.

Por el contrario, cuando el espacio no está bien organizado se generan problemas visibles en el trabajo diario, como recorridos más largos de lo necesario, acumulación de materiales en zonas inadecuadas o tiempos de espera que retrasan la producción. Todo esto acaba afectando a la competitividad de la empresa frente a otras con sistemas más eficientes. Por eso, analizar y revisar la distribución en planta es clave no solo para entender cómo funciona la empresa en la actualidad, sino también para encontrar mejoras que le permitan crecer de forma sostenible en el futuro.

4.3.1 Justificación de uso de software para hacer el diagnóstico

En el pasado, los diagnósticos de distribución en planta se realizaban casi siempre con métodos manuales, como el uso de planos en papel, cronómetros, conteo de pasos o diagramas espaguetti y VSM. Con la información recogida se identificaban los cuellos de botella y se proponían cambios basados en ensayo y error. El inconveniente de este enfoque es que los estudios tenían un carácter estático, es decir, dependían del momento en que se hacían las observaciones y no permitían conocer del todo qué ocurría en situaciones distintas, como una variación en la proporción de pedidos, un aumento de la demanda o una avería en la línea.

En la actualidad, el uso de software de simulación de procesos permite crear un modelo virtual de la planta y probar en pocos minutos diferentes escenarios, como cambios en la distribución, secuencias de trabajo, tamaños de lote, reglas de prioridad o niveles de personal. A partir de estas simulaciones se obtienen métricas clave, entre ellas los tiempos de ciclo, el lead time, el WIP, la utilización de cada recurso, las colas o los recorridos. Además, la herramienta hace posible analizar situaciones futuras: por ejemplo, un aumento del 20 % en la demanda de junio o una avería en una impresora. Con esta información se dispone de datos más fiables para justificar propuestas de mejora y establecer prioridades de inversión en la empresa.

Hay que destacar que la simulación no sustituye a la observación en planta, la complementa. El modelo debe configurarse con tiempos reales, secuencias de procesos y reglas de trabajo. Así, el diagnóstico deja de ser una foto puntual y pasa a ser un laboratorio de ensayos.

4.3.1.1 Introducción a la herramienta de simulación FlexSim ⁴³

La herramienta de simulación utilizada en este análisis es FlexSim, desarrollada por Autodesk. Se trata de un software de simulación de eventos discretos en 3D que permite modelar, analizar y visualizar distintos tipos de sistemas de producción.

La interfaz funciona con un sistema de arrastrar y soltar, lo que hace más fácil crear modelos sin necesidad de saber programación. También incluye bibliotecas con objetos ya preparados que ayudan a diseñar más rápido y permiten representar situaciones reales de forma bastante aproximada. De esta manera, es posible probar cambios en un entorno virtual sin interrumpir la actividad de la empresa, lo que sirve para detectar fallos, mejorar los flujos de trabajo y tomar decisiones.

En este caso, para el diagnóstico de la distribución en planta, FlexSim resulta especialmente útil porque permite representar en un modelo la situación actual y compararla con distintas alternativas de mejora cuando se planteen cambios. Con ello es posible medir de manera precisa indicadores clave que sirven como base para definir KPIs y evaluar el grado de mejora.

4.3.1.2 Funcionamiento básico de FlexSim ⁴⁴

FlexSim emplea una terminología particular para referirse a los elementos del modelo, por lo que resulta necesario comprender estos conceptos básicos antes de trabajar con la simulación. En este apartado se describen los términos que se utilizarán más adelante.

El programa se organiza en torno a un modelo de simulación, siendo como la representación digital del proceso que se quiere estudiar. En él se colocan los equipos como objetos, se define su comportamiento y se observa el flujo de producción. Este modelo puede visualizarse de dos formas: la vista en 3D para una mejor comprensión visual y la vista en 2D que facilita la colocación de objetos.

Además, se tiene la vista en árbol que muestra la jerarquía del modelo, útil para entrar a parámetros de cada objeto de manera rápida.

En el modelo, los objetos procesan los *flowitems*, que representan cualquier elemento móvil que circula por el sistema. En este caso, se consideran como *flowitems* los pedidos o el material en blanco sin personalizar. Para diferenciar entre las distintas variantes de producto, cada *flowitem* puede llevar asociado un *itemtype*, es decir, una etiqueta que el modelo utiliza para determinar rutas, establecer reglas de prioridad o asignar tiempos según el tipo de producto.

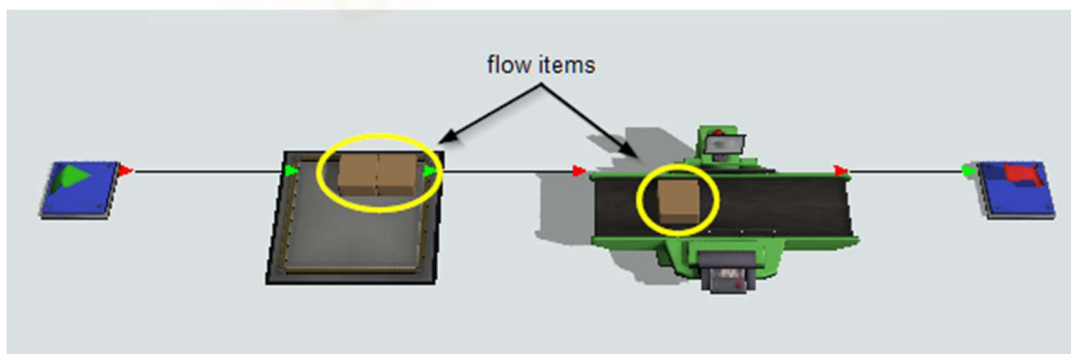


Ilustración 26: Flowitems

Fuente: docs.flexsim.com

La primera regla básica del programa dice que un *flowitem* se crea en un objeto llamado *source* (fuente de entrada) y finaliza en un objeto *sink* (punto de salida), de manera que el ciclo completo queda definido dentro del modelo.

La comunicación entre los objetos del modelo se realiza mediante puertos. Los puertos de salida son los encargados de enviar *flowitems*, mientras que los de entrada permiten

recibirlos. Existen además los puertos centrales, que no transfieren elementos, sino que establecen enlaces de tipo función entre distintos objetos. Por ejemplo, al conectar una máquina con un operario.

Gracias a estas conexiones, junto con la configuración de los parámetros de cada objeto y la asignación de *itemtypes*, el modelo queda preparado para simular.

4.3.1.3 Interfaz del programa y tipología de objetos

En la siguiente ilustración, se muestra la interfaz que tiene FlexSim para modelar:

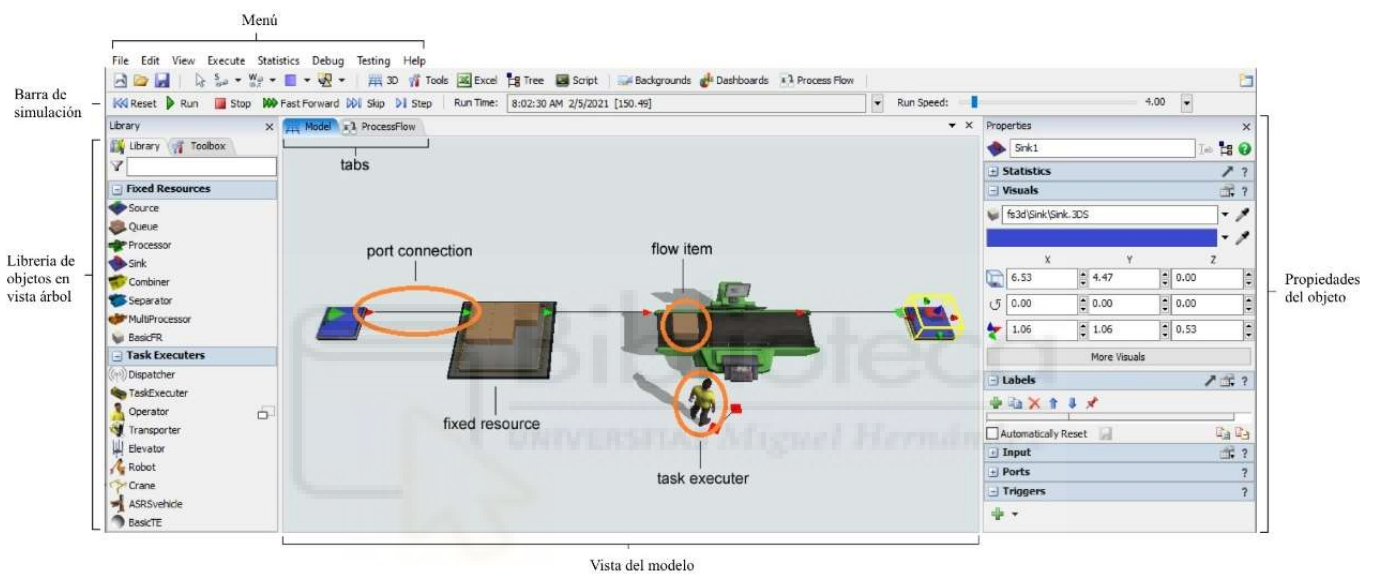


Ilustración 27: Interfaz de Flexsim

Fuente: docs.flexsim.com

En la parte izquierda de la ventana se encuentra la librería, que contiene todos los objetos del simulador. Desde ahí es posible incorporar elementos al modelo mediante la función de arrastrar y soltar.

En la zona superior aparece la barra de menú con todas las funciones del programa. Además, es donde se ubican los controles de ejecución de la simulación, que permiten iniciar, detener o cambiar la velocidad de simulación.

El área central actúa como el lugar donde se construye la distribución de la planta, se conectan los objetos y se observa el comportamiento una vez se ha ejecutado la simulación.

Por último, en el panel de la derecha se muestran las propiedades del objeto seleccionado en cada momento. Desde allí se puede editar su configuración.

4.3.1.4 Tipología de objetos en Flexsim

El objeto *source* funciona como el punto de inicio de la simulación, ya que genera los *flowitems* que recorren el modelo y representan la entrada de pedidos al sistema productivo. Su configuración permite definir parámetros como la tasa de llegada o el *itemtype* para diferenciar los productos

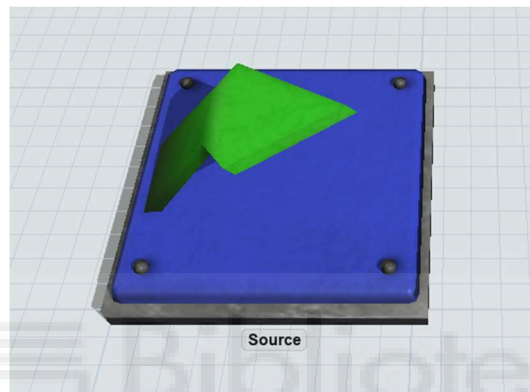


Ilustración 28: Imagen del elemento source

Fuente: Elaboración propia

Otro objeto importante es el *queue* (o cola de espera), que representa un espacio de almacenamiento temporal donde los *flowitems* se acumulan hasta que pueden ser procesados por la siguiente etapa. Este objeto permite simular colas reales y facilita la detección de ineficiencias, como tiempos de espera excesivos. Su configuración incluye parámetros como la capacidad máxima o prioridades basadas en el *itemtype*. También puede personalizarse en el aspecto visual.

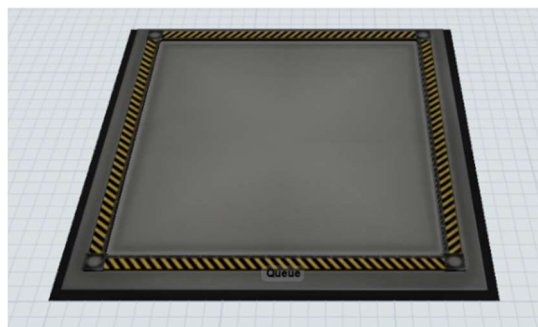


Ilustración 29: Imagen del elemento queue

Fuente: Elaboración propia

Otro objeto fundamental es el *processor* (estación de proceso), que representa puestos de trabajo o máquinas donde los *flowitems* reciben operaciones que aumentan su valor. Su configuración permite definir parámetros como el tiempo de procesamiento, así como la capacidad para manejar uno o varios elementos a la vez. También se pueden incluir condiciones iniciales y reglas basadas en el *itemtype* para diferenciar productos. Este objeto hace posible medir indicadores como la utilización de recursos o los tiempos de ciclo.

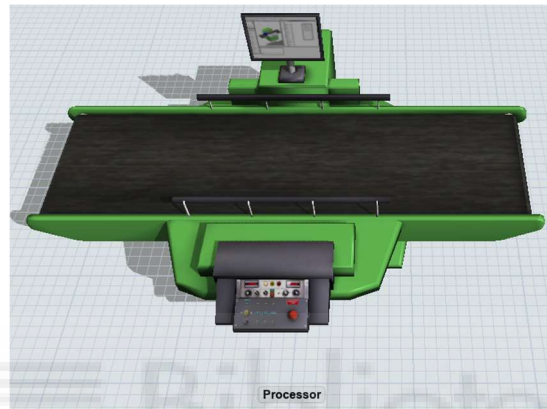


Ilustración 30: Imagen del elemento processor

Fuente: Elaboración propia

Una variante del *processor* es el *multiprocessor* (estación de varios procesos), que representa una máquina o un puesto de trabajo capaz de realizar varios procesos de manera seguida sobre un mismo *flowitem*. Este objeto resulta útil para representar etapas en las que se concentran varias operaciones en un único lugar. Su configuración se basa en definir la secuencia de pasos y el tiempo de producción de cada uno.

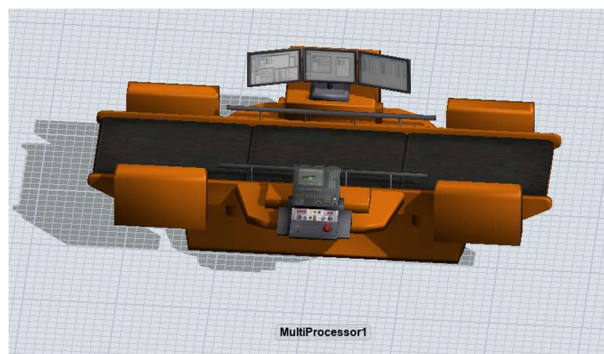


Ilustración 31: Imagen del elemento que

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los objetos que simulan movimiento, el *conveyor* (transportador) está diseñado para representar sistemas de transporte como cintas transportadoras, que desplazan automáticamente los *flowitems* entre las estaciones. Su configuración incluye parámetros como la velocidad de transporte, la longitud total y la capacidad de acumulación.

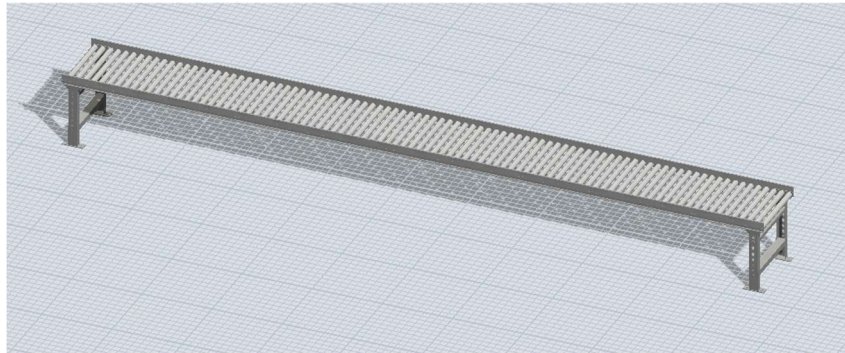


Ilustración 32: Imagen del elemento conveyor

Fuente: Elaboración propia

Para representar la mano de obra se utiliza el objeto *task executer* (trabajador), que modela a operarios o vehículos de transporte de objetos. Su configuración permite definir parámetros como la velocidad de desplazamiento, la capacidad de carga o la secuencia de acciones a realizar. Con este objeto es posible obtener indicadores como el nivel de utilización, la distancia recorrida o su tiempo de desplazamiento entre diferentes puntos.

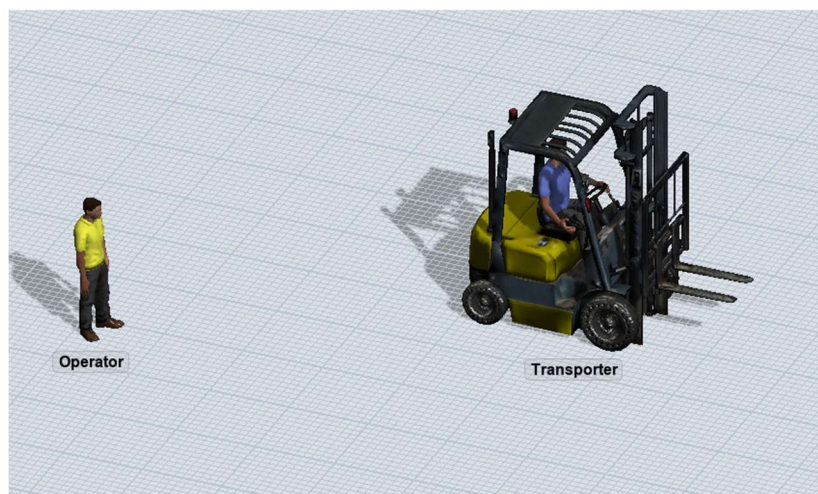


Ilustración 33: Imagen del elemento task executer

Fuente: Elaboración propia

Por último, el *sink* (punto de salida) que representa el final del flujo en la simulación. Su función es recibir los *flowitems* una vez que completen el proceso. Este objeto permite registrar el total de los pedidos producidos y así sacar la capacidad productiva o el *lead time* promedio.

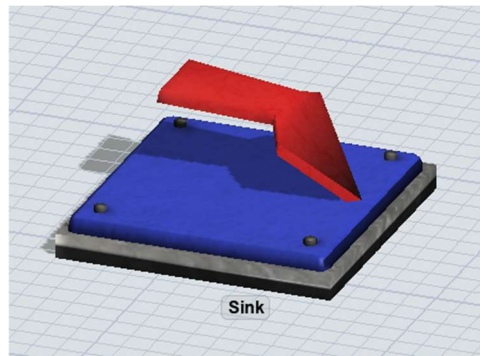


Ilustración 34: Imagen del elemento sink

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Configuración del modelo inicial

Antes de pasar a modelar el proceso de producción en FlexSim, es necesario describir el funcionamiento de la producción actual.

Como se mencionó en apartados anteriores, este proyecto se centra en la zona dos de producción, cuyas dimensiones se detallaron en el apartado 3.4.1. Dentro de esta área se tienen cuatro estaciones de trabajo, siendo mesas de 100 x 240 cm equipadas con las máquinas de fabricación. Estas mesas se organizan en una distribución cuadrada y, junto a cada una, se ubica una estantería con el stock de productos sin personalizar, el cual se repone diariamente. Cada estación cuenta con un operario encargado de producir.

Una vez que los diseñadores distribuyen los diseños impresos, cada estación inicia la producción. Al finalizar un pedido, el operario lo acumula en un carro ubicado al lado de la mesa. Cuando dicho carro se completa, el operario lo traslada a la zona de embalaje, donde se dejan en dos áreas de espera a modo de cola situadas junto a las mesas de embalaje. Estas áreas funcionan como un pequeño almacén intermedio para acumular los artículos antes de ser embalados y etiquetados.

Las mesas de embalaje, que también son de 100 x 240 cm, cuentan con dos operarios. En ellas se arman las cajas de cartón, se embala el producto y se añade la etiqueta de

expedición. Según se van embalando pedidos, se colocan en un carro que servirá para transportarlos al almacén de expedición donde permanecen hasta la llegada del transportista.

Con el fin de garantizar el realismo del modelo, se tomaron medidas de cada elemento físico del área de producción, posicionando almacenes, estaciones de trabajo y equipos en su ubicación exacta dentro del entorno virtual. Este procedimiento asegura que las distancias recorridas y los tiempos de operación sean una aproximación lo más fiel posible.

En las siguientes ilustraciones se muestra el resultado final tanto en vista 2D como en vista 3D.

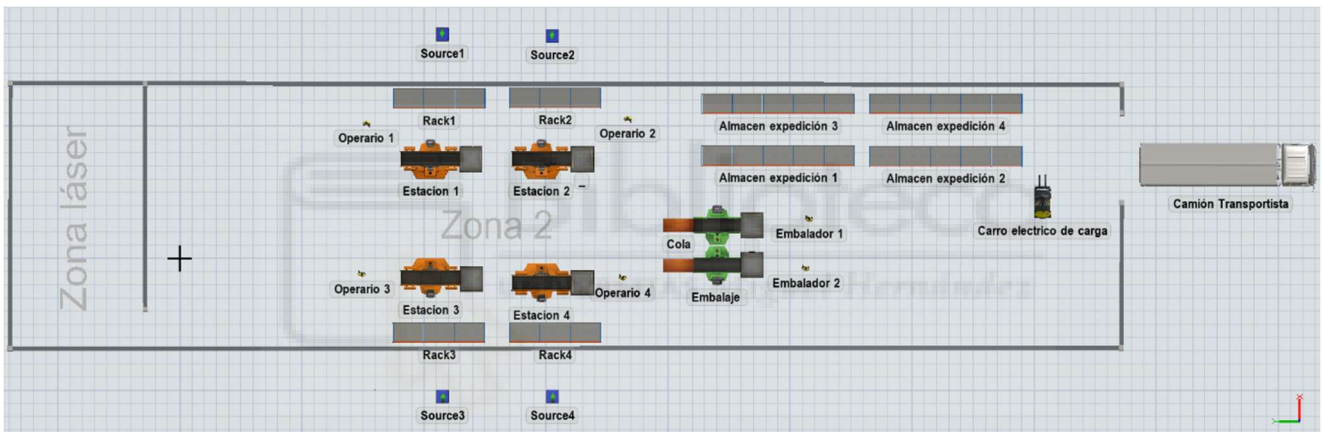


Ilustración 35: Vista 2D
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 36: Vista 3D

Fuente: Elaboración propia

Una vez configurada la distribución, se procede a establecer las conexiones entre los distintos objetos siguiendo la secuencia real del proceso.

Las conexiones se ponen mediante los puertos de entrada y salida, que marcan el recorrido de los *flowitems* entre los distintos objetos, y a través de los puertos centrales se asigna a cada operario su lugar de trabajo

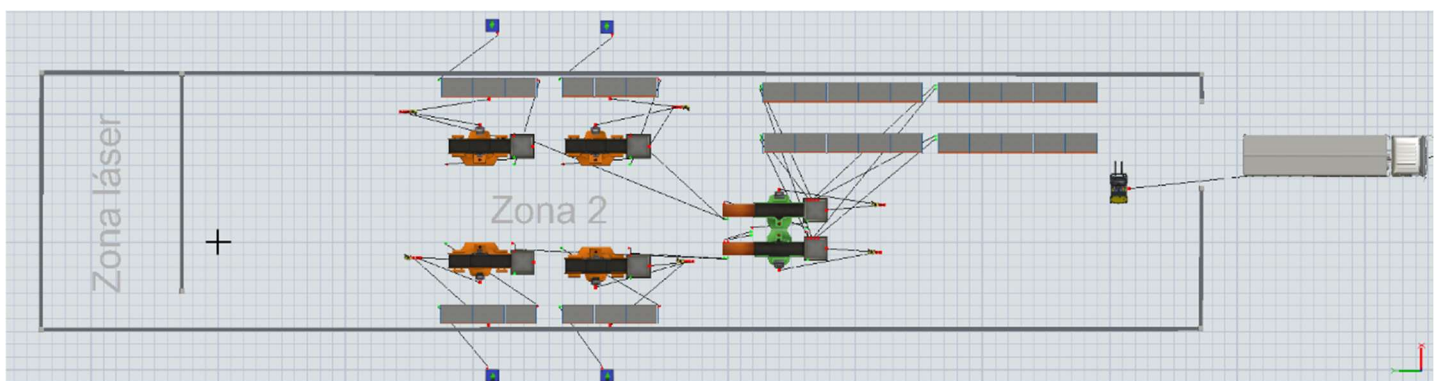


Ilustración 37: Vista 2D con conexiones

Fuente: Elaboración propia

Después de completar las conexiones entre los objetos, el siguiente paso consiste en ajustar los parámetros principales de cada elemento, de modo que el modelo pueda reproducir el comportamiento de cada etapa.

En primer lugar, se configura la llegada de pedidos a través del objeto *source*, que genera los *flowitems* y representa el stock inicial de materiales base. Este elemento se programa para que, al comenzar la simulación, abastezca de forma inmediata al *rack* (estantería), reproduciendo así la existencia de inventario disponible desde el inicio. Para conseguirlo, se ajusta el parámetro *arrival time* a cero, lo que permite que los *flowitems* entren de manera instantánea.

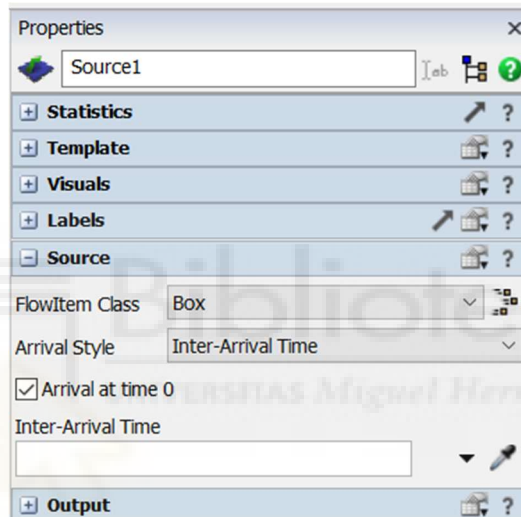


Ilustración 38: Propiedades de source

Fuente: Elaboración propia

Una vez que el *source* abastece a cada estantería, estos almacenan los *flowitems* en los huecos disponibles. En este caso, se introdujeron en el programa las dimensiones reales de las estanterías. Cada una está formada por tres módulos de un metro de ancho, con cuatro niveles de 0,8 metros de altura cada uno. A su vez, cada módulo dispone de dos huecos de almacenaje de 0,5 metros de ancho. Dado que los cuatro racks son iguales, se aplicó la misma configuración a todos ellos.

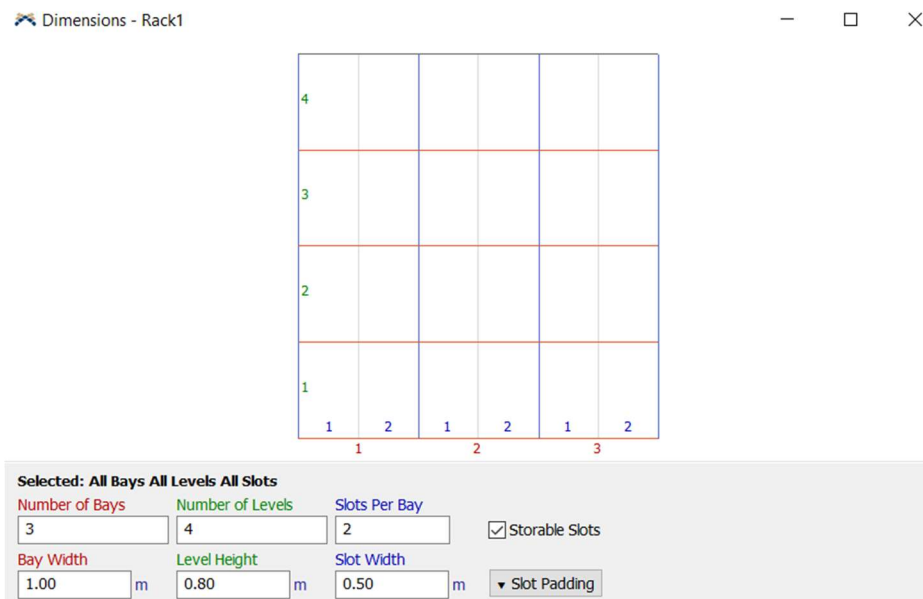


Ilustración 39: Propiedades de estantería

Fuente: Elaboración propia

Es necesario activar la opción *Use Transport* en la configuración del objeto para habilitar el puerto central y asegurar que un operario recoja los materiales de la estantería.

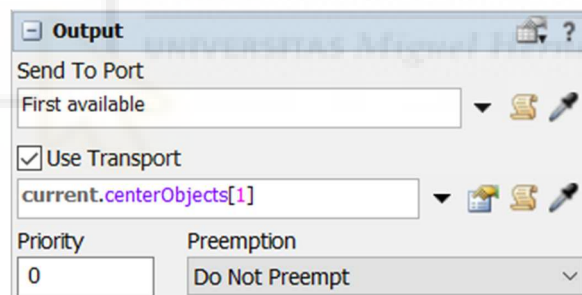


Ilustración 40: Opción de puerto central estantería

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente etapa, el operario retira de la estantería el stock base y lo traslada a su estación de trabajo. Allí comienza el proceso utilizando una guillotina para eliminar los sobrantes de la hoja de impresión y asegurar un mejor ajuste. Posteriormente, coloca manualmente la impresión recortada sobre el objeto y si es un producto rígido (taza o botella) se ayudará de un dispensador automático de cinta adhesiva para fijarlo.

Finalmente, dependiendo del tipo de producto el operario emplea una plancha térmica para textiles o una prensa térmica de molde circular para rígidos, completando la transferencia del diseño. En el caso de artículos textiles, puede ser necesario un paso

adicional de limpieza de manchas para evitar defectos en procesos posteriores (mencionado en el apartado 4.3) lo que añade un tiempo adicional al proceso.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos promedio de cada etapa:

Actividad	Tiempo (s)
Guillotinado	15
Pegado	30
Proceso térmico	
Botellas	70
Tazas	240
Camisetas	65
Bolsos	80
Posible limpieza	120

Ilustración 41: Tabla resumen de tiempos de producción

Fuente: Elaboración propia

Para representarlos, cada estación de trabajo se configuró como un *Multiprocessor*, ya que este objeto permite agrupar en una sola estación las diferentes operaciones. Las cuatro estaciones se definieron con la misma configuración, dado que todas funcionan igual.

En primer lugar, se introducen las dos primeras etapas:

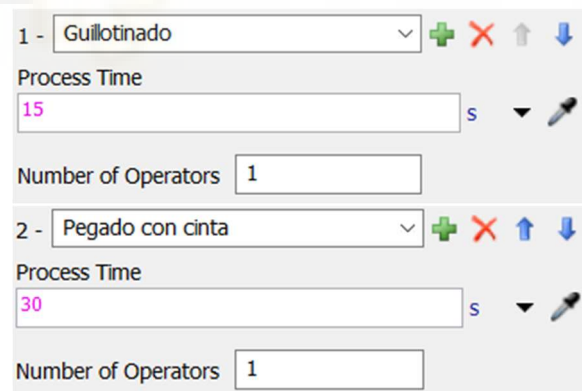


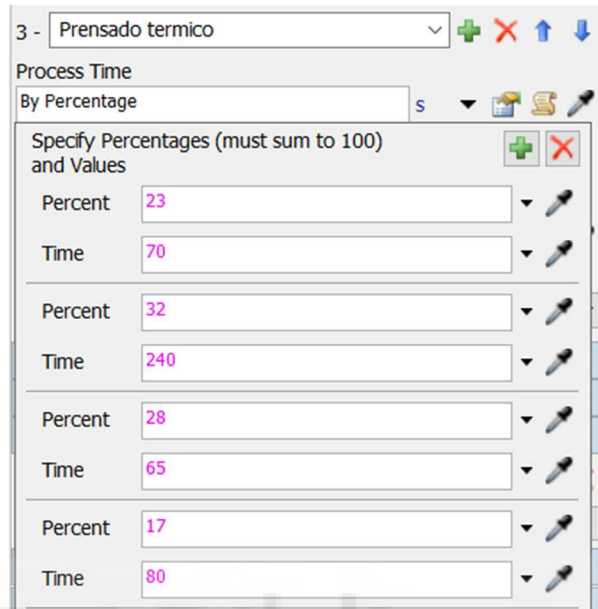
Ilustración 42: Etapas del multiprocessor

Fuente: Elaboración propia

Según el tipo de producto, se activará la opción de pegado con cinta o no.

Para el proceso térmico se utilizaron directamente los porcentajes obtenidos de los datos históricos de la empresa, con el fin de aproximarse mejor a la realidad. La distribución corresponde a un 23 % de botellas, un 32 % de tazas, un 28 % de camisetas y un 17 % de bolsos.

Con esta información se creó una etapa llamada prensado térmico, en la que, según la probabilidad, se asigna un tipo de pedido y se ajusta automáticamente el tiempo de procesamiento.

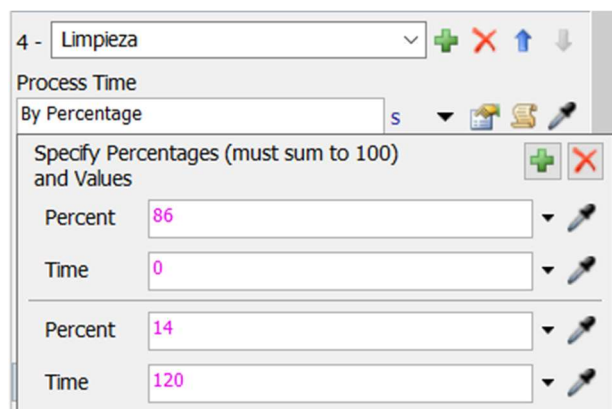


Percent	Time
23	70
32	240
28	65
17	80

Ilustración 43: Probabilidades del proceso térmico

Fuente: Elaboración propia

El mismo criterio se aplica al proceso de limpieza: dentro de los productos textiles, un 14 % requieren una limpieza adicional tras el prensado. Para representar esta situación se pone una etapa llamada limpieza, en la que se asigna un 86 % de probabilidad a un tiempo de 0 segundos (sin necesidad de intervención) y un 14 % de probabilidad a un tiempo de 120 segundos. Este proceso se ejecuta únicamente sobre los *flowitems* que llevan la etiqueta de textiles.



Percent	Time
86	0
14	120

Ilustración 44: Probabilidades del proceso limpieza

Fuente: Elaboración propia

Una vez que el operario acaba la producción de los pedidos, estos se van colocando en un carro que funciona como almacenamiento intermedio. En este carro se acumulan los artículos ya fabricados y cuando se completa, el operario traslada el carro hasta la cola de embalaje. La media transportada por trayecto es de cinco pedidos.

En el modelo, este pequeño almacén se representa con un objeto *queue*, configurado con una capacidad máxima de 10 *flowitems*. Para simularlo, se activa la opción *Perform Batching* con un objetivo de cinco *flowitems*. Además, se habilita la función *Use Transport* para que el puerto central use al operario.

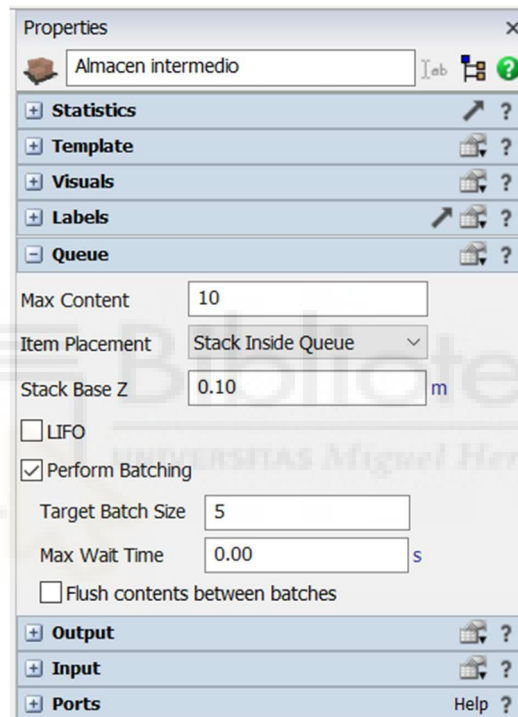


Ilustración 45: Propiedades de almacén intermedio

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente etapa se encuentra la zona de preparación para el envío. Antes del embalaje, los pedidos se colocan en dos estanterías pequeñas situadas junto a las mesas de embalaje, que funcionan como un almacén temporal previo al embalado. Se configura una capacidad de 20 *flowitems*. No será necesario activar la opción *use transport* ya que está al lado de la mesa y no requiere un desplazamiento por parte del operario.

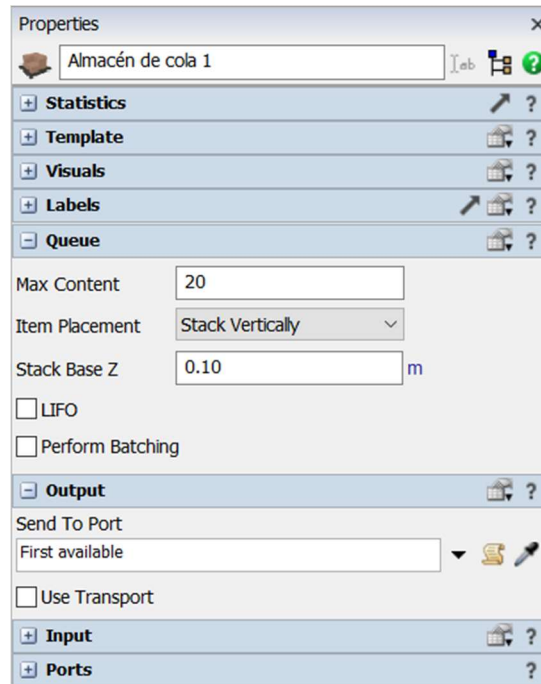


Ilustración 46: Propiedades estanterías embalaje

Fuente: Elaboración propia

La estación de embalaje se compone de dos mesas de trabajo que se modelarán como dos objetos *processor* y cada una tiene un operario.

Cuando un pedido terminado llega a la estación de embalaje, el operario lo coje de la estantería, prepara la etiqueta de envío y revisa rápidamente que el artículo este bien fabricado sin ningún desperfecto ya que, si los tiene, los aparta para hacer un reproceso.

Si todo está bien procede a montar la caja y mete los artículos dentro. Una vez cerrada la caja, la mete dentro de una bolsa de plástico. Por último, se le coloca la etiqueta de expedición.

En la siguiente tabla se reflejan los tiempos de este proceso:

Actividad	Tiempo medio (s)
Preparación y control de calidad	30
Montaje de la caja, embalado y plastificado con etiqueta	75

Ilustración 47: Resumen de tiempos embalaje

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, estos tiempos se introducen en las propiedades del *processor*. En primer lugar, se asigna el *set up time* al periodo de preparación y control de calidad, mientras que el *process time* corresponde al montaje y al embalado.

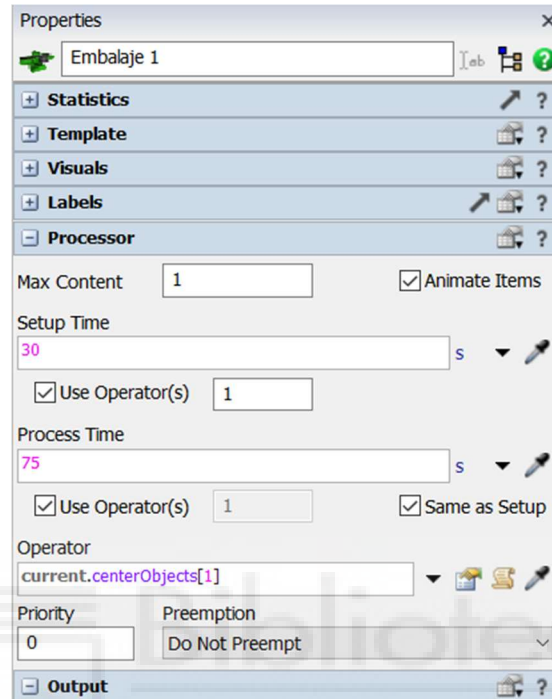


Ilustración 48: Propiedades estación embalaje

Fuente: Elaboración propia

Una vez que el operario de embalaje completa el proceso, deposita el producto ya embalado en un carro ubicado al lado de su mesa. A continuación, el operario encargado del almacén se acerca, recoge dicho carro y lo traslada al almacén de productos listos para envío.

Sin embargo, esta última parte no se reflejará en la simulación, ya que se encuentra fuera del ámbito del análisis de la producción. Por ello, para facilitar las mediciones de rendimiento y cerrar el ciclo de fabricación, se coloca un objeto *sink* como salida final, el cual recibirá todos los productos listos para enviar.

En lo que respecta a los operarios, su configuración se realiza para que sus movimientos tengan el mayor realismo posible. Esta programación se lleva a cabo en la pestaña *Travel* del *Task Executer*, donde se definen parámetros como la velocidad máxima, la aceleración y la deceleración. Para este modelo se consideró una velocidad de 1,2 m/s, siendo un valor de marcha estándar y una aceleración y deceleración constantes de 0,6

m/s². Además, se ajustó el tiempo de carga y descarga de cada objeto, fijándolo en cinco segundos para ambos casos.

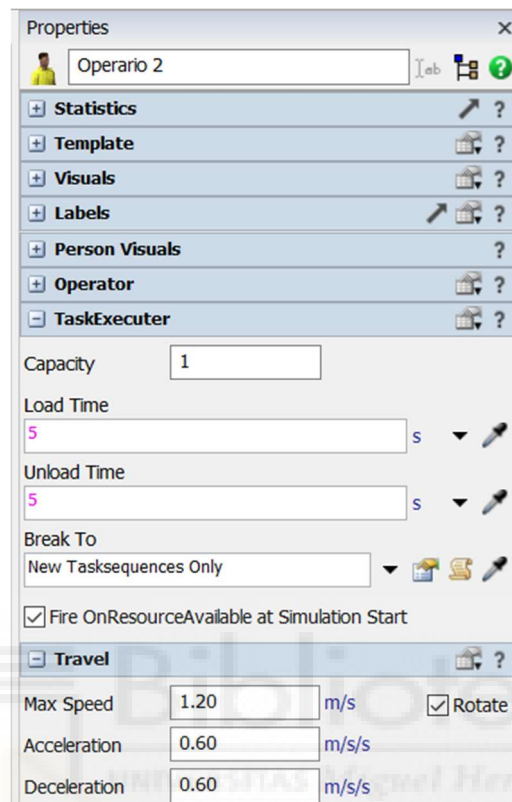


Ilustración 49: Propiedades del personal

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Simulación y valoración de las estadísticas

Una vez colocado cada elemento del sistema en su lugar y configurado con los parámetros reales, se pasa a la configuración de la simulación.

Para ello, es necesario calcular el tiempo efectivo durante el cual se va a simular el proceso, asegurando que refleje una jornada laboral típica y permita medir el rendimiento bajo condiciones realistas, incluyendo pausas y actividades no productivas.

Se sabe que la jornada laboral dura ocho horas, de las cuales una hora se dedica al descanso y al almuerzo. A ello se suma un promedio de 15 minutos por operario empleados en pausas breves o necesidades personales, que reducen su disponibilidad real.

Finalmente, la última media hora del turno se dedica a reponer el stock base en las estanterías y a realizar tareas básicas de limpieza en los puestos de trabajo. Estas

actividades son necesarias, pero no generan producción de pedidos, por lo que se descuentan del tiempo de la simulación.

Concepto	Duración (horas)
Jornada laboral total	8
Descanso y almuerzo	-1
Pausas personales	-0,25
Reposición de stock y limpieza	-0,5
Tiempo productivo neto	6,25

Ilustración 50: Tabla de tiempos de una jornada laboral

Fuente: Elaboración propia

Con lo cual, el tiempo productivo neto que resulta de restar estos tiempos es de 6,25 horas. Como el entorno de simulación está configurado en segundos, se hace una conversión de horas a segundos quedando que la jornada neta son 22.500 segundos. Este tiempo lo introduciremos en la pestaña de *run time* y el sistema ya estaría preparado para la simulación.

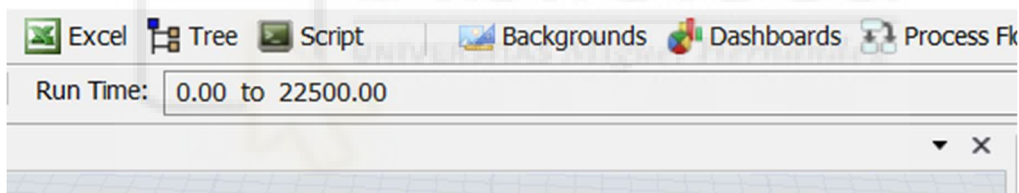


Ilustración 51: Configuración de tiempo de simulación

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.1 Capacidad productiva

Tras varias simulaciones, se ha obtenido una media de 342 *flowitems* que llegaron al objeto de salida *sink*, lo que representa el rendimiento productivo que el sistema puede alcanzar en su configuración actual, considerando un periodo de simulación de 6,25 horas.

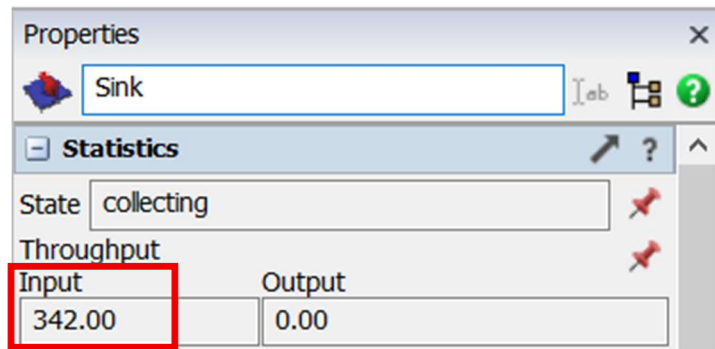


Ilustración 52: Media de pedidos recibidos en sink

Fuente: Elaboración propia

Este resultado permite calcular la capacidad productiva, siendo un KPI importante, ya que ofrece una medida objetiva con la que comparar y evaluar la eficiencia global del proceso.

$$\text{Capacidad productiva} = \frac{\text{Pedidos producidos}}{\text{Tiempo productivo}} = \frac{342}{6,25} = 54,72 \text{ pedidos/hora}$$

En esencia, este parámetro indica la cantidad máxima de pedidos que el sistema es capaz de producir en un periodo determinado, considerando los recursos disponibles como las máquinas, personal, tiempos de ciclo y contemplando también las ineficiencias que forman parte del proceso.

4.3.3.2 Lead time de fabricación

Es conveniente introducir el *lead time* de fabricación como indicador clave ya que es el tiempo total que un pedido pasa dentro del sistema, desde que entra en fabricación hasta que queda listo para expedición. Este valor incluye no solo el tiempo de proceso, sino también las esperas, colas, traslados y preparaciones, por lo que refleja con bastante precisión cómo influye la distribución en planta. Por ello, se considera un KPI adecuado para comparar la situación actual con posibles propuestas de mejora.

Si configuramos que el modelo registre el tiempo desde que un pedido entra en la etapa de fabricación hasta que está listo para envío, se obtiene un valor medio de *lead time* por unidad.

Lead time		
Avg Staytime	Min Staytime	Max Staytime
1337.72	701.54	2076.43

Ilustración 53: Lead time medio

Fuente: Elaboración propia

En la configuración actual, el sistema registra un *average stay time* (tiempo medio de permanencia) de 1.337,72 segundos. Este valor equivale aproximadamente a 22 minutos por pedido y corresponde al intervalo que transcurre desde que un artículo entra en la fase de fabricación hasta que queda listo para su expedición. En los casos más rápidos, el proceso se completa en algo más de 11 minutos, mientras que en los más lentos puede superar los 30 minutos.

Un *lead time* de fabricación elevado implica mayores tiempos de espera para el cliente, incremento del inventario en proceso y mayores costes. Además, limita la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda y reduce la competitividad de la empresa.

4.3.3.3 WIP

Tal y como se introdujo al comienzo de este proyecto, la Ley de Little describe la relación entre el inventario en proceso (WIP), la tasa de producción y el tiempo medio que los pedidos permanecen en el sistema (lead time). Esta relación se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$WIP = Tasa\ de\ producción \times lead\ time = 54,72 \times 0,372 = 20,35\ pedidos$$

(Donde el lead time medio se ha puesto en horas)

Esto significa que, de media, hay en torno a 20 pedidos dentro del sistema al mismo tiempo, combinando tanto los que están en proceso como aquellos que esperan en cola o se encuentran transportándose.

4.3.3.4 Estadística de las estaciones de trabajo

Además, una vez finalizada la simulación, se puede acceder a una amplia variedad de estadísticas que permiten analizar el rendimiento productivo. Entre ellas, resulta especialmente útil revisar las gráficas de estado de las cuatro estaciones de fabricación y de las mesas de embalaje, ya que muestran de manera clara el porcentaje de tiempo que cada una destina a producir, permanecer inactiva o bloqueadas.

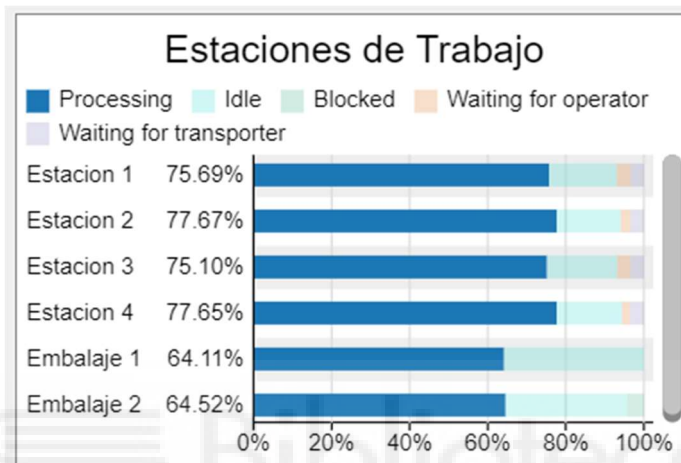


Ilustración 54: Gráfica de estado de estaciones

Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra, para cada estación, cómo se reparte su tiempo entre varios estados:

- *Processing*: tiempo en que la estación está trabajando sobre una unidad
- *Idle*: estación parada por falta de trabajo
- *Blocked*: tiempo bloqueada porque no puede descargar la unidad terminada
- *Waiting for operator*: tiempo de espera de intervención humana
- *Waiting for transporter* : tiempo a la espera de transporte

A partir de la gráfica de estados se observa que las cuatro estaciones presentan una utilización medianamente alta y homogénea (en torno al 75%), mientras que las estaciones de embalaje quedan claramente por debajo (sobre el 64%) con mayor proporción de tiempo en parada.

Dado que las cuatro estaciones de proceso están separadas físicamente de la zona de embalaje y el propio operario debe hacer transportes cada cierto tiempo, las estaciones de fabricación queda libres durante el desplazamiento. Este patrón explica que la estación dos y la estación cuatro, situadas más próximas a embalaje, muestren una utilización

ligeramente superior ya que su recorrido es menor y por tanto se reduce el tiempo muerto en desplazamientos.

Además, se observa que el porcentaje de utilización promedio de las estaciones de fabricación resulta mejorable. La causa no se debe a una limitación directa de capacidad, sino a pérdidas por tiempos de transporte y de espera, ya que el operario interrumpe el ciclo productivo para trasladar material.

Por otra parte, las dos estaciones de Embalaje están infrautilizadas ya que no actúan como cuello de botella, sino que se quedan más tiempo desocupadas por la llegada irregular y tardía de producto.

4.3.3.5 Estadística de los operarios

Si nos centramos en la actividad de los operarios, se extrae la siguiente gráfica:

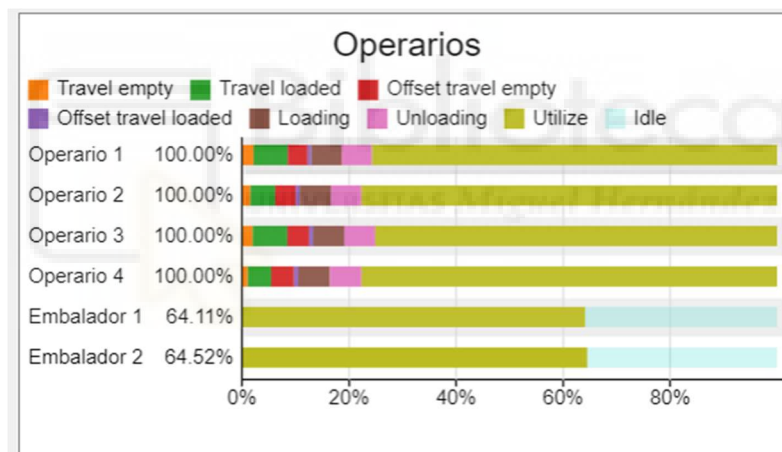


Ilustración 55: Gráfica de estado del personal

Fuente: Elaboración propia

En este caso los estados son:

- *Travel empty*: desplazamiento sin carga entre dos lugares.
- *Travel loaded*: desplazamiento con carga
- *Offset travel empty*: son recorridos cortos de posicionamiento.
- *Offset travel loaded*: pequeños movimientos de la carga que son necesarios para colocarla en la posición correcta
- *Loading*: tiempo de recogida de la unidad
- *Unloading*: tiempo de entrega de la unidad en el destino
- *Utilize*: porcentaje de tiempo en que el operario está ocupado trabajando

- *Idle*: porcentaje de tiempo en espera.

Los resultados muestran que los operarios de las cuatro estaciones dedican alrededor de un 27 % de su tiempo a tareas de movimiento y manipulación. Este valor resulta elevado en puestos cuyo valor añadido se encuentra en el procesamiento, ya que cada desplazamiento implica que la estación permanezca inactiva y se reduzca el tiempo efectivo de producción. Además, este nivel de actividad física adicional puede generar fatiga, con la consecuencia de una pérdida de ritmo, mayor variabilidad en los tiempos y una probabilidad más alta de cometer errores hacia el final de la jornada.

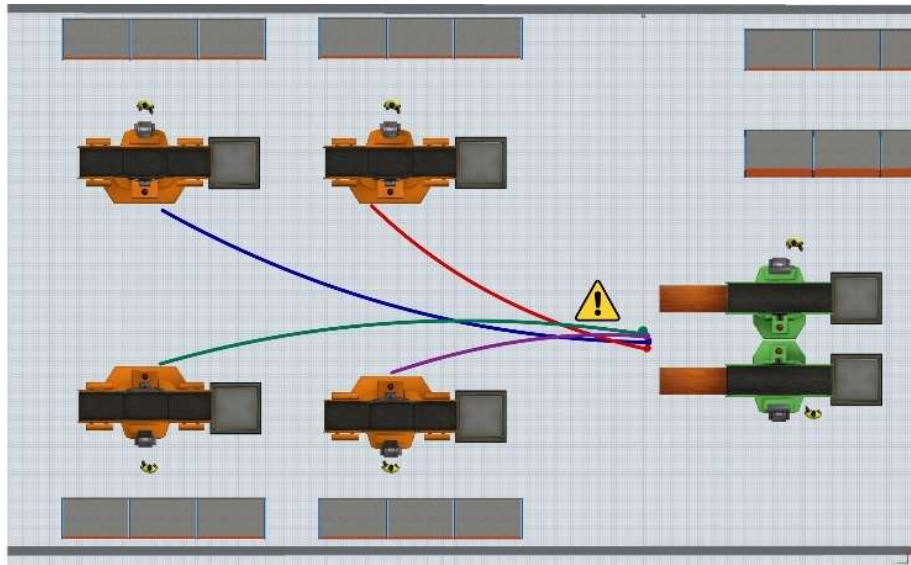
En cuanto a los puestos de embalaje, se vuelve a observar cierto grado de infrautilización, ya que permanecen desocupados cerca del 35 % del tiempo. Este comportamiento coincide con lo visto en las gráficas de estado de las estaciones de embalaje, donde también se registraba una menor utilización.

La causa más probable se relaciona con la llegada irregular de unidades desde las fases de fabricación.

4.3.3.6 Diagrama espagueti

Tanto en la realidad como en el modelo de simulación se ha comprobado que los desplazamientos de los cuatro operarios convergen en un punto situado entre las estaciones de trabajo y las de embalaje. Esta concentración de trayectorias genera una alta probabilidad de colisiones o interrupciones durante los traslados, un hecho que ha sido mencionado por los propios operarios y también verificado en la simulación mediante las animaciones de movimiento.

En la ilustración siguiente se presenta un diagrama espagueti que muestra gráficamente esta situación, destacando las trayectorias superpuestas y el punto de conflicto.



Esto subraya la necesidad de introducir mejoras que reduzcan riesgos innecesarios y permitan optimizar el flujo de trabajo en su conjunto.

4.3.3.7 Coste de los desplazamientos

Si los trabajadores dedican alrededor del 27 % de su jornada laboral efectiva (6,25 horas) a desplazarse y manipular pedidos, el tiempo invertido asciende a 1,69 horas por día. Con un coste laboral de 10 €/hora, esto equivale a 16,9 € diarios por operario.

En un mes estándar de 22 días laborables, el coste se eleva a 372 € por operario. Para el equipo actual de cuatro operarios, el impacto económico mensual alcanza aproximadamente 1.488 €, siendo un dinero dedicado solo a desplazarse.

Además, otro gran coste es la capacidad productiva que no se está alcanzando y que podría ser mayor y más eficiente si estos desplazamientos disminuyeran. El tiempo que ahora se pierde en moverse y manipular pedidos se podría dedicar a tareas más productivas, lo que ayudaría a procesar más pedidos en menos tiempo, reducir retrasos y aprovechar mejor la jornada laboral.

En otras palabras, disminuir estos movimientos innecesarios no solo supone un ahorro económico, sino también una mejora en el rendimiento del sistema productivo.

4.3.3.8 Conclusión de la simulación

La mejora debería orientarse a reducir los tiempos de transporte, favoreciendo un flujo de material más continuo. Esta medida no solo mejoraría la fluidez de fabricación, sino que también ayudaría a equilibrar las cargas de trabajo entre procesos, disminuir las colas intermedias y aumentar la cantidad de pedidos completados por hora.

En este sentido, la aplicación de principios de *Heijunka* (nivelación de la producción) permitiría distribuir la carga de trabajo de forma más uniforme, evitando irregularidades en la entrega de productos a las siguientes fases. Esto se traduciría en una mayor estabilidad del sistema.

De este modo, el porcentaje de tiempo en trabajo de los operarios de fabricación debería incrementarse, mientras que los embaladores verían reducidos sus tiempos de inactividad al recibir un suministro más constante de productos. Como consecuencia, indicadores clave como el *lead time* y el WIP también se verían mejorados, reflejando menores tiempos de fabricación y una reducción del stock en circulación dentro del sistema.

4.3.3.9 Validación de la simulación Miguel Hernández

El modelo desarrollado reproduce el flujo interno del sistema productivo, incluyendo las secuencias de proceso, los tiempos de ciclo, las distancias recorridas y la utilización de recursos. Bajo estas condiciones, la simulación permite estimar el rendimiento nominal de fabricación y comprobar si los recorridos, las colas o el equilibrio entre estaciones son adecuados, ofreciendo un punto de partida para plantear mejoras.

Sin embargo, el modelo no contempla ciertos factores que afectan al rendimiento real en determinados periodos, como los calendarios y turnos de trabajo, las ausencias o vacaciones del personal, ni una entrada de pedidos basada en datos históricos detallados. Incorporar estos elementos requeriría una simulación más compleja, con mayor preparación y recopilación de variables, lo cual excede los objetivos de este proyecto.

Aun así, la versión alcanzada es una base sólida sobre la que podrán desarrollarse iteraciones futuras más avanzadas que integren dichos aspectos para lograr una evaluación más precisa y realista.

4.4 DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DIARIA

El propósito de esta parte del diagnóstico ha sido analizar cómo se organiza el inicio de la jornada, cómo se comparte la información importante y de qué manera se revisan los acuerdos de un día para otro. Para ello, se observó el funcionamiento diario y se compartieron impresiones con los trabajadores.

Se observa que el inicio de la jornada no se organiza en un momento breve y compartido que permita al equipo coordinarse de forma conjunta. La información esencial para comenzar la jornada como los objetivos diarios, las particularidades específicas del día o los puntos que requieren mayor atención se transmite de forma irregular y a través de canales de comunicación diferentes, como correos electrónicos o conversaciones habladas en persona. Esta forma de hacer las cosas provoca que cada área inicie con un nivel de información distinto, lo que da lugar a ritmos de trabajo desiguales ya que algunas zonas avanzan más rápido mientras que otras se ven retrasadas al resolver dudas. El resultado es una mayor variabilidad en la productividad.

En segundo lugar, la información acerca de los objetivos diarios y al avance de la jornada no está agrupada ni se presenta de manera clara en los puestos de trabajo. Aunque existen algunos registros de datos, no hay un medio donde los operarios puedan ver de manera visual, la situación de producción.

Otro aspecto relevante es que las acciones acordadas durante la jornada no siempre se registran con un responsable asignado, ni se revisan de manera planificada al día siguiente. Esto provoca que la continuidad de las tareas dependa de algún apunte en papel o del recuerdo de la persona.

Por último, se ha visto que no existe una agenda común para organizar la conversación diaria. La jornada se comenta de manera informal, pero sin una lista de puntos fijos que garantice revisar siempre los mismos aspectos en el mismo orden. Esta falta de estructura hace que, según las personas que participen, se preste más atención a unos temas que a otros y que determinadas cuestiones queden sin resolver hasta que vuelven a aparecer.

Con lo cual se destaca que la coordinación diaria se apoya en hábitos informales y en canales de comunicación dispersos, haciendo falta una mejora en la gestión diaria.

5. PROPUESTA DE MEJORA

5.1 MEJORA EN LA GESTIÓN DE CALIDAD Y CUMPLIMIENTO DEL PROVEEDOR

A partir del análisis del trimestre mayo–julio, el proveedor principal presentó una tasa media de defectos del 6,8 %. Estos defectos se concentran en roturas por embalaje y errores de fabricación. Actualmente se compra un 10 % más sobre ventas históricas para cubrir imprevistos. Estos datos definen el punto de partida de la propuesta.

Con lo cual, en primer lugar, la empresa ha tomado medidas y ha acordado con el proveedor un mayor cuidado de fabricación y embalaje. En el nuevo acuerdo se ha planteado un compromiso de alcanzar una tasa de no conformidad del 2% y además una rápida actuación en caso de superarse.

Para asegurar que se cumple la disminución de defectos se plantea el uso de un sistema de revisión basado en la probabilidad el cual disminuye de manera importante el tiempo de revisión de los lotes. Además, se conseguirá una rápida actuación en el caso de superar este umbral.

5.1.1 Diseño de control de calidad en lotes ⁴⁵

Alcanzar una tasa de no conformidad inferior al 2 % depende tanto de la relación con el proveedor como de la revisión en la recepción de materiales. Para realizar este control de forma eficiente y sin elevar costes, se propone la aplicación de un sistema AQL.

El AQL (Acceptable Quality Limit o Límite de Calidad Aceptable) es un criterio estadístico que se emplea en inspecciones por muestreo para determinar si un lote de productos cumple con los niveles de calidad propuestos. Este método permite evaluar solo una muestra del lote, evitando la revisión completa, lo que supondría un proceso lento y costoso.

El objetivo de este sistema no es garantizar que todos los productos estén libres de defectos, sino establecer un límite aceptable de no conformidades dentro de la muestra inspeccionada. Para ello, se parte de una tabla de inspección estandarizada basada en la norma ISO 2859-1, que indica cual debe ser el tamaño de muestra y cuántos defectos se pueden tolerar en función del nivel de calidad definido y del tamaño del lote.

En primer lugar, se busca estandarizar los defectos que determinan que un artículo pase a la categoría de no aceptable. Con ello se evita la subjetividad en las inspecciones, se facilita la formación del personal y se mejora la trazabilidad de los rechazos. Este planteamiento se apoya en un catálogo de defectos, de forma que cualquier persona llegue al mismo resultado ante una misma situación.

En la tabla siguiente se presentan los principales defectos que hacen que un producto sea considerado no aceptable. Este listado puede ampliarse progresivamente a medida que se detecten nuevos fallos que afecten a la producción.

Tipo de defecto	Descripción detallada
Producto roto	Grietas, roturas o desperfectos visuales a 15 cm
Modelo incorrecto	El producto recibido no coincide con lo solicitado en cuanto a modelo, color, forma o capacidad.
Accesorios faltantes	Ausencia de elementos indispensables como tapas, anillas, etiquetas u otros componentes necesarios.
Manchas permanentes	Presencia de suciedad o manchas que no pueden eliminarse, afectando la fabricación.
Deformaciones estructurales	Abolladuras, curvaturas u otras deformaciones que afectan la forma, funcionalidad o estabilidad del producto.
Superficie no apta	Presencia de irregularidades (textura, recubrimiento o suciedad) que impiden una correcta personalización.

Ilustración 57: Gráfica de estado del personal

Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos y estandarizados los defectos que hacen que un producto no sea aceptable, el siguiente paso consiste en aplicar un sistema de control basado en el muestreo. Este método permite revisar solo una parte del pedido para decidir, de forma objetiva, si el lote completo cumple con los requisitos o debe ser rechazado.

Para establecer un control de calidad estructurado, el primer paso consiste en definir un plan de muestreo adaptado al volumen de materiales recibidos. Para este caso, la empresa gestionó alrededor de 25.600 unidades organizadas en lotes de 1.600 unidades cada uno.

En base a estos datos se han de elegir las características de partida:

- **Nivel de inspección:** Se selecciona un nivel de inspección “normal”, al ser el más común en situaciones estándar donde no se requiere ni un control especialmente duro ni uno más relajado.

- Límite de Calidad Aceptable: Aunque la empresa intenta que el porcentaje de productos defectuosos no supere el 2 %, en el plan de muestreo se ha elegido un AQL del 2,5 %. Esto no quiere decir que se permita ese nivel de fallos, sino que se utiliza como referencia para aceptar o rechazar un lote. No se ha seleccionado un AQL de 2 % porque aplicaría un criterio mucho más exigente, lo que podría provocar que se rechacen más lotes, incluso cuando su calidad sea aceptable. En cambio, con un AQL del 2,5 %, se da algo de margen, pero los proveedores aún necesitan mantener un nivel de calidad bajo si no quieren que sus lotes sean rechazados. Por ejemplo, en el caso de que se diese una tasa del 2,1 %, no merecería la pena desecharlo por una desviación de una décima, pero si se podría registrar para comentarlo con el proveedor.
- Tipo de muestreo: Se aplica un muestreo “simple”, ya que es el método más directo y fácil de implementar. Consiste en seleccionar una muestra aleatoria dentro del lote y evaluar si cumple o no con los criterios de aceptación.

Una vez definidos los datos de partida, el control de muestras se configurará a partir de las tablas que aparecen en la norma ISO 2859-1, que permiten determinar el tamaño de la muestra y los límites de aceptación en función del lote recibido.

En esta norma ISO, un nivel de inspección normal corresponde al tipo II. Además, como se conoce el tamaño de lote, podemos ir a la tabla MIL STD 105 D.

Códigos de tamaño de muestra según la MIL STD 105D								
TAMAÑO LOTE		Niveles de inspección especiales				Niveles generales de inspección		
		S1	S2	S3	S4	I	II	III
2	8	A	A	A	A	A	A	B
9	15	A	A	A	A	A	B	C
16	25	A	A	B	B	B	C	D
26	50	A	B	B	C	C	D	E
51	90	B	B	C	C	C	E	F
91	150	B	B	C	D	D	F	G
151	280	B	C	D	E	E	G	H
281	500	B	C	D	E	F	H	J
501	1200	C	C	E	F	G	J	K
1201	3200	C	D	E	G	H	K	L
3201	10000	C	D	F	G	J	L	M
10001	35000	C	D	F	H	K	M	N
35001	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	500000	D	E	G	J	M	P	Q
más de	500001	D	E	E	J	N	Q	R

Ilustración 58: Tabla MIL STD 105 D

Fuente: Norma ISO

5.2 MEJORA EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN TEXTIL

En el proceso térmico de planchado de artículos textiles se identificó una ineficiencia relacionada con la limpieza de la plancha, ya que en la superficie se acumulan con frecuencia restos de tinta que obligan a realizar paradas para una limpieza manual por parte del operario.

Estas paradas interrumpen el flujo de fabricación, reducen la capacidad productiva y aceleran el desgaste del equipo, ya que en muchos casos es necesario rascar la superficie para eliminar las manchas.

Como respuesta a este problema, se propone recubrir las superficies de la plancha con un material que impida la adhesión de manchas de tinta.

Para seleccionar el recubrimiento más adecuado, primero es necesario definir las características que debe reunir el material, lo que facilitará la búsqueda de candidatos.

Para ello, lo primero es establecer qué características son indispensables, ya que esto permitirá reducir la búsqueda y seleccionar los candidatos más adecuados. Son las siguientes:

- Resistencia a altas temperaturas ya que el material debe soportar sin degradarse la temperatura máxima del proceso, que en este caso alcanza los 220 °C.
- Propiedades antiadherentes para evitar que la tinta se pegue a la superficie.
- Superficie lisa para no marcar el diseño.
- Durabilidad y económico.

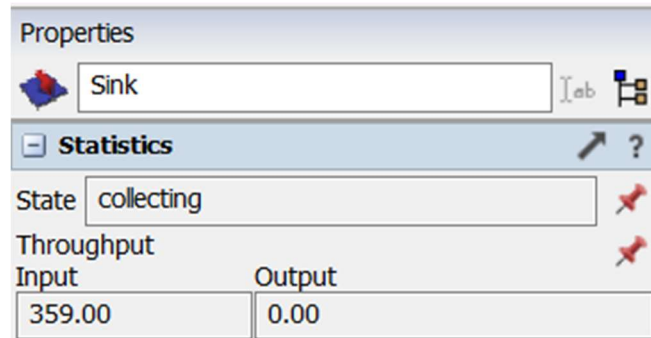
Tras comparar diferentes opciones de materiales, se plantea el uso de láminas antiadherentes de fibra de vidrio recubierta con PTFE (teflón). Este material ofrece varias ventajas: por un lado, soporta temperaturas de hasta 260 °C sin degradarse, lo que lo hace adecuado para un uso continuo en la prensa térmica y, por otro lado, su superficie antiadherente evita que los restos de tinta se adhieran a la plancha, eliminando así la necesidad una limpieza posterior.

En cuanto a la vida útil, la fibra de vidrio proporciona una elevada resistencia mecánica que permite soportar sin problemas las presiones del proceso de planchado.

Como consecuencia de aplicar esta mejora, la capacidad de producción mejora, ya que al eliminar un tiempo que no genera valor se puede dedicar ese tiempo a fabricar más. A

esto se suma la reducción de la fatiga física del personal, que deja de invertir energía en limpiar manualmente la plancha.

Para validarlo, es conveniente retirar este proceso de la simulación y analizar el grado de mejora obtenido:



Properties	
Sink	

Statistics	
State: collecting	
Throughput	
Input	Output
359.00	0.00

Ilustración 60: Resultado simulación tras eliminación de limpiezas

Fuente: Elaboración propia

Una vez ejecutada la simulación, se observa que el rendimiento productivo sube a una media de 359 pedidos fabricados. Con lo cual, si eliminásemos de la situación de partida este desperdicio, se genera un aumento de la producción en un 4,97%.

5.3 MEJORA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Tal y como se concluyó en el diagnóstico, la mejora de la distribución de planta debe centrarse en reducir los desplazamientos innecesarios, de manera que se reduzca el tiempo que no añade valor y se aumente el tiempo dedicado a la producción. Además, la llegada irregular de pedidos a la zona de embalaje genera un desajuste en la carga de trabajo, provocando cierta infrautilización de esta área.

Para dar respuesta a estas limitaciones, se propone el uso de una cinta transportadora que actúe como eje del sistema productivo. Con ello se eliminan los traslados realizados por los operarios de fabricación y, al mismo tiempo, se asegura un flujo más uniforme de pedidos hacia el embalaje, balanceando la carga de trabajo entre ambas etapas.

Antes de confirmar si es necesaria la adquisición de una cinta transportadora, se tendrá que probar su funcionamiento en la simulación. Así, podremos saber si aporta un beneficio real al sistema.

5.3.1 Simulación de distribución con cinta transportadora

En primer lugar, se calcularán las necesidades de longitud de la cinta transportadora en función de la ubicación de los puestos de trabajo. En este caso, se propone una cinta transportadora recta de 12 metros de largo y 60cm de ancho.

Se ubicaría en el centro del área de producción de tal manera que se queden dos estaciones de trabajo a cada lado y al final desemboque en la zona de embalaje.

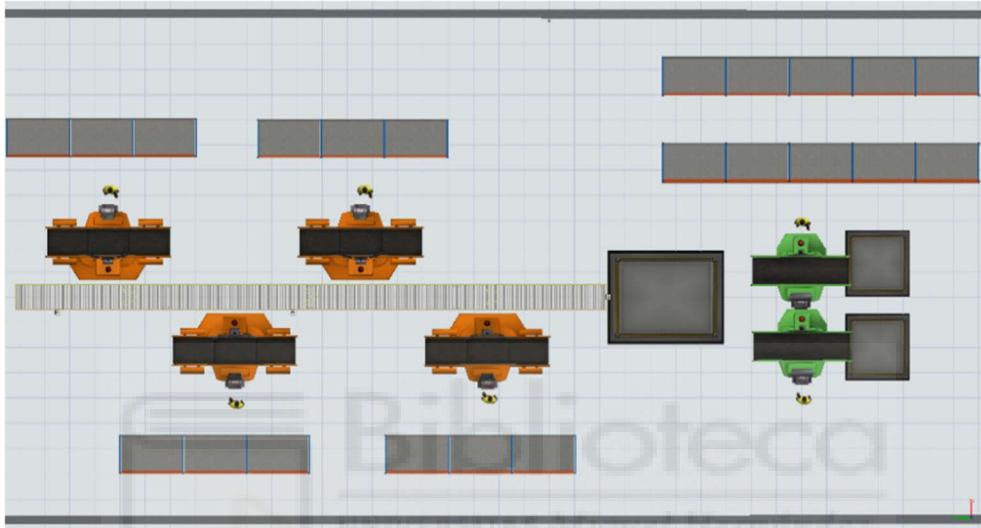


Ilustración 61: Nueva distribución

Fuente: Elaboración propia

El programa ya tiene por defecto un objeto dedicado a la representación del proceso de una cinta transportadora. El parámetro más importante de este objeto es la velocidad, por lo que configuraremos 0,5 m/s a modo de representar un funcionamiento medio ya que suelen tener variadores de velocidad y se podría acelerar o decelerar según convenga. Los demás parámetros los dejamos por defecto.

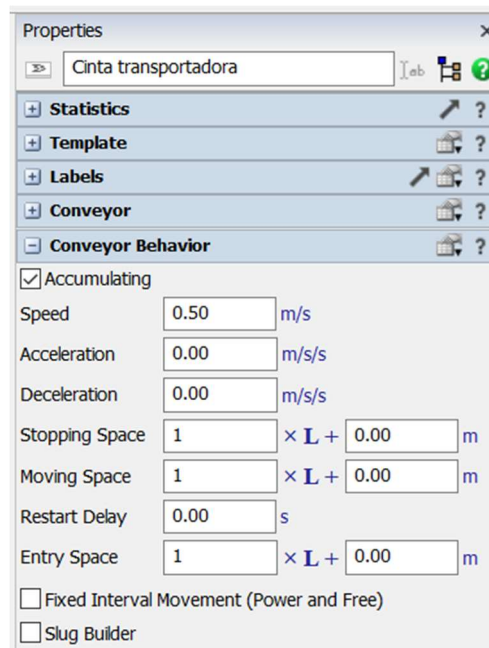


Ilustración 62: Propiedades de la cinta transportadora

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a su funcionamiento, la dinámica sería la siguiente: al finalizar un pedido en la estación de trabajo, el operario lo colocaría directamente sobre la cinta transportadora, que estaría situada a su alcance. Con ello se evitan desplazamientos innecesarios y no es necesario que el operario se aleje de su puesto, lo que ahorra tiempo y mantiene la continuidad del flujo. Como consecuencia, esta medida reduce la fatiga física y favorece una mayor concentración en las tareas.

Además, se necesitará una ligera reubicación de las cuatro estaciones y sus estanterías ya que, si dejásemos las cuatro estaciones alineadas, enfrentadas de dos en dos, podría darse el caso de chocar al dejar un pedido. Con lo cual se opta por una separación en zigzag teniendo cada uno su hueco.

De cara a gestionar la llegada, se propone el uso de una mesa de acumulación, donde los pedidos van cayendo para ser embalados. Se ha modelado en la simulación como un objeto *queue*. Como los demás parámetros son iguales al anterior modelo de planta, iniciamos la simulación y obtenemos los siguientes datos.

5.3.2 Capacidad productiva

Tras ejecutar varias simulaciones, se ha obtenido una media de 440 *flowitems* en el objeto de salida (*sink*). En términos prácticos, significa que el sistema tiene capacidad para procesar alrededor de 440 pedidos al día.

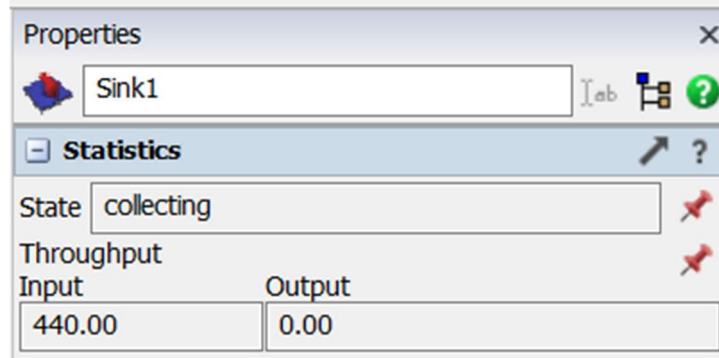


Ilustración 63: Número de pedidos fabricados tras la mejora

Fuente: Elaboración propia

Con lo cual, la nueva capacidad productiva quedará como:

$$\text{Capacidad productiva} = \frac{\text{Pedidos producidos}}{\text{Tiempo productivo}} = \frac{440}{6,25} = 70,4 \text{ pedidos/hora}$$

Este resultado implica un aumento del 28,65 % en los pedidos fabricados respecto al sistema anterior de planta. La mejora es coherente, ya que, al eliminar los desplazamientos de los operarios, ese tiempo se destina directamente a la producción, aumentando así el rendimiento.

Además, según la previsión de demanda, en el escenario más optimista la empresa podría alcanzar alrededor de 98.548 unidades vendidas durante el próximo año (ver anexo 8.1). Teniendo en cuenta que en 2026 se prevén unos 253 días laborables, la demanda diaria sería de aproximadamente 389 artículos. Por tanto, al menos durante el próximo año, el sistema productivo cuenta con la capacidad suficiente para asumir un posible incremento en el volumen de pedidos.

5.3.3 Lead time de fabricación

El nuevo tiempo registrado desde que un pedido entra a producción hasta que está listo para envío, es prácticamente la mitad respecto al primer modelo.

Lead time		
AvgStaytime	MinStaytime	MaxStaytime
696.07	300.24	1256.53

Ilustración 64: Nuevo lead time medio

Fuente: Elaboración propia

Con la incorporación de la cinta transportadora, el *lead time* pasa de unos 22 minutos a solo 11,6 minutos. Esto supone una reducción del 47,27 %, consecuencia de la eliminación de gran parte de las esperas y traslados entre puestos. En lugar de acumular pedidos hasta que un operario los lleva al área de embalaje, los artículos avanzan de forma más continua dentro del flujo productivo.

5.3.4 WIP

En consecuencia, el trabajo en proceso también se reduce. Aplicando la Ley de Little:

$$WIP = Tasa\ de\ producción \times lead\ time = 70,4 \times 0,193 = 13,59\ pedidos$$

(*lead time* medio en horas)

Este resultado confirma la relación de Little, menos acumulación de productos significa menos WIP y, por tanto, un *lead time* más corto.

5.3.5 Estadísticas de las estaciones de trabajo

Con el nuevo modelo de planta, se obtiene la siguiente gráfica para las estaciones de trabajo:

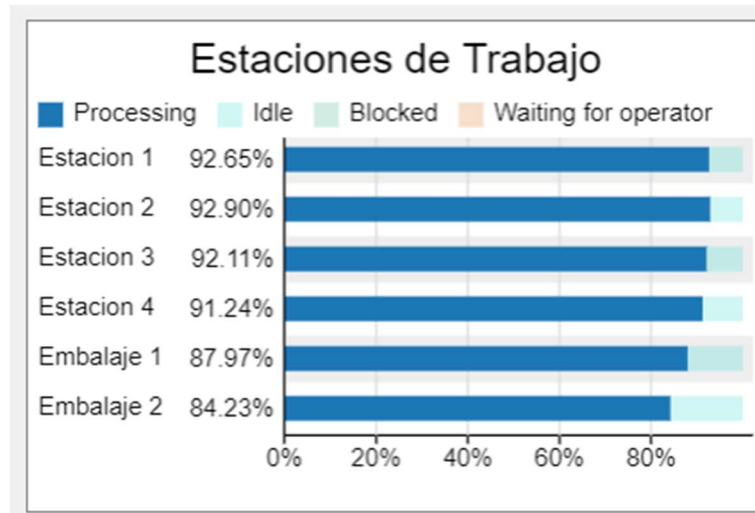


Ilustración 65: Gráfica de estado de las estaciones tras la mejora

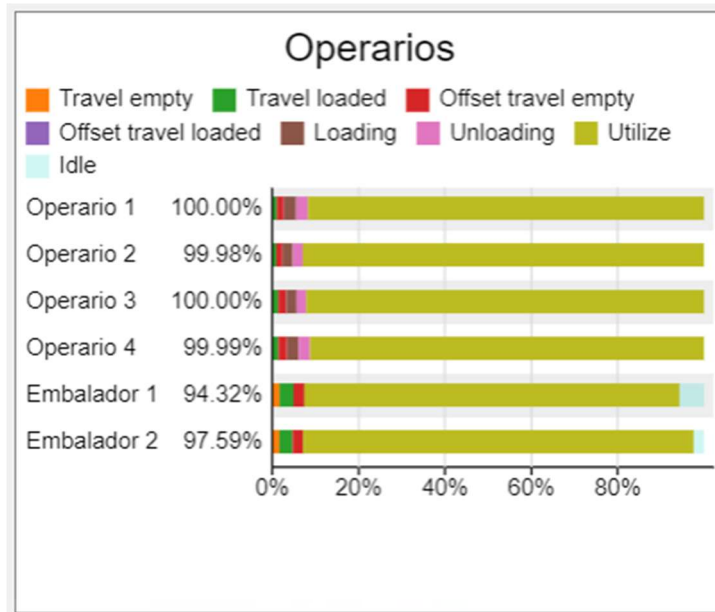
Fuente: Elaboración propia

La utilización media de las estaciones de fabricación se ha incrementado aproximadamente un 17 %, situándose en torno al 92 % de uso productivo. Este resultado es coherente, ya que el operario ha dejado de invertir tiempo en desplazamientos y lo destina directamente a la producción. Aun así, alrededor de un 7 % del tiempo sigue empleándose en tareas no relacionadas con producir.

En cuanto a las estaciones de embalaje, también han experimentado un aumento en su nivel de uso. Esto se debe a que el flujo de pedidos que reciben a través de la cinta transportadora es más constante, lo que reduce los tiempos de inactividad. Además, se consigue un mejor equilibrio entre las áreas de producción y embalaje, evitando el desbalance que se producía en el anterior modelo.

5.3.6 Estadísticas de los operarios

Observando ahora las estadísticas de los operarios, se tiene la siguiente estadística:



*Ilustración 66: Gráfica de estado del personal tras la mejora
Fuente: Elaboración propia*

Con la nueva configuración, los operarios pasan de dedicar cerca del 27 % de su tiempo a actividades de transporte a emplear solamente alrededor de un 8 % en tareas de colocación y recogida de stock base. Este cambio también se refleja en la mayor utilización de las estaciones, ya que el porcentaje de tiempo destinado a producir ha aumentado. Hay que destacar también que los operarios sufrirán menos cansancio al reducir sus desplazamientos.

Por otro lado, la infrautilización que se observaba en el área de embalaje prácticamente desaparece. Ahora los operarios de esta sección dedican alrededor del 95 % de su tiempo a embalar, lo que confirma una carga de trabajo más equilibrada en todo el sistema.

5.3.7 Eliminación de las trayectorias superpuestas

Con la incorporación de la cinta transportadora y la eliminación de los desplazamientos, desaparecen las posibles colisiones entre operarios. El resultado es un flujo de trabajo más ordenado, seguro y automatizado, que favorece a las condiciones de trabajo.

5.4 MEJORA DE LA GESTIÓN DIARIA

Tras analizar el modo de gestión diaria de la empresa, especialmente en lo relacionado con la coordinación entre áreas, el seguimiento de tareas y la toma de decisiones, se ha detectado la necesidad de contar con un sistema más estructurado que organice el día mediante rutinas breves y claras.

En concreto, se busca implantar un sistema de control diario basado en los principios *Lean*, que permita alinear la producción con los objetivos de la empresa y que facilite la detección de desviaciones en la fabricación.

Por este motivo, se plantea el uso de la herramienta *Lean* conocida como *Daily Management System* (Sistema de Gestión Diaria), la cual facilita la comunicación en toda la estructura de la empresa.

5.4.1 Diseño de las reuniones diarias

El primer elemento clave es la reunión breve al inicio de cada jornada, que se lleva a cabo directamente en el puesto de trabajo. Su objetivo no es simplemente “reunirse por reunirse”, sino establecer de forma clara qué se espera conseguir durante el día, qué aspectos concretos deben tenerse en cuenta y qué verificaciones conviene realizar antes de comenzar.

Esta reunión ha de cumplir los siguientes principios:

- Duración entre 5 y 15 minutos
- Se lleva a cabo junto al proceso y de pie, para fomentar la brevedad y participación.
- Se realizarán con grupos que comparten mismas funciones, lo que crea una colaboración más útil entre sus miembros.

En cuanto al contenido de estas reuniones, es fundamental que siga una agenda estructurada y común a todos los equipos. Gracias a la estandarización, los participantes conocen de antemano los puntos a revisar, lo que favorece reuniones más enfocadas y con un aporte real al funcionamiento diario. De este modo, la reunión se convierte en un hábito útil.

Con lo cual, toda reunión de *Daily Management* debería de tener tres aspectos principales: en primer lugar, la planificación del trabajo, con revisión de tareas, asignación de responsables y detección de posibles incidencias. En segundo lugar, un repaso breve de los indicadores clave (KPIs), que sirva para evaluar el rendimiento y orientar decisiones y finalmente, el seguimiento de las acciones de mejora, designando a responsables para asegurar que se cumplen.

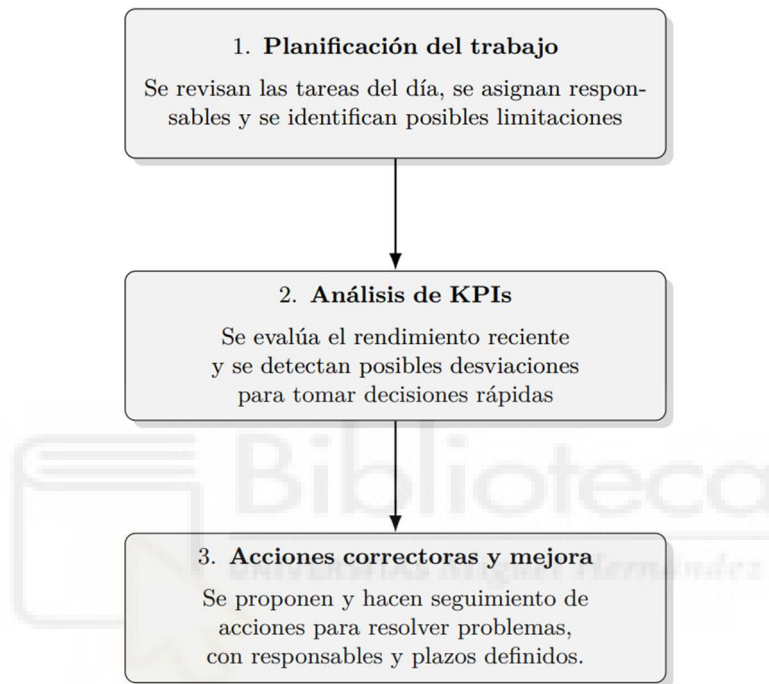


Ilustración 67: Diagrama de la secuencia de la reunión

Fuente: Elaboración propia

Dado que este proyecto se ha centrado en el análisis de la zona dos de producción, se plantea a continuación el diseño de una reunión diaria específica para esta área. A pesar de que existen más trabajadores en la empresa, el enfoque se limita concretamente a los cuatro operarios de producción y los dos operarios asignados al área de embalaje.

Debido al tamaño de esta unidad productiva, se propone la creación de un único GAP (Grupo Autónomo de Producción), integrado por los seis operarios mencionados.

La creación de este grupo es fundamental para organizar al equipo de forma que pueda trabajar con mayor autonomía, aumentar su implicación y desarrollar capacidad de mejora continua. Bajo este grupo, los propios operarios planifican su jornada, se reparten las tareas y realizan un seguimiento diario de los avances, lo que reduce la dependencia del

responsable de producción. Al mismo tiempo, aumenta el sentimiento de pertenencia al transmitir a los operarios que su experiencia y opinión son tomadas en cuenta en las decisiones.

Con lo cual, las reuniones diarias estarán compuestas por el grupo autónomo y el responsable de producción, quien actuará como el que gestiona la reunión. Se realizarán en el puesto de trabajo, de pie, siempre a la misma hora y con una duración máxima de 15 minutos. El tiempo estará controlado mediante un reloj ya que se trata de reuniones breves.

Para ello, se ha propuesto la siguiente rutina de reunión:

Orden	Puntos a revisar	¿Quién lo lidera?	Contenido
1	Revisión del día anterior	Portavoz del GAP	¿Se cumplió el objetivo? ¿Hubo incidencias? ¿Quedó algo pendiente?
2	Indicadores clave (KPIs)	Responsable de producción	Producción real vs planificada, calidad, incidencias, ausencias
3	Plan del día	Portavoz del GAP	Pedidos prioritarios, asignación de tareas, disponibilidad de recursos
4	Restricciones detectadas	Miembros del GAP	Falta de material, dudas, cuellos de botella, avisos de mantenimiento
5	Acciones correctoras o mejoras en curso	Responsable del GAP	¿Se han aplicado? ¿Hay avances? ¿Se necesita soporte externo?
6	Notas rápidas / recordatorios	Responsable de producción	Cambios urgentes, formación
7	Cierre con foco común	Ambos	Validación del objetivo del día.

Ilustración 68: Agenda con el orden de la reunión

Fuente: Elaboración propia

Como apoyo visual para la reunión diaria, se propone utilizar un tablero SPC, cuyas siglas son de Seguridad, Producción y Calidad. Su objetivo es mostrar de manera clara el plan del día, el estado real y las acciones acordadas, de forma que la reunión se centre en tomar decisiones y no en debatir. El tablero se situará en la zona de trabajo y será actualizado por el responsable de producción.

El tablero conduce siempre la reunión en el mismo orden:

- 1) **Seguridad:** se orienta a prevenir riesgos y mantener un entorno de trabajo seguro. Para ello se usan indicadores como accidentes registrados o días sin incidentes lo que permite promover medidas de prevención.

- 2) Productividad: se mide la eficiencia y el uso de recursos mediante KPIs como pedidos diarios o unidades por operario, lo que permite detectar ineficiencias rápidamente.
- 3) Calidad: se controla la conformidad del producto mediante indicadores como porcentaje de defectos, rechazos o devoluciones, lo que permite detectar fallos y aplicar mejoras.

Para poder llevar el registro diario, se han diseñado tres plantillas para cada área que se podrán consultar con más detalle en anexo 8.1.



The form is titled 'S — Seguridad' and is for a 'Reunión diaria' lasting '10-15 min'. It includes fields for 'Logo', 'Fecha', and 'Responsable'. The main content is divided into four sections: 'Objetivo del día', 'Indicadores clave', 'Notas rápidas', and 'Estado del día'. The 'Estado del día' section contains three checkboxes. At the bottom is a table for 'Incidencias y Acciones' with columns for Hora, Área, Descripción, Acción, Responsable, Fecha, and Estado.

Incidencias y Acciones						
Hora	Área	Descripción	Acción	Responsable	Fecha	Estado

Ilustración 69: Plantilla seguridad

Fuente: Elaboración propia

Estas plantillas se emplean al inicio de cada turno para organizar el trabajo del día y, al final, para dejar constancia de cómo se ha desarrollado la jornada. Lo primero que se completa es la cabecera, donde se anotan la fecha y el nombre del responsable.

En el apartado de “objetivo del día” se anota una meta concreta que se pueda verificar, de manera que al terminar el turno se pueda comprobar si se ha alcanzado. Es importante que el objetivo esté bien definido y no mezcle distintos temas para que su seguimiento resulte fácil.

En “indicadores clave” se apuntan los datos más importantes para ver si el trabajo avanza como se espera. Es el hueco donde van los datos de cada KPI propuesto.

El apartado de “notas rápidas” se usa para escribir avisos que son relevantes para ese día: por ejemplo, si falta material, si hay una visita, o si hay que tener en cuenta algo especial. Solo se apuntan cosas que afecten al trabajo.

En “estado del día” se marca un color según cómo va la jornada:

- Verde: si el objetivo se cumple sin incidencias relevantes
- Amarillo: si hay alguna condición que requiere atención.
- Rojo: si existe un riesgo que exige actuación inmediata.

La tabla de “incidencias y acciones” sirve para dejar por escrito los problemas que han aparecido y lo que se va a hacer para solucionarlos. Se indica la hora, el área afectada, una descripción breve del problema, la acción que se tomará, quién es el responsable de hacerla, la fecha límite para completarla, y el estado actual que se puede poner como abierto, en curso o cerrado.

5.4.2 Control mensual de la gestión diaria

Al inicio, la aplicación de hábitos Lean suele funcionar muy bien: hay atención, seguimiento cercano y ganas de hacer lo correcto. Sin embargo, tras unas semanas, es común que se pierda ritmo y reaparezcan pequeñas desviaciones como desorden, señales sin actualizar o tareas que vuelven a la forma antigua por cambios de turno o por prisas. Para evitarlo y mantener la mejora en el tiempo, se propone un sistema mensual de auditoría interna con listas de chequeo sencillas. La auditoría la realiza el responsable de producción, revisando cada área con criterios claros (orden, señales, puntos clave y seguridad), haciendo fotos o tomando notas y asignando acciones con responsable y fecha. Así se comprueba de forma regular que los hábitos *lean* se mantienen y no se pierden con el tiempo.

5.5 CRONOGRAMA DE IMPLANTACIÓN DE MEJORAS

El cronograma de implantación sirve para planificar de forma sencilla todas las acciones que se deben realizar para aplicar las mejoras propuestas. Permite saber cuándo empieza y termina cada tarea, cuánto tiempo durará y cómo se relaciona con las demás. De esta forma, se facilita la organización del trabajo y el seguimiento del progreso del proyecto.

Para mostrar esta planificación se utiliza un diagrama de Gantt, una herramienta muy práctica para visualizar el proceso. En él se representan las tareas mediante barras que indican su duración en el tiempo, lo que permite ver el avance general del proyecto. Gracias a esta representación visual, es posible detectar retrasos, ajustar fechas y asegurarse de que todo se realice dentro del plazo previsto.

En este caso, el diagrama de Gantt recoge la programación temporal de la implantación de las mejoras, siendo estas las cuatro mencionadas en los anteriores apartados. Se propone que la implantación de dichas mejoras se lleve a cabo entre los meses de octubre y noviembre como se muestra a continuación.

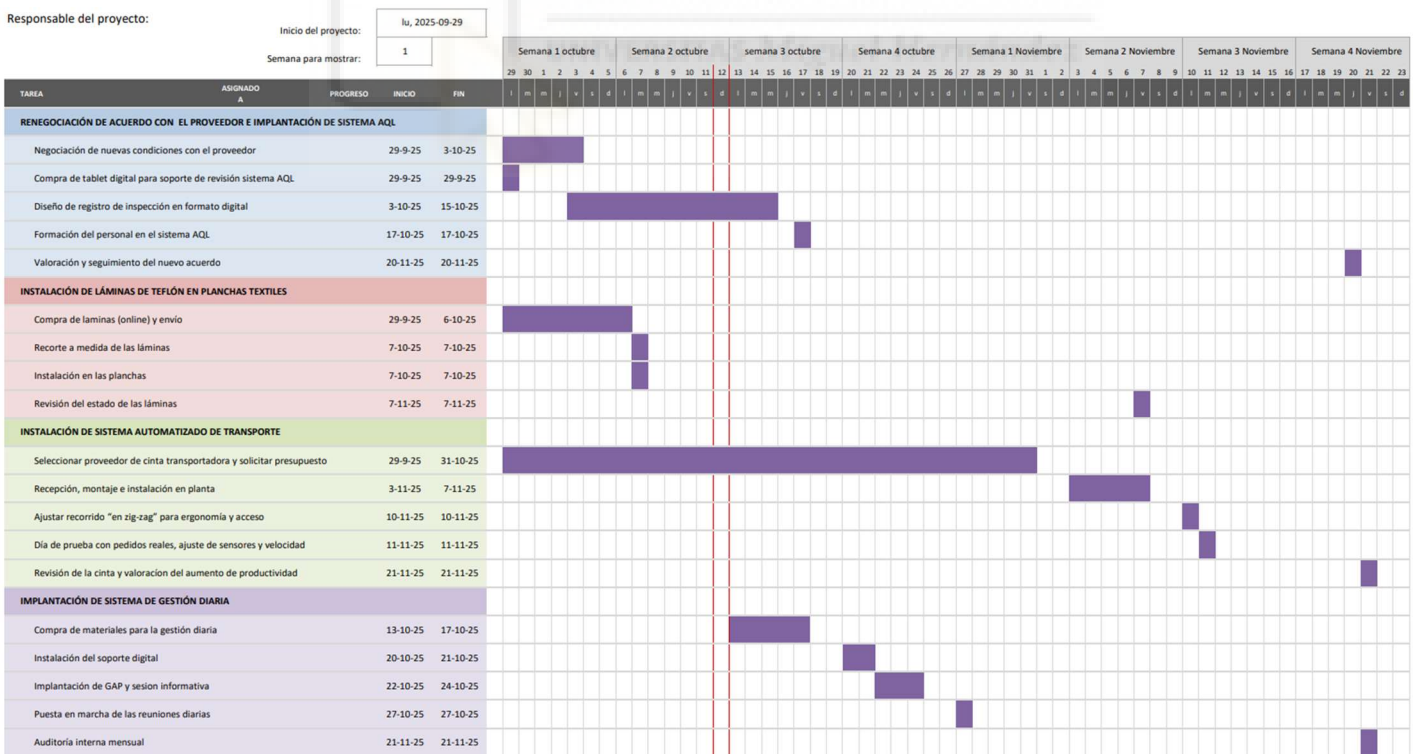


Ilustración 70: Diagrama de Gantt para implantación de mejoras

Fuente: Elaboración propia

De este modo, si se cumple el cronograma propuesto, el sistema productivo mejorado podría estar funcionando por completo a mediados de noviembre, coincidiendo con la preparación de las campañas de Black Friday y Navidad. Esto permitiría afrontar ese periodo de alta demanda con un trabajo más ordenado, una mejor comunicación entre las áreas y menos tiempos muertos.

En conjunto, esta planificación ayudaría a que la empresa llegue a los meses de mayor carga con un sistema más eficiente y sea capaz de responder al aumento de pedidos sin perder calidad.



6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS

En este apartado se calculan los gastos asociados a la implantación de las mejoras propuestas en el apartado cinco del proyecto, con el objetivo de estimar la inversión necesaria.

Para valorar la viabilidad económica, se ha optado por utilizar el método del *Payback*, ya que ofrece una forma rápida y sencilla de conocer en cuánto tiempo se recuperará el dinero invertido gracias al ahorro y mejoras obtenidas. Este criterio resulta adecuado en este caso porque se trata de medidas con un coste moderado y con un periodo de retorno relativamente corto, por lo que no es necesario recurrir a métodos más complejos como el VAN o la TIR. Además, es un método fácil de entender y visualizar para la empresa, lo que facilita la toma de decisiones.

6.1 ANÁLISIS DE INVERSIÓN EN SISTEMA AQL

Para el análisis económico de la implantación del sistema de revisión AQL se han considerado los siguientes costes.

En primer lugar, la formación de personal para poder aplicar correctamente el sistema de revisión. Se puede plantear formar a un operario el cual se estima que la formación podría durar un máximo de 2 horas. Esta formación estaría a cargo del responsable de producción cuyo coste laboral es de alrededor de 15 euros/hora, con lo cual:

$$\text{Coste de formación} = 2h \times 15\text{€/hora} = 30\text{€}$$

En segundo lugar, se calcula el coste de inspección por lote. Para ello se toma como referencia un lote real de 1.600 unidades. Tal y como se determinó en el apartado 5.1, el plan de muestreo establece la revisión de 125 unidades seleccionadas de forma aleatoria, de acuerdo con el nivel de inspección y el límite de calidad elegidos.

Se ha llevado a cabo una prueba práctica para medir el tiempo medio de revisión por artículo, obteniéndose un valor de alrededor de 15 segundos por unidad. De este modo, el tiempo total para revisar la muestra queda:

$$\text{Coste de revisión de muestra} = 125 \text{uds} \times 15\text{s} = 1.875 \text{segundos/revisión}$$

Si se pasa a horas esta cantidad, son 0,52 h por muestra de lote revisado. Si un operario le cuesta a la empresa 10 euros la hora, el coste sale a 5,20 € por lote.

Suponiendo una estimación anual de 50 lotes recibidos:

$$\text{Coste anual de revisión} = 50 \text{ lotes} \times 5,2 \text{ €} = 260\text{€}$$

Por último, como apoyo para llevar un registro de las inspecciones, se plantea la compra de una tablet con lápiz digital, que permita realizar anotaciones y fotos. El coste aproximado de un dispositivo de gama media en el mercado actual ronda los 400 €.

De este modo, si se recopilan los costes y se suman, se obtiene la siguiente cantidad:

Concepto	Coste (euros)
Formación de personal	30
Revisión de muestra por año	260
Tablet con lápiz digital (gama media)	400
Total	690

Ilustración 71: Tabla de costes de implantación sistema AQL

Fuente: Elaboración propia

Siendo necesaria una inversión en el primer año de 690 euros para poner en marcha el sistema AQL.

Por otra parte, aunque el proveedor devuelve el dinero por los productos defectuosos, este tipo de incidencias sigue afectando al funcionamiento de la empresa. La falta de fiabilidad en los envíos hace necesario mantener un sobrestock del 10 % para evitar quedarse sin material durante la producción. Este exceso de inventario supone tener parte del dinero inmovilizado en almacén, algo que podría reducirse si se mejora la calidad de los lotes recibidos.

Con la implantación del sistema AQL y el compromiso del proveedor de reducir la tasa de defectos al 2 %, se espera una mejora importante en la fiabilidad del suministro. Gracias a ello, la empresa podría reducir el margen de seguridad del 10 % al 5 % sin riesgo de interrupciones en la producción. En el caso del trimestre analizado, esta reducción representaría unas 1.163 unidades menos de adquisición de stock.

Gracias a la tabla de coste por unidad (ilustración 25) se puede calcular el coste medio por unidad usando los porcentajes de participación del gráfico (ilustración 16).

$$\begin{aligned} \text{Coste medio} &= (2 \times 0,23) + (1,5 \times 0,32) + (1,25 \times 0,28) + (0,65 \times 0,17) \\ &= 1,4 \text{ euros/unidad} \end{aligned}$$

Por lo tanto, con un coste medio de 1,40 €/unidad, el ahorro aproximado es de 1.628 € por trimestre, que al mes sale a unos 543 euros.

Además, esta medida permitiría liberar espacio de almacenamiento y reducir el capital inmovilizado.

Aunque el nuevo sistema introduce un pequeño tiempo adicional de revisión en la entrada de materiales, su coste anual es muy bajo en comparación con el ahorro que genera la reducción del stock.

$$260€/año = 21,7€/mes$$

Podemos restarlo del ahorro mensual:

$$Ahorro\ neto = 543€ - 21,7€ = 521,3€/mes$$

Con lo cual con un ahorro neto de unos 521 € al mes y una inversión de 690 €:

$$Payback = \frac{690}{521,3} = 1,32\ meses$$

La recuperación de la inversión se alcanzaría en aproximadamente 1,3 meses. En resumen, la implantación del sistema AQL se amortiza en muy poco tiempo y permite mejorar tanto la calidad y el control de los materiales como la eficiencia en la gestión del inventario.

6.2 ANÁLISIS DE PROPUESTA DE LÁMINAS DE TEFLÓN

En cuanto al coste, el precio medio de la lámina de teflón de 2 mm de grosor se sitúa en torno a 15 €/m². Teniendo en cuenta que cada prensa térmica dispone de dos superficies de estampado y que cada una mide 38 × 38 cm, la superficie total necesaria por plancha es la suma de ambas caras:

$$2 \times 38\text{cm} \times 38\text{cm} = 2 \times 0,144 \text{ m}^2 = 0,288 \text{ m}^2$$

Multiplicando por el precio por metro cuadrado:

$$0,288 \text{ m}^2 \times 15\text{€/m}^2 = 4,33\text{€}$$

Entonces, el coste de cubrir ambas superficies de una plancha con teflón es de 4,33€ por unidad. Como se tienen cuatro planchas, el coste total será de:

$$\text{Coste total} = 4,33\text{€} \times 4 \text{ uds} = 17,32 \text{ €}$$

Además, se deberá incluir el coste de instalación. Como el coste de compra es bastante barato, ya se ha adquirido y e instalado.

Se ha contabilizado que el tiempo que ha gastado el responsable de mantenimiento en medir, hacer el recorte y pegar la lámina a la superficie es de alrededor de una media hora de trabajo y sabiendo que el responsable de mantenimiento cobra 12 €/hora, el coste por la instalación ha sido de 6 euros. De este modo, el gasto total para tener listas las láminas ascienden a 23,32 euros.

Tal y como se indicó en el apartado 4.2, durante el pasado mes de junio se estimó una pérdida de alrededor de 142 euros por máquina de planchado debido a las tareas de limpieza. Esto significa que la inversión se recuperaría en menos de un mes. Si se considera que en la planta operan cuatro máquinas, la amortización prácticamente se alcanzaría en una única jornada laboral debido a que es una solución de muy bajo coste.

6.3 ANÁLISIS DE MEJORA EN LA DISTRIBUCION DE PLANTA

En la propuesta de mejora sobre la distribución de planta se determinó que la solución debía centrarse en reducir los desplazamientos de los operarios y garantizar un flujo más constante de los artículos, de manera que el sistema alcanzara un mayor equilibrio. Para ello, se planteó la incorporación de un sistema automatizado de transporte formado por una cinta transportadora y una mesa de acumulación que recibiría los pedidos.

A día de hoy, la empresa se encuentra en proceso de seleccionar el modelo de cinta y de mesa de acumulación más adecuado. Tras solicitar varios presupuestos a empresas especializadas en la venta y montaje de cintas transportadoras, ya se cuenta con una empresa candidata que ha presentado la siguiente oferta estimada:

Concepto	Detalle	Coste (euros)
Cinta y banda motorizada	Estructura de acero + componentes	5.000
Motor y sistema de control	Motor reductor, cuadro eléctrico y protecciones básicas	1.000
Transporte y descarga	Envío hasta planta y descarga en obra	450
Montaje e instalación	Mano de obra, nivelación, alineado y conexión eléctrica	1.600
Puesta en marcha	Ajustes finales y verificación de funcionamiento	300
Extras opcionales	Protecciones laterales	830
Mesa de acumulación	Montaje e instalación	3.000
Total		12.180

Ilustración 72: Presupuesto de sistema de transporte automatizado

Fuente: Elaboración propia

La inversión total ascendería a 12.180 euros para tener puesto en marcha el sistema de cinta transportadora y la mesa de acumulación. Al ser una inversión considerable, resulta necesario analizar en cuánto tiempo se amortizaría.

El beneficio principal de este sistema está en el ahorro de tiempo improductivo, ya que elimina gran parte de los desplazamientos. En el modelo inicial, los operarios dedicaban cerca del 27 % de su jornada efectiva a mover material, mientras que con la incorporación de la cinta y la mesa de acumulación este porcentaje se reducía al 8 %. La diferencia representa un ahorro del 19 % del tiempo de trabajo.

Si se considera una jornada efectiva de 6,25 horas, ese 19 % equivale a unas 1,9 horas diarias por operario, lo que, con un coste laboral de 10 €/hora, supone 11,9 € al día. En un mes estándar de 22 días laborales, el coste asciende a 262 € por operario, y para el equipo actual de cuatro trabajadores alcanza los 1.048 € mensuales, que corresponden únicamente a tiempo destinado a mover material.

De este modo, al instalar un sistema de transporte automático se obtiene un ahorro medio de aproximadamente 1.000 € al mes, por lo que la inversión se amortizaría en aproximadamente en un año.

6.4 INVERSIÓN EN SISTEMA DE GESTIÓN DIARIA

En este apartado se consideran los costes necesarios para implantar el sistema de gestión diaria mencionado en el punto 5.4 de la propuesta de mejora.

El material necesario para llevar a cabo las reuniones será:

- Reloj digital de gran tamaño con cronometro para limitar el tiempo de reunión.
- Monitor interactivo para rellenar las plantillas SPC.
- Soporte del monitor.

Tras realizar una búsqueda en internet se seleccionaron los modelos que cumplen con los requisitos establecidos, los cuales se detallan en el anexo 8.2. A continuación, en la siguiente tabla se presenta un resumen con el coste total del material necesario.

Concepto	Precio (euros)
Reloj digital LED gran tamaño	45,99
Panel interactivo	1.199
Soporte con ruedas	95,99
Total	1.340,98

Ilustración 73: Presupuesto de implantación del sist. gestión diaria

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la implantación del sistema de gestión diaria requiere una inversión de 1.340,98 euros. Al ser materiales físicos, su coste se amortizará progresivamente con el uso.

Aunque no es sencillo medir el ahorro económico que aporta, esta mejora tiene un impacto claro en la organización del trabajo, favoreciendo una producción más ordenada, una mejor comunicación y resolución de incidencias.

6.5 VALORACIÓN GENERAL DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico indica que las mejoras propuestas son viables y ofrecen una recuperación rápida de la inversión. En conjunto, se trata de medidas con un coste moderado y un beneficio claro para la empresa, tanto en ahorro económico como en mejora del funcionamiento diario.

Las propuestas del sistema AQL y las láminas de teflón destacan por su bajo coste y su amortización casi inmediata ya que generan ahorros mensuales que superan fácilmente la inversión inicial. En el caso de la cinta transportadora y la mesa de acumulación, aunque suponen una inversión mayor, permiten reducir los desplazamientos de los operarios y mejorar el flujo de trabajo, recuperando el coste en aproximadamente un año.

Finalmente, implementar el sistema de gestión diaria implica una inversión reducida y ofrece ventajas que a simple vista no se pueden cuantificar, pero necesarias para el correcto funcionamiento de la producción.

El conjunto de mejoras requiere una inversión total aproximada de 14.234 euros, siendo una cantidad razonable si tenemos en cuenta el beneficio que traen.

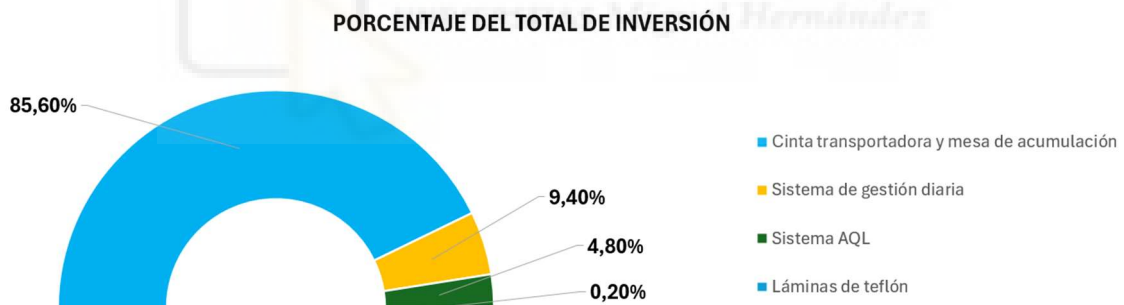


Ilustración 74: Gráfico de porcentajes de inversión

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se muestra que la mayor parte del presupuesto se destina a la cinta transportadora y la mesa de acumulación, por ser la mejora más importante. En menor medida están el sistema de gestión diaria y el sistema AQL, mientras que las láminas de teflón apenas suponen gasto.

En resumen, la inversión se centra en una mejora principal, complementada con otras más simples pero útiles para mejorar el funcionamiento general de la empresa.

7. VALORACIÓN FINAL

El desarrollo de este proyecto tuvo como objetivo principal ser una propuesta de mejora de los procesos productivos en una empresa del sector de artículos personalizados. La aplicación de las medidas propuestas supone un avance importante en la eficiencia del sistema y en la consolidación de una cultura de mejora continua dentro de la empresa.

El análisis realizado demuestra que la combinación de herramientas de gestión de la calidad, optimización de procesos y rediseño de la distribución de planta permitiría obtener resultados positivos tanto en el rendimiento como en la organización del trabajo.

La incorporación del sistema de control de calidad AQL busca reducir la tasa de no conformidad de los proveedores a un 2 % y establecer un método estructurado de verificación de la calidad en la recepción de materiales, mejorando la relación con los proveedores y garantizando una calidad más constante en los materiales que se reciben.

Por otro lado, la mejora en el proceso de impresión mediante el uso de láminas antiadherentes ha permitido eliminar pérdidas de tiempo por paradas no programadas. Esta sencilla medida se traduce en un incremento estimado de la producción del 4,97 %, mejorando el aprovechamiento del tiempo.

Del mismo modo, el rediseño de la distribución en planta con la incorporación de una cinta transportadora contribuirá a eliminar desplazamientos innecesarios de los operarios. La simulación del nuevo flujo de trabajo muestra un aumento de la capacidad productiva del 28,65 % y una reducción del tiempo de fabricación del 47,27 %, lo que confirma el impacto positivo de esta medida en la eficiencia global.

Finalmente, la implantación de un Sistema de Gestión Diaria y la creación de un grupo autónomo de producción (GAP) refuerzan la comunicación interna, la resolución rápida de incidencias y el compromiso del personal con los objetivos de seguridad, producción y calidad (SPC).

En conjunto, los resultados de la simulación muestran que el proyecto ha cumplido los objetivos y que las mejoras propuestas pueden aumentar el rendimiento del sistema. Basadas en los principios del *Lean Manufacturing* y la gestión de la calidad, estas acciones ayudan a aprovechar mejor los recursos y fabricar de una mejor manera.

Aunque los resultados deben comprobarse todavía en la práctica, el estudio ofrece una base sólida para tomar futuras decisiones y demuestra que, con una buena aplicación, la empresa podrá afrontar los periodos de más demanda con un sistema más ágil, ordenado y capaz de seguir mejorando con el tiempo.



8. ANEXO

8.1 TABLA DE DATOS Y CÁLCULO DE PREVISIÓN DE DEMANDA

Mes	Histórico	% Participación	Factor de ajuste	Unidades históricas	Pesimista	Base	Optimista	Parámetros
Enero	6050	0,07482253	1,2	6050	6897	7260	8349	esc_bajo -0,05
Febrero	7322	0,09055381	1	7322	6955,9	7322	8420,3	esc_base 0
Marzo	6039	0,07468649	1,2	6039	6884,46	7246,8	8333,82	esc_alto 0,15
Abril	5928	0,07331371	1,2	5928	6757,92	7113,6	8180,64	Totales (sin 1,2)
Mayo	6640	0,08211927	1	6640	6308	6640	7636	Total anual 80858
Junio	7106	0,08788246	1	7106	6750,7	7106	8171,9	T1 bajo 76815,1
Julio	6526	0,08070939	1	6526	6199,7	6526	7504,9	T1 base 80858
Agosto	6549	0,08099384	1	6549	6221,55	6549	7531,35	T1 alto 92986,7
Septiembre	6467	0,07997972	1	6467	6143,65	6467	7437,05	
Octubre	6165	0,07624477	1,2	6165	7028,1	7398	8507,7	
Noviembre	8299	0,10263672	1	8299	7884,05	8299	9543,85	
Diciembre	7767	0,09605729	1	7767	7378,65	7767	8932,05	
TOTAL	80858	1		80858	81409,68	85694,4	98548,56	

Media capacidad productiva diaria (253 días laborables 2026)

Total ventas esc. optimista / días laborables = 389,52

Aumento respecto a ventas actuales= 17,9511096 %

8.2 PLANTILLAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DIARIA (SPC)

Logo	<h1>S — Seguridad</h1> <p>Reunión diaria • 10–15 min</p>	Fecha: _____ Responsable: _____				
Objetivo del día	Indicadores clave					
Notas rápidas	Estado del día					
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
Incidencias y Acciones						
Hora	Área	Descripción	Acción	Responsable	Fecha	Estado

Logo

P — Productividad

Reunión diaria • 10–15 min

Fecha: |

Responsable: |

Objetivo del día

Indicadores clave

Notas rápidas

Estado del día

Incidencias y Acciones

Hora	Área	Descripción	Acción	Responsable	Fecha	Estado

Logo

C — Calidad

Reunión diaria • 10-15 min

Fecha: |

Responsable: |

Objetivo del día

Indicadores clave

Notas rápidas

Estado del día

Incidencias y Acciones

Hora	Área	Descripción	Acción	Responsable	Fecha	Estado

8.3 MATERIALES NECESARIOS PARA LLEVAR A CABO EL SISTEMA DE GESTIÓN DIARIA

<p>Reloj digital led gran tamaño</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Marca: Pellor - Dimensiones:27x8,5x2,7 cm -Control a distancia -Cronometro -Precio: 45,99 euros (Amazon)
<p>Panel interactivo</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Marca: Samsung -Modelo: Flip Pro WM55B 55 - Dimensiones: 55 pulgadas -Control a distancia -Altavoces -Incluye lápiz digital -Precio: 1199 euros (Pccomponentes)
<p>Soporte panel con ruedas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Marca: Forging Mount - Altura: desde 1,6 m hasta 1,72 m -Con ruedas - Montaje fácil -Precio: 95,99 euros (Amazon)

9. BIBLIOGRAFÍA

¹ Joaquín Bautista Valhondo. *Sistemas productivos-logísticos. Introducción*. Universitat Politècnica de Catalunya, 2013.

<https://upcommons.upc.edu/server/api/core/bitstreams/36006624-0af9-44c7-b1ad-eb7e0f41690b/content>

² Myriam Quiroa. *Proceso productivo: qué es, etapas y ejemplos*. Economipedia.

<https://economipedia.com/definiciones/proceso-productivo.html>

³ EAE Business School. “Los tipos de sistemas de producción industrial y sus características”. *Retos en Operaciones & Logística*, 31 de agosto de 2023. <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/tipos-de-sistemas-de-produccion-industrial-y-sus-caracteristicas/>

⁴ European Knowledge Center for Information Technology. *Fabricación por pedido (Make To Order)*. TIC Portal. <https://www.ticportal.es/glosario-tic/fabricacion-pedido-make-order>

⁵ Karl Heinrich Lauri. *¿Qué es la producción por lotes?*. MRPeasy Blog, 27 de septiembre de 2022. <https://www.mrpeasy.com/blog/es/produccion-por-lotes/>

⁶ Myriam Quiroa. *Producción por lotes*. Economipedia.

<https://economipedia.com/definiciones/produccion-por-lotes.html>

⁷ Madis Kuuse. *¿Qué es la producción en masa? Una guía completa*. MRPeasy, 14 de junio de 2024. <https://www.mrpeasy.com/blog/es/produccion-en-masa/>

⁸ Manuel Fortún. *Producción en cadena*. Economipedia.

<https://economipedia.com/definiciones/produccion-en-cadenas.html>

⁹ EAE Business School. “Los tipos de sistemas de producción industrial y sus características.” *Retos en Operaciones & Logística*, 31 de agosto de 2023. <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/tipos-de-sistemas-de-produccion-industrial-y-sus-caracteristicas/>

¹⁰ Javier de Miguel. *Proceso productivo: qué es, etapas, tipos y ejemplos*. Doofinder, 3 de julio de 2025. <https://www.doofinder.com/es/blog/proceso-productivo>

¹¹ Puchades Gimeno. *Principales fases de un proceso productivo*. 18 de noviembre de 2021. <https://www.puchadesgimeno.com/noticias/fases-proceso-productivo/>

¹² Asia Quality Focus. *Límites aceptables de calidad (AQL) para inspecciones de producto*. Asia Quality Focus. <https://www.asiaqualityfocus.com/es/recursos/aql>

- ¹³ ESIC Business School. *Teoría de las restricciones (TOC): qué es y ejemplos*. ESIC, octubre 2023. <https://www.esic.edu/rethink/business/teoria-de-las-restricciones-que-es-ejemplos-c>
- ¹⁴ Julia Martins. *Qué es la teoría de las restricciones y cuáles son sus principios*. Asana, 16 de agosto de 2025. <https://asana.com/es/resources/theory-of-constraints>
- ¹⁵ Atox Grupo. “¿Qué es la teoría de las restricciones?” <https://atoxgrupo.com/que-es-la-teoria-de-las-restricciones/>
- ¹⁶ Gemba Academy. (2016, 15 de diciembre). *Qué son y cómo calcular el tiempo de ciclo (cycle time), takt time y tiempo de espera (lead time) (I)*. <https://www.gembaacademy.com/blog/es/2016/12/15/que-son-y-como-calcular-el-tiempo-de-ciclo-cycle-time-takt-time-y-tiempo-de-espera-lead-time-1>
- ¹⁷ MRPeasy. *Capacidad de producción: qué es y cómo calcularla*. <https://www.mrpeasy.com/blog/es/capacidad-de-produccion/>
- ¹⁸ MRPeasy. *Inventario de trabajo en proceso (WIP): qué es y cómo gestionarlo*. <https://www.mrpeasy.com/blog/es/inventario-de-trabajo-en-proceso-wip/>
- ¹⁹ Altomonte, L. (2023, 20 de septiembre). *Ley de Little: Guía para mejorar el flujo de trabajo*. SafetyCulture. <https://safetyculture.com/es/temas/ley-de-little>
- ²⁰ GEINFOR. *Tiempo de ciclo y rendimiento*. <https://geinfor.com/tiempo-de-ciclo-y-rendimiento/>
- ²¹ APD. *¿Qué es Lean Manufacturing?*. <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>
- ²² Aula21. *Lean Manufacturing: guía definitiva 2025 [principios, herramientas y ejemplos]*. <https://www.cursosaula21.com/que-es-lean-manufacturing/>
- ²³ Progressa Lean. *Origen y evolución del Lean Manufacturing*. Publicado el 22 de mayo de 2015. <https://www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/>
- ²⁴ KanbanTool. *¿Qué es Mura? Guía Kanban*. <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/que-es-mura>
- ²⁵ BusinessMap. *¿Qué es Muri?*. <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/que-es-muri>
- ²⁶ SafetyCulture. *Las 7 mudas en Lean: guía de desperdicios*. <https://safetyculture.com/es/temas/7-mudas>
- ²⁷ Kaizen. *Excelencia operacional: lean y kaizen*. <https://kaizen.com/es/insights-es/excelencia-operacional-lean-kaizen/>
- ²⁸ Lean Enterprise Institute. *Plan, Do, Check, Act (PDCA)*. <https://www.lean.org/lexicon-terms/pdca/>

- ²⁹ Mecalux. *Push vs Pull: diferencias entre sistemas de producción*. <https://www.mecalux.es/blog/push-pull-sistema>
- ³⁰ Tecnológico de Monterrey. *Lean Manufacturing: qué es y sus principales herramientas*. Blog Maestrías y Diplomados, 2025. <https://blog.maestriasydiplomados.tec.mx/lean-manufacturing-que-es-y-sus-principales-herramientas>
- ³¹ Sistemas OEE. *Implantar 5S: cómo hacerlo paso a paso*. <https://www.sistemasoe.com/implantar-5s/>
- ³² Full Audits. (2023, 27 de septiembre). *Estandarización de procesos: cómo aplicarla y ejemplos*. <https://fullaudits.com/estandarizacion-de-procesos-aplicarla-y-ejemplos/>
- ³³ Jorge Medina. *¿Qué es Value Stream Mapping (VSM) y cómo puede mejorar sus procesos?* Toyota Forklifts Blog, 28 de abril de 2025. <https://blog.toyota-forklifts.es/value-stream-mapping-vsm-mejorar-procesos>
- ³⁴ KanbanTool. *¿Qué es Heijunka?*. Guía Kanban. <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/que-es-heijunka>
- ³⁵ Kaizen Institute. (2023). *SMED: reducir el tiempo de setup y aumentar la eficiencia*. <https://kaizen.com/es/insights-es/smed-reducir-setup-aumentar-eficiencia/>
- ³⁶ SafetyCulture. (s. f.). *Sistema Andon*. <https://safetyculture.com/es/temas/sistema-andon>
- ³⁷ Martins, J. (2025, 16 de agosto). *Qué es un KPI, para qué sirve y cómo utilizarlo en tu proyecto*. Asana. <https://asana.com/es/resources/key-performance-indicator-kpi>
- ³⁸ PDCA Home. *Cómo dibujar y qué es un diagrama de espagueti o spaghetti chart*. 20 de junio de 2013. <https://pdcahome.blogspot.com/2013/06/como-dibujar-y-que-es-un-diagrama-de.html>
- ³⁹ Tarlengco, J. (2025, 30 de junio). *Paseo por el Gemba: significado, proceso y ejemplos*. SafetyCulture. <https://safetyculture.com/es/temas/gemba-walk>
- ⁴⁰ Toyota Forklifts. (s. f.). *Daily Management*. <https://blog.toyota-forklifts.es/daily-management>
- ⁴¹ Pereira, R. (2020, 14 de agosto). *¿Qué es un Lean Daily Management System?* Gemba Academy. <https://www.gembaacademy.com/blog/es/2020/08/14/que-es-un-lean-daily-management-system>
- ⁴² Mejora8. (2020, 9 de mayo). *Las 5 claves para implantar el sistema Lean Manufacturing con éxito*. <https://www.mejora8.com/las-5-claves-para-implantar-el-sistema-lean-manufacturing-con-exito>

⁴³ Autodesk. (s. f.). *FlexSim 2026 | Get information & free trial.*

<https://www.autodesk.com/products/flexsim/overview>

⁴⁴ Vega Anzules, A. (2021). Construcción de modelos de simulación en FlexSim que implementen herramientas Lean Manufacturing en una línea de ensamblaje.

<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/47251>

⁴⁵ García Álvarez, F. J. (s. f.). *Muestreo de Aceptación por Atributos.* Universidad de La Laguna. Recuperado el 18 de octubre de 2025, de

https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/9931/mod_resource/content/4/Tema_6/Tema6-Muestreo-Aceptacion-Atributos.pdf

