



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Análisis y rediseño de la cadena de suministro de una
empresa líder del sector de los neumáticos, con un
enfoque específico en el almacenamiento, transporte y
distribución

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

AUTOR/A: Carcaño Pereira, Luis Fernando

Tutor/a: Maheut, Julien Philippe Dominique

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Resumen:

La empresa sobre la cual se va a trabajar fue fundada en Japón en 1931, es una destacada empresa multinacional en el sector de neumáticos. Reconocida a nivel global, ha consolidado una gran reputación dentro de este sector, posicionándose como una de las marcas líder en este. Ofrece una amplia gama de productos que abarcan desde automóviles y camiones hasta maquinaria pesada y aeronaves. Bridgestone tiene un gran compromiso con la innovación y la Calidad, con una constante búsqueda de tecnologías avanzadas para mejorar el rendimiento y la durabilidad de sus neumáticos.

Este estudio se enfoca en analizar y mejorar la cadena de suministro de la empresa, con especial atención en el almacenamiento, transporte y distribución de neumáticos. El objetivo principal es detectar áreas de oportunidad en la cadena de suministro actual de dicha empresa y proponer soluciones efectivas para mejorar sus procesos logísticos. Para lograr este propósito, se realizará un análisis detallado de la cadena de suministro actual de la empresa, y se desarrollará un plan de acción para implementar el rediseño propuesto.

El trabajo de fin de máster (TFM) se estructurará de la siguiente manera: en el Capítulo 1 se describirá el entorno empresarial de la empresa; Capítulo 2 se hablará de su cadena de suministro actual; en el Capítulo 3 se presentarán la situación deseada y se realizará un planteamiento de oportunidades; el Capítulo 4 se hará un análisis de la viabilidad económica de la propuesta presentada; el Capítulo 5 se ofrecerá una serie de conclusiones y propuestas de futuro.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Análisis y rediseño de la cadena de suministro de una empresa líder en el sector de los neumáticos, con un enfoque específico en el almacenamiento, transporte y distribución.



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Índice

1. Introducción	2
1.1 Objeto del Proyecto	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	2
1.4 Estructura del Documento	3
2. Antecedentes teóricos	4
3. Descripción del entorno del problema	6
3.1 Introducción.....	6
3.2 Introducción a la empresa	6
2.2.1 Productos	7
2.2.2 Proceso productivo	9
2.2.3 Clientes y proveedores	10
2.2.4 Organización interna	10
3.3 Objeto del problema	11
3.4 Conclusiones	12
4. Análisis de la situación actual	13
4.1 Introducción.....	13
4.2 Descripción de la cadena de suministro	13
4.3 Análisis de las incidencias observadas	16
4.4 Conclusiones	20
5. Identificación y selección de las diferentes alternativas en los procesos	22
5.1 Introducción.....	22
5.2 Alternativas propuestas para los almacenes de la cadena de suministro.....	22
5.3 Alternativas propuestas para la gestión de la calidad los almacenes	28
5.4 Alternativas propuestas para el transporte de los productos	33
5.5 Conclusiones.....	38
6. Descripción de las mejoras realizadas	39
6.1 Introducción.....	39
6.2 Propuesta de red de distribución disminuyendo el número de almacenes	39
6.2.1 Niveles de stock y capacidad de los almacenes	45
6.2.2 Nivel de servicio para la red de distribución con 8 almacenes	47
6.3 Metodologías para la gestión de la calidad en los almacenes	48



6.3.1 Descripción de las 5S en los almacenes	49
6.3.2 Ventajas de implementar metodologías de gestión de la calidad	53
6.4 Desarrollo de un método de optimización para carga de camiones.....	53
5.4.1 Descripción del método	54
5.4.2 Capacidades en los tráileres y minivanos	55
6.5 Conclusiones.....	63
7. Conclusiones	64
7.1 Conclusiones del proyecto	64
7.2 Lecciones aprendidas.....	64
7.3 Futuras líneas de trabajo	65
8. Bibliografía	66

Figuras

Figura 1. Ubicación de la fábrica de Cantabria. Fuente (Maps)	7
Figura 2. Neumático de uso agrícola. Fuente (Brid)	8
Figura 3. Neumático para camiones. Fuente (Brid)	8
Figura 4. Neumáticos para volquetes rígidos. Fuente (Brid)	8
Figura 5. Recauchutado. Fuente (Brid).....	8
Figura 6. Calandra hidráulica. Fuente (GoodYear).....	9
Figura 7. Máquina de ensamblado de neumáticos. Fuente (GoodYear)	10
Figura 8. Organigrama Fábrica Cantabria. Fuente (Elaboración propia)	11
Figura 9. Diagrama cadena de suministro. Fuente (Elaboración propia)	14
Figura 10. Diagrama Ishikawa. Fuente (Elaboración propia)	17
Figura 11. Criterios y alternativas en Superdecision. Fuente (Elaboración propia)	25
Figura 12. Peso ideales y normales de las alternativas Fuente (Elaboración propia)	28
Figura 13. Criterios y alternativas en Superdecision. Fuente (Elaboración propia)	30
Figura 14. Pesos ideales y normales de las alternativas. Fuente (Elaboración propia).....	33
Figura 15. Criterios y alternativas. Fuente (Elaboración propia).....	35
Figura 16. Pesos ideales y normales de cada alternativa. Fuente (Elaboración propia)	38
Figura 17. Esquema de la metodología llevada a cabo. Fuente (Elaboración propia)	39
Figura 18. Ubicación almacén 1. Fuente (Maps)	42
Figura 19. Ubicación almacén 2 Fuente (Maps)	42
Figura 20. Ubicación almacén 3 Fuente (Maps)	42
Figura 21. Ubicación almacén 4 Fuente (Maps)	42
Figura 22. Ubicación almacén 5 Fuente (Maps)	43
Figura 23. Ubicación almacén 6 Fuente (Maps)	43
Figura 24. Ubicación almacén 7 Fuente (Maps)	43
Figura 25. Ubicación almacén 8 Fuente (Maps)	43
Figura 26. Etiqueta roja para clasificar los elementos innecesarios. Fuente (Safety Supply)	49
Figura 27. Distribución almacén tipo de Brid. Fuente (Brid).....	50
Figura 28. Ejemplo de señalización en un almacén. Fuente (ARSAM)	50
Figura 29. TWI del almacenamiento de los neumáticos. Fuente (Elaboración propia)	51
Figura 30. Tablero Kaizen para la mejora continua. Fuente (Elaboración propia).....	52
Figura 31. Tablero Kaizen para promover la mejora continua. Fuente (Elaboración propia)	53



Figura 32. Neumáticos superpuestos. Fuente (brid_case_study)	54
Figura 33. Neumáticos superpuestos. Fuente (Elaboración propia)	54
Figura 34 .Neumáticos superpuestos. Fuente (Elaboración propia)	55
Figura 35. Resultado del código de la composición de neumáticos. Fuente (Elaboración propia)	60

Tablas

Tabla 1. Distancias desde a la fábrica a los almacenes regionales. Fuente (Elaboración propia) .15	
Tabla 2. Demanda del año 2022 de cada país. Fuente (Elaboración propia).....	15
Tabla 3. Coste del transporte a los almacenes de los respectivos países. Fuente (Elaboración propia).....	16
Tabla 4. 5 porqués del número de almacenes. Fuente (Elaboración propia).....	18
Tabla 5. 5 porqués en la implementación. Fuente (Elaboración propia).....	19
Tabla 6. 5 porqués en el transporte de la mercancía. Fuente (Elaboración propia)	20
Tabla 7. Alternativas propuestas para el problema de los almacenes. Fuente (Elaboración propia)	22
Tabla 8. Ventajas y desventajas de las posibles soluciones. Fuente (Elaboración propia).....	23
Tabla 9. Peso de las alternativas. Fuente (Elaboración propia)	27
Tabla 10. Alternativas para el problema en los almacenes. Fuente (Elaboración propia)	28
Tabla 11. Ventajas y desventajas de las posibles soluciones. Fuente (Elaboración propia).....	29
Tabla 12. Pesos de las alternativas. Fuente (Elaboración propia)	32
Tabla 13. Alternativas propuestas para el transporte de los productos. Fuente (Elaboración propia).....	33
Tabla 14. Ventajas y desventajas de las posibles soluciones. Fuente (Elaboración propia).....	34
Tabla 15. Pesos de las alternativas propuestas. Fuente (Elaboración propia)	37
Tabla 16. Coste del sistema en función del número de almacenes. Fuente (Elaboración propia)	40
Tabla 17. Agrupación de países en las 8 regiones. Fuente (Elaboración propia).....	41
Tabla 18. Ubicaciones de los almacenes. Fuente (Elaboración propia).....	41
Tabla 19. Distancia desde los almacenes hasta los países que suministra. Fuente (Elaboración propia).....	44
Tabla 20. Costes de transporte de cada almacén. Fuente (Elaboración propia)	45
Tabla 21. Máxima demanda en 1 mes. Fuente (Elaboración propia).....	46
Tabla 22. Stock mínimo necesario y nivel de ocupación. Fuente (Elaboración propia)	46
Tabla 23. Nivel de ocupación nuevo con la modificación de almacenes. Fuente (Elaboración propia).....	47
Tabla 24. Tiempo de llegada a los países suministrados. Fuente (Elaboración propia)	48



Tabla 25. Ahorro en el Volumen transportado. Fuente (Elaboración propia)55



Agradecimientos:

Quisiera comenzar estos agradecimientos expresando mi más profunda gratitud a mis padres, cuya insistencia y constante apoyo me han llevado a continuar con mis estudios de máster. Sin su fe en mi capacidad y su continuo aliento, no habría podido terminar este desafío académico. Su amor y apoyo han sido fundamentales a lo largo de estos años, y su insistencia en que persiguiera mis sueños ha sido el motor que me ha impulsado a llegar hasta aquí.

A mis compañeros de clase, con quienes compartí innumerables horas de estudio, proyectos y exámenes, les debo una parte significativa de mi éxito. En particular, quiero agradecer a Carlos Casado, quien fue un compañero inseparable durante los cuatro años de la carrera de ingeniería industrial. Sus ideas, su disposición para ayudar y su amistad fueron esenciales para mí. También quiero mencionar a mi amiga María José Montánchez, cuyo apoyo en este último año del máster ha sido muy importante. Su compañía y comprensión han sido fundamental durante los momentos más desafiantes.

No puedo dejar de mencionar a mis tres hermanas, María, Paloma y Julia, quienes siempre han estado a mi lado con su cariño y palabras de aliento. Su amor me ha dado la fuerza para seguir adelante en los momentos difíciles. Y a mi Abuela Carmen, quien siempre me inspiró y me hizo sentir orgulloso de mis logros. Aunque ya no esté con nosotros, sé que estaría enormemente orgullosa de verme convertido en ingeniero industrial.

Finalmente, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos los profesores de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales por su dedicación, paciencia y sabiduría a lo largo de estos años. Su apoyo constante y su compromiso con nuestra formación han sido fundamentales para mi crecimiento académico y profesional. A la ETSII por brindarnos un entorno de aprendizaje excelente y por fomentar una cultura de innovación y colaboración. Sin duda, todo lo aprendido y vivido en esta institución será una base sólida para mi futuro como ingeniero industrial. Dentro de este ámbito, me gustaría destacar a Julien Maheut, mi tutor de trabajo de fin de máster. Su orientación y la valiosa información que me proporcionó fueron cruciales para el desarrollo de mi proyecto. También agradezco a mis amigos, quienes me brindaron su apoyo incondicional y me acompañaron en esta aventura, dándome el ánimo necesario para seguir adelante. A todos vosotros, gracias por ser parte de este viaje y por ayudarme a alcanzar este logro.

1. Introducción

1.1 Objeto del Proyecto

El objeto del presente proyecto es optimizar la cadena de suministro de Brid, una empresa dedicada a la distribución de neumáticos a nivel mundial. La iniciativa busca abordar los desafíos operativos identificados, reducir costos y mejorar la eficiencia general de las operaciones logísticas. A través de un análisis detallado y la implementación de soluciones estratégicas, se pretende fortalecer la capacidad de Brid para satisfacer la demanda del mercado de manera más efectiva y competitiva.

El proyecto se centra en tres áreas principales: la consolidación de almacenes para reducir costos operativos, la adopción de metodologías Lean y tecnologías avanzadas para optimizar los procesos internos, y la mejora de la logística de transporte mediante un sistema avanzado de gestión. Estas acciones están diseñadas para abordar problemas específicos que actualmente afectan la eficiencia y rentabilidad de la cadena de suministro de Brid.

Además de mejorar la eficiencia operativa, el proyecto tiene como objetivo asegurar que Brid mantenga altos niveles de servicio al cliente, cumpliendo con tiempos de entrega estrictos y reduciendo los errores en el manejo de inventarios. Se espera que las soluciones propuestas no solo beneficien a la empresa en términos de costos y operaciones, sino que también refuercen su posición competitiva en el mercado global de neumáticos.

1.2 Antecedentes

La cadena de suministro de Brid ha experimentado varios desafíos en los últimos años debido a su estructura compleja y la dispersión de almacenes regionales. Este modelo, aunque permite la proximidad a mercados clave, ha resultado en altos costos operativos y dificultades en la gestión eficiente de inventarios. Además, la dependencia de empresas logísticas externas ha introducido variabilidad y retrasos en el transporte, afectando la entrega oportuna a los clientes.

El análisis inicial reveló que la falta de implementación de metodologías Lean y tecnologías avanzadas en los almacenes ha limitado la capacidad de Brid para optimizar sus operaciones internas. Esto ha llevado a ineficiencias y costos adicionales que podrían mitigarse mediante la adopción de prácticas más modernas y eficientes. La necesidad de abordar estos problemas se ha vuelto más urgente a medida que la competencia en el mercado de neumáticos se intensifica y las expectativas de los clientes aumentan.

En respuesta a estos desafíos, se planteó este proyecto con el objetivo de rediseñar y optimizar la cadena de suministro de Brid. La intención es no solo solucionar los problemas actuales, sino también crear una base sólida para un crecimiento sostenible y competitivo a largo plazo. A través de un enfoque sistemático y basado en datos, se busca identificar y seleccionar las mejores alternativas para mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos.

1.3 Justificación

La justificación para este proyecto radica en la necesidad de mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos dentro de la cadena de suministro de Brid. Los altos costos asociados con el mantenimiento de múltiples almacenes regionales, junto con la falta de implementación de metodologías Lean y tecnologías avanzadas, han creado una estructura operativa que no es sostenible a largo plazo. Además, los problemas recurrentes en el transporte de mercancías han afectado negativamente la capacidad de la empresa para cumplir con las expectativas de los clientes.



La optimización de la cadena de suministro es esencial para que Brid pueda mantenerse competitiva en un mercado global cada vez más exigente. Al reducir costos y mejorar la eficiencia, la empresa podrá ofrecer precios más competitivos, mejorar los tiempos de entrega y aumentar la satisfacción del cliente. Estas mejoras no solo beneficiarán a los clientes, sino que también fortalecerán la posición financiera y operativa de Brid, permitiéndole invertir en nuevas tecnologías y expandir su presencia en el mercado.

Además, la implementación de este proyecto tiene el potencial de crear una cultura de mejora continua dentro de la empresa. Al adoptar metodologías Lean y tecnologías avanzadas, Brid puede establecer procesos más ágiles y adaptativos, capaces de responder rápidamente a los cambios en el mercado y las demandas de los clientes. Esta capacidad de adaptación será crucial para el éxito a largo plazo de la empresa en un entorno comercial dinámico.

1.4 Estructura del Documento

El documento se estructurará en varios capítulos, cada uno dedicado a un aspecto específico del proyecto, proporcionando un análisis detallado y una descripción de las soluciones propuestas. A continuación, se presenta un resumen de cada capítulo para facilitar la comprensión del contenido del proyecto.

El primer capítulo estará dedicado a la introducción, donde se explicará el objeto del proyecto, los antecedentes y la justificación del mismo. Este capítulo establecerá el contexto y la necesidad de las mejoras propuestas en la cadena de suministro de Brid.

El segundo capítulo se centrará en el diagnóstico de la situación actual. Aquí se analizarán los problemas específicos identificados en la cadena de suministro, incluyendo los altos costos operativos, los retrasos en el transporte y la falta de metodologías Lean en los almacenes. Se proporcionará una visión detallada de cómo estos problemas afectan la eficiencia y rentabilidad de la empresa.

El tercer capítulo presentará las alternativas de solución propuestas. Se discutirán en detalle las opciones para la consolidación de almacenes, la implementación de metodologías Lean y tecnologías avanzadas, y la mejora de la logística de transporte. Cada alternativa será evaluada en términos de sus costos, beneficios y viabilidad de implementación.

En el cuarto capítulo, se describirá el plan de implementación para las soluciones seleccionadas. Se detallarán los pasos necesarios, los recursos requeridos y los indicadores de éxito para cada alternativa. Este capítulo proporcionará un enfoque práctico y estructurado para llevar a cabo las mejoras propuestas.

Finalmente, el quinto capítulo presentará las conclusiones del proyecto. Se resumirán las principales observaciones y aprendizajes del estudio, destacando las mejoras esperadas en la eficiencia operativa y la reducción de costos. También se discutirán las lecciones aprendidas y las posibles líneas de trabajo futuras para continuar mejorando la cadena de suministro de Brid.



2. Antecedentes teóricos

En este capítulo, se detallarán las metodologías, herramientas y conceptos que se emplearán para abordar y resolver los problemas identificados en la cadena de suministro de Brid. La elección de estas metodologías se fundamenta en la literatura académica y profesional de la gestión de operaciones y la ingeniería industrial.

1. Técnicas de identificación de causa raíz de un problema

Identificar la causa raíz de un problema es crucial para encontrar soluciones efectivas y duraderas. Las técnicas que se van a emplear para la identificación de los problemas son:

- **Análisis de los Cinco Porqués**, Esta técnica simple y eficaz consiste en preguntar "¿Por qué?" cinco veces, o tantas como sea necesario, para profundizar en las causas subyacentes de un problema (Sakichi Toyoda, 1930).
- **Diagrama de Ishikawa**, También conocido como diagrama de causa y efecto, organiza y visualiza las posibles causas de un problema categorizándolas en varias ramas que convergen en el efecto o problema principal (Kaoru Ishikawa, 1943).

2. Reconfiguración de la Red de Almacenes

La reconfiguración de la red de almacenes implica la evaluación y rediseño de la ubicación y función de los almacenes para optimizar la cadena de suministro.

- **Localización de instalaciones**: Estos modelos matemáticos ayudan a determinar las ubicaciones óptimas para los almacenes, minimizando los costos totales de operación y distribución (José Pedro García Sabater, 2024).
- **Simulación de Redes Logísticas**: Utilizar herramientas de simulación para prever el impacto de la reconfiguración en la eficiencia operativa y los tiempos de entrega (Banks, 2009).

3. Metodología Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una filosofía de gestión que se centra en la eliminación de desperdicios y la mejora continua de los procesos de producción. Desarrollada inicialmente por Toyota, esta metodología ha sido ampliamente adoptada en diversas industrias debido a su eficacia en la optimización de operaciones y reducción de costos.

- **5S**: La implementación de la metodología 5S en los almacenes de neumáticos ayudará a organizar y mantener los espacios de trabajo limpios y ordenados, lo que incrementará la eficiencia operativa (José Julio Garcia Sabater, 2024).
- **Kaizen**: El enfoque Kaizen promueve la mejora continua a través de pequeños cambios incrementales. Esta práctica es esencial para mantener una cultura de mejora constante en las operaciones logísticas (José Julio Garcia Sabater, 2024).

4. Sistemas de Gestión de Transporte

Los Sistemas de optimización de son herramientas tecnológicas que facilitan la planificación, ejecución y optimización de los movimientos físicos de mercancías.

- **Introducción al transporte de mercancía**: Utilizar algoritmos para determinar las rutas más eficientes, reduciendo costos de transporte y tiempos de entrega (Simchi-Levi et al., 2007).
- **Logística de aprovisionamiento y distribución**: La logística de aprovisionamiento se encarga de la planificación, implementación y control del flujo de materiales y



productos desde los proveedores hasta la empresa (José Pedro García Sabater, 2024).

- **Programación con Python:** Utilizar esta herramienta de programación para resolver problemas. (José Pedro García Sabater, 2024).

5. Gestión de stock

En la gestión de stock, es fundamental comprender las diversas técnicas y modelos utilizados para optimizar los niveles de inventario y garantizar una operación eficiente.

- **Análisis ABC:** Uno de los métodos más utilizados es el análisis ABC, que categoriza los productos en tres clases (A, B y C) según su importancia relativa en términos de valor de consumo anual. (Chopra & Meindl, 2016).
- **Análisis ABC:** Este libro ofrece una amplia cobertura de la gestión de inventarios, incluyendo el análisis ABC, proporcionando tanto fundamentos teóricos como aplicaciones prácticas. (Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. 1998)
- **Análisis ABC:** Este libro se enfoca en la gestión de inventarios en entornos de demanda fluctuante y cubre herramientas y técnicas como el análisis ABC para mejorar la eficiencia operativa. (Gupta, A. 2013)

7. Programación matemática

La programación matemática es otra herramienta esencial en la optimización de la gestión de inventarios y la planificación de recursos. Utilizando modelos matemáticos, las empresas pueden determinar las políticas óptimas de reabastecimiento y distribución de productos, minimizando los costos asociados y mejorando el servicio al cliente.

- Un recurso valioso en este ámbito es el trabajo de Taha (2017), que ofrece una visión detallada sobre las técnicas y aplicaciones de la programación matemática en operaciones industriales.
- Otro recurso que se ha utilizado es el libro de Linear programming and network flows 4th ed. Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. 2010).
- Por último, (Vanderbei, R. J. 2013).

3. Descripción del entorno del problema

3.1 Introducción

En este capítulo se procede a hacer una descripción de la empresa objeto de estudio. Antes de empezar con la descripción, por motivos de confidencialidad, de ahora en adelante se va a identificar a la empresa con un nombre ficticio, se va a llamar Brid. El objetivo de describir detalladamente la empresa es para tener una visión clara de y panorámica de en qué punto se encuentra la empresa y cuáles son sus aspectos de posible mejora.

Con ese fin, se va a realizar un breve contexto histórico, seguido de una descripción de los productos que ofrece y de los procedimientos que utiliza, para desempeñar todas las funciones de producción y distribución. Sucesivamente, se va a realizar una descripción interna de la organización y se va a describir a las partes interesadas.

Por último, se va a realizar un enfoque sobre los objetivos del problema y se explicará que partes de la empresa se ven afectadas.

3.2 Introducción a la empresa

Brid fundada en Japón en 1931 es una destacada empresa multinacional en el sector de neumáticos. Reconocida a nivel global, ha consolidado una gran reputación dentro de este sector, posicionándose como una de las marcas líder en este. Ofrece una gran variedad de productos que sirven para equipar desde automóviles y camiones hasta maquinaria pesada y aeronaves.

Para conocer más detalladamente la empresa se va a realizar una descripción de la misión, la visión y los valores.

- Misión: la misión es entregar productos y servicios de alta calidad que ayuden a una mejora de la movilidad de las personas y a la mejora de su calidad de vida.
- Visión: la visión ser líder en la industria de neumáticos, y estar comprometidos con la innovación, la tecnología y el servicio al cliente.
- Valores: el compromiso con la calidad, la integridad, la innovación y la responsabilidad social.

Al ser una empresa multinacional, Brid tiene varias fábricas en todo el mundo. El objeto de estudio de este proyecto se va a centrar en la fábrica que se encuentra en España, concretamente en Cantabria. En la siguiente figura, podemos ver la ubicación exacta de dicha fábrica.



Figura 1. Ubicación de la fábrica de Cantabria. Fuente (Maps)

2.2.1 Productos

Brid ofrece una gran variedad de neumáticos, para diferentes tipos de vehículos y a su vez, ofrece una gama de productos relacionados con el caucho.

Los neumáticos producidos se pueden distinguir en función del uso que se le da al vehículo que los utiliza. Podemos clasificarlos en los siguientes tipos:

Neumáticos para vehículos de pasajeros:

- Neumáticos de verano.
- Neumáticos de invierno.
- Neumáticos todo terreno.
- Neumáticos de alto rendimiento.
- Neumáticos para SUV y camionetas.
- Neumáticos de bajo perfil.

Neumáticos para vehículos comerciales:

- Neumáticos para camiones ligeros.
- Neumáticos para camiones medianos y pesados.
- Neumáticos para autobuses y autocares.
- Neumáticos para vehículos de construcción y minería.

Neumáticos especializados:

- Neumáticos agrícolas.
- Neumáticos industriales y de construcción.
- Neumáticos para maquinaria pesada.
- Neumáticos para vehículos especiales (por ejemplo, vehículos militares).

Por otro lado, los productos que fabrica relacionado con el caucho se podrían agrupar en tres tipos:

- Bandas de rodamiento para recauchutado.
- Bandas transportadoras y correas.

- Productos industriales de caucho (por ejemplo, mangueras, juntas, amortiguadores).

En las siguientes figuras se pueden ver algunos de los productos que hemos nombrado anteriormente.



Figura 2. Neumático de uso agrícola. Fuente (Brid)



Figura 3. Neumático para camiones. Fuente (Brid)



Figura 4. Neumáticos para volquetes rígidos.
Fuente (Brid)



Figura 5. Recauchutado. Fuente (Brid)

2.2.2 Proceso productivo

A continuación, se procede a explicar con detalle el proceso productivo con el cuál se consigue la fabricación de los neumáticos. Las etapas de este proceso son las siguientes:

1. Preparación de Materiales:

Primero de todo, se debe tener preparado todo el material necesario para la fabricación del neumático. Los principales materiales que se utilizan son la goma sintética y la goma natural. Son necesarios también compuestos químicos, para dotar al neumático de las características físicas necesarias para su correcto funcionamiento.

2. Mezclado:

En esta etapa, las gomas se mezclan con los compuestos químicos con el uso de máquinas mezcladoras, dónde las variables que se controlan son la temperatura y el tiempo de mezclado. En esta etapa obtenemos el material final con el que se va a fabricar el neumático

3. Extrusión:

Se le da la forma a la carcasa del neumático, añadiendo una capa de nylon en el exterior, para aumentar su resistencia mecánica.

4. Calandrado:

En esta etapa se da forma a la banda de rodadura y a los flancos del neumático, a través de una máquina calandra. También se añade sílice para mejorar la adherencia del neumático, característica fundamental para garantizar seguridad al usuario del vehículo.



Figura 6. Calandra hidráulica. Fuente (Goodyear)

5. Ensamblado del Neumático:

Se ensamblan las carcasas de caucho formadas en la etapa de extrusión, con la banda de rodadura y con los flancos. El conjunto formado se coloca en un moldeo que tiene la forma de la cavidad del neumático.



Figura 7. Máquina de ensamblado de neumáticos. Fuente (GoodYear)

6. Vulcanización:

El neumático es sometido a altas temperaturas y presiones en un molde para unir todas las partes del neumático, este proceso es conocido como vulcanización. Las variables para controlar son la temperatura y la presión, y en esta etapa se le da al neumático propiedades mecánicas necesarias, como la resistencia al desgaste y la durabilidad.

7. Inspección y Pruebas:

Los neumáticos se someten a pruebas de calidad para garantizar la calidad y su buen funcionamiento. Las características necesarias en un neumático son las siguientes: resistencia, tracción, durabilidad y resistencia a la abrasión, entre otras.

8. Acabado y Empaque:

En esta etapa se somete a los neumáticos a procesos de acabado final para darle una apariencia final. En este proceso se incluye el etiquetado y el embalaje.

2.2.3 Clientes y proveedores

Brid es una multinacional que cuenta con clientes en cerca de 150 países de todo el mundo, con presencia en Asia, Europa, América del norte y América del sur.

Los clientes se pueden subdividir en diferentes categorías:

- Fabricantes de vehículos comerciales, donde podemos encontrar prestigiosas marcas como BMW y Toyota, entre otras.
- Empresas de transporte de pasajeros y de servicios de entrega, como pueden ser empresas de autobuses.
- Tiendas de neumáticos independientes, distribuidores y consumidores finales. Estos últimos pueden adquirir los neumáticos tanto en las propias tiendas como a través de los propios distribuidores

Respecto a los proveedores, no se tiene constancia de los nombres, pero se pueden categorizar en dos tipos: las empresas que fabrican los materiales necesarios para la producción de neumáticos, como son la goma natural y sintética, acero, nylon y productos químicos, entre otros. Y las empresas fabricantes de los equipos y máquinas necesarias para realizar todo el proceso de fabricación del neumático.

2.2.4 Organización interna

La empresa presenta una estructura organizativa estándar. Se trata de una subdivisión en diferentes departamentos, y dentro de cada departamento podemos encontrar una jerarquía.

El presente documento va a afectar al departamento de operaciones de la fábrica de Cantabria, concretamente a los procesos relacionados con la cadena de suministro: almacenamiento, transporte y distribución de los neumáticos fabricados.

En la figura 8 se puede encontrar un organigrama estándar específico de una fábrica de producción del sector industrial. Cabe destacar que este organigrama no representa la estructura organizativa de toda la multinacional, sino que es un organigrama específico para la fábrica en la que se va a centrar el proyecto.

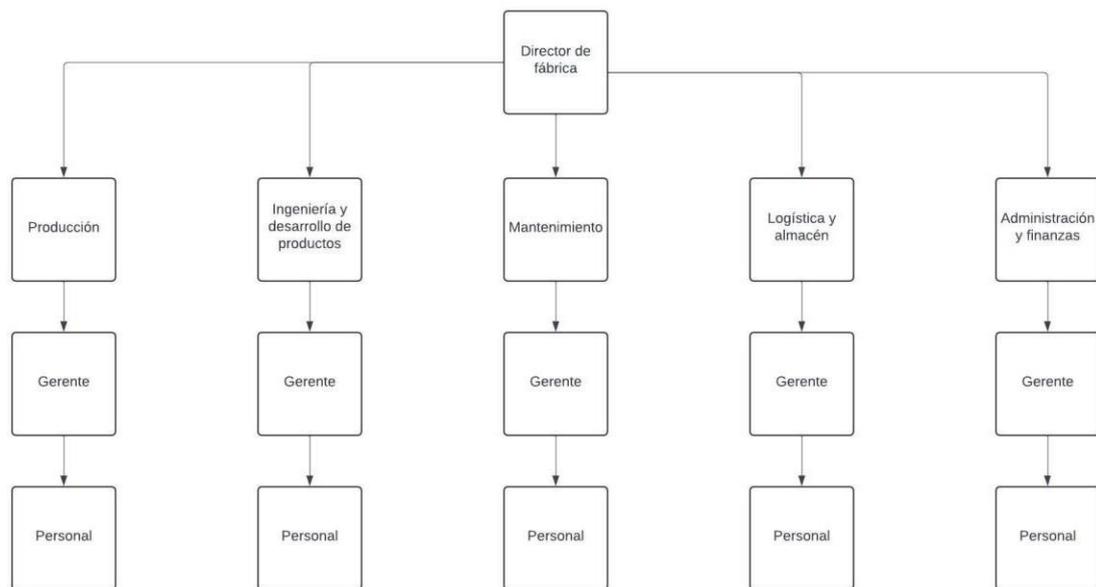


Figura 8. Organigrama Fábrica Cantabria. Fuente (Elaboración propia)

3.3 Objeto del problema

En el actual entorno empresarial, la gestión eficiente de la cadena de suministro se presenta como un componente fundamental para el éxito y la competitividad organizacional. En este contexto, la configuración y mejora de la red de distribución desempeñan un papel crucial al determinar la capacidad de una empresa para atender de manera eficaz y rentable las demandas del mercado. Un diseño de sistema de distribución bien concebido no solo potencia la eficiencia operativa, sino que también ejerce un impacto directo en la satisfacción del cliente y la optimización de los recursos disponibles.

En primer lugar, uno de los problemas que se va a afrontar en este proyecto va a ser la selección estratégica de ubicaciones para almacenes, un factor crucial que influye tanto en los costos logísticos como en la rapidez de entrega. La elección acertada de la ubicación de los centros de almacenamiento no solo implica reducir los costos relacionados con transporte y almacenamiento, sino que también aporta a la agilidad y flexibilidad de la cadena de suministro. En un entorno empresarial, donde la capacidad para responder ágilmente a las demandas del mercado es esencial, la reconfiguración eficiente de la red de distribución se convierte en una tarea crucial para garantizar la viabilidad y la competitividad a largo plazo. Este desafío se presenta como una oportunidad estratégica para las empresas, instándolas a reconsiderar y perfeccionar sus sistemas de distribución para adaptarse a las cambiantes demandas de un mercado en constante evolución.



En segundo lugar, se va a estudiar la capacidad de los almacenes que se han mencionado anteriormente, y teniendo en cuenta los históricos de la demanda de la empresa, y con previsiones de demandas futuras, se va a proponer una serie de cambios en los almacenes, para reducir costos y mejorar la distribución y la organización de los productos dentro de los almacenes, teniendo siempre en cuenta las restricciones impuestas por la propia empresa.

Por último, se va a hacer un estudio de los medios de transporte disponibles para llevar el producto hasta los clientes, intentando así, que la mercancía llegue a su destino de la manera más rápida, más segura y lo más eficiente posible.

Es por eso, que en el presenta documento se va a realizar un análisis exhaustivo de la cadena de suministro actual de la empresa, y se va a plantear una serie de mejoras, tanto a nivel de costos como a nivel de eficiencia, las cuales van a permitir un mejor funcionamiento de la empresa y una mayor satisfacción de los clientes.

3.4 Conclusiones

En conclusión, en este apartado se ha realizado una descripción detallada de la empresa Brid, desde su cultura organizacional hasta su organización interna, pasando por los productos que fábrica y por los procesos de fabricación. Esto va a ayudar a tener una visión mucho más amplia y detallada, para los estudios futuros que se van a realizar.

Una vez se ha descrito la empresa, se ha identificado un ámbito de esta, que es el ámbito de estudio futuro, sobre el cuál se van a proponer una serie de cambios, para conseguir un mejor funcionamiento de la empresa. Este ámbito es el de la cadena de suministro, concretamente la distribución, el almacenamiento y el transporte de los neumáticos fabricados.

Por tanto, se va a realizar una descripción del sistema actual de la cadena de suministro de Brid, y se van a proponer cambios y mejoras, de las cuales se va a estudiar su viabilidad y sus márgenes de mejora con respecto el sistema actual.

4. Análisis de la situación actual

4.1 Introducción

En este capítulo se abordarán los objetivos clave para mejorar la eficiencia y eficacia de la cadena de suministro de Brid.

Primero, se describirán los procesos existentes para proporcionar una visión detallada de las operaciones actuales. Luego, se recopilarán evidencias de los problemas identificados durante la actividad profesional en la empresa, lo que permitirá comprender a fondo los desafíos enfrentados. Finalmente, se valorarán cualitativa y/o cuantitativamente las incidencias observadas, estableciendo una base sólida para implementar mejoras estratégicas en la cadena de suministro.

4.2 Descripción de la cadena de suministro

La estrategia que usa Brid para el suministro de los materiales necesarios para la realización de los neumáticos, se basa en dos factores muy importantes. Estos son la incertidumbre en la demanda y la incertidumbre en el suministro.

La incertidumbre en la demanda es baja debido a la necesidad de los clientes de adquirir neumáticos para el correcto funcionamiento de sus negocios. Es importante destacar que en el entorno donde opera Brid siempre va a haber demanda debido a que es un entorno muy constante y abundante en su actividad. La población presenta una necesidad continua de desplazarse, de comercializar y de alimentarse, que hace que siempre se necesiten neumáticos para vehículos de transporte, vehículos comerciales y vehículos agrícolas. El único decremento en la demanda fue resultado de la crisis de covid, en la cual todo el mundo colapsó durante un año y al año siguiente la demanda volvió a retomar valores previos al COVID.

Respecto a la incertidumbre del suministro, Brid se encuentra en una situación más compleja debido a los numerosos materiales necesarios para la fabricación de neumáticos como el caucho, el metal, el carbono y agentes químicos. La ausencia de uno solo de esos materiales supondría una parada en la producción, y si no se dispone de suficiente material almacenado, podría suponer no llegar a servir como es esperado a los clientes. El suministro de Brid podría verse afectado también por razones externas a la empresa como puede ser problemas de los proveedores de la empresa, huelgas u otros eventos imprevistos. Sin embargo, se puede afirmar que dentro de todos los posibles inconvenientes que puedan surgir, la incertidumbre en la cadena de suministro es media, ya que el proceso de suministro normalmente es estable y, como tal, solo problemas graves deberían conducir a una parada en la producción.

La cadena de suministro de Brid presenta una serie de características las cuales se van a describir a continuación. Esta descripción se puede agrupar en 2 categorías: la funcional y la estructural.

En cuanto a la categoría funcional, se puede destacar que Brid trabaja con varios proveedores con una flexibilidad considerable en los tiempos de entrega y una alta fiabilidad. Los productos que compra, metal, carbón y caucho, presentan una vida de ciclo estable y un tiempo de vida útil largo.

La organización del proceso de producción de los neumáticos es de taller de flujo, en la que el producto pasa de una estación de trabajo a otra de manera secuencial y continua. El producto es muy cambiante, ya que se fabrica muchos tipos de neumáticos para diferentes tipos de vehículos. Los cuellos de botella en la producción pueden aparecer cuando la fábrica se encuentra trabajando a más de un 95% de capacidad, o cuando hay un error de aproximadamente un 50%

en la previsión de la demanda. Estos factores pueden provocar unos niveles de servicio bajos, por tanto, hay que intentar prevenirlos.

En cuanto a la distribución, en la cual se profundizará posteriormente, se basa en la localización de almacenes regionales en las diferentes regiones donde opera Brid, desde los cuales se envía los pedidos a los clientes a través de diferentes tipos de transporte. Estos almacenes regionales y el transporte del producto hasta el cliente final están gestionados por empresas logísticas externas.

Respecto a la categoría estructural, Brid se puede considerar como una empresa que utiliza la coordinación vertical para vigilar y dirigir la cadena de suministro, sin embargo, el flujo de información puede considerarse horizontal. Esta información puede ir desde una orden de pedido hasta temas de transporte.

En la siguiente figura se puede ver un diagrama de procesos de la cadena de suministro de Brid.

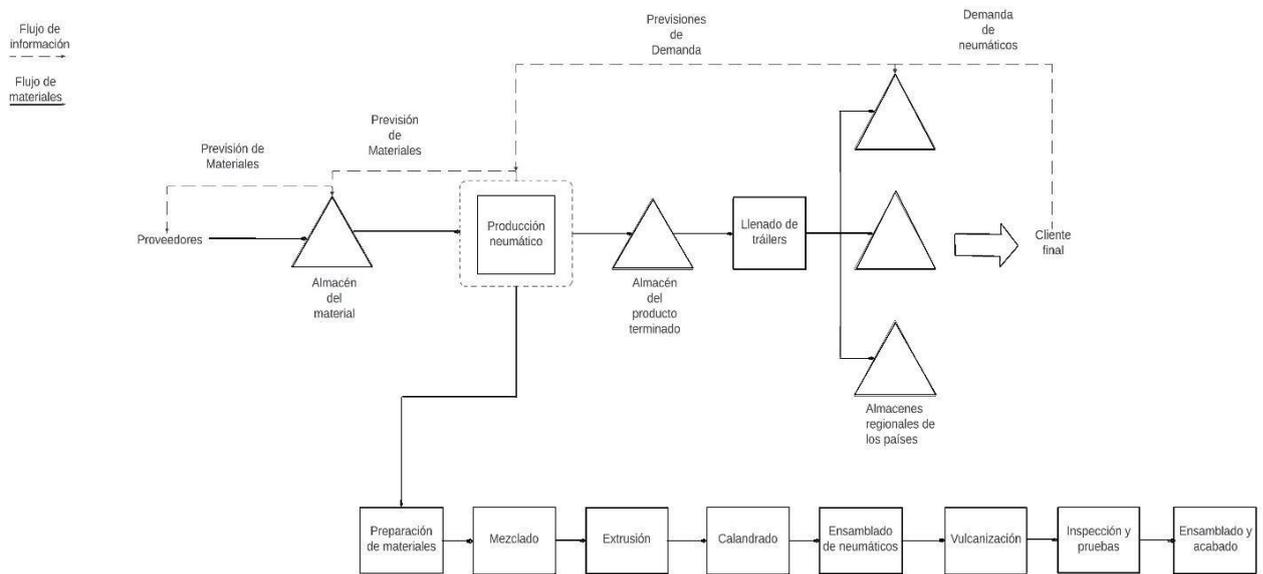


Figura 9. Diagrama cadena de suministro. Fuente (Elaboración propia)

La empresa Brid actualmente tiene un almacén regional en cada en cada país en el que opera, es decir, un total de 22 almacenes, todos ellos son suministrados desde la fábrica de Cantabria. Cada almacén tiene una capacidad de almacenamiento de 10.000 unidades. El abastecimiento de estos almacenes se realiza con tráiler a un nivel de llenado de 80% y de ahí se sirven los pedidos con miniván, con un nivel de llenado aproximadamente del 60%. Un tráiler tiene una capacidad de 100 metros cúbicos y cuesta 1,60€/km en carga. Por otro lado, el miniván tiene una capacidad de 30 metros cúbicos y cuesta 2,00€/km en carga.

Con toda esta información, se ha calculado el coste de abastecer toda la demanda del año 2022, datos proporcionados por la empresa. Lo primero que se ha realizado es calcular las distancias desde la fábrica de Santander a cada uno de los almacenes regionales de la empresa. Al no tener la información exacta de la ubicación de los almacenes dentro de cada país, hemos cogido como referencia el punto medio de cada país. Estas distancias se pueden ver en la siguiente tabla:

País	Austria	Belgium	Bulgaria	Czech Republic	Denmark	Finland	France	Germany	Great Britain	
Distancia (Km)	2028	1358	2913	2120	2241	3927	804	1849	1891	
País	Hungary	Ireland	Italy	Latvia	Lithuania	Netherlands	Poland	Portugal	Romania	Slovakia
Distancia (Km)	2399	2254	1806	3305	3097	1564	2500	639	3010	2491
País	Spain	Sweden	Switzerland							
Distancia (Km)	560	2593	1471							

Tabla 1. Distancias desde a la fábrica a los almacenes regionales. Fuente (Elaboración propia)

Por otro lado, tenemos la demanda de cada país en el año 2022, que es la siguiente:

País	Austria	Belgium	Bulgaria	Czech Republic	Denmark	Finland	France	Germany	Great Britain	
Demanda (uds)	12582	26072	526	3385	982	1553	32903	51379	28816	
País	Hungary	Ireland	Italy	Latvia	Lithuania	Netherlands	Poland	Portugal	Romania	Slovakia
Demanda (uds)	1023	5810	24690	1198	729	1809	7238	558	1042	1634
País	Spain	Sweden	Switzerland							
Demanda (uds)	14591	370	1843							

Tabla 2. Demanda del año 2022 de cada país. Fuente (Elaboración propia)

Con la demanda de cada país, se va a realizar una media del volumen de los neumáticos demandados por el cliente, los volúmenes de los neumáticos producidos son de 1,5 m³, 0,6 m³ y 0,3 m³; por tanto, se ha elegido un volumen medio de 1,1 m³. Con este volumen y sabiendo que el volumen del tráiler es de 100 m³ y permite un llenado del 80%, podemos calcular el número de viajes que hay que realizar a cada país para abastecer la demanda, y por consiguiente el coste de transportar toda la mercancía desde Cantabria a cada almacén regional.

Para saber el coste total del transporte hay que añadir al coste anterior, el coste de llevar los productos desde los almacenes regionales hasta el cliente final. Este transporte, como se ha dicho anteriormente se realiza con un miniván que tiene una capacidad de 30 metros cúbicos y cuesta 2,00€/km en carga. Al no tener la distancia exacta que hay que recorrer en cada país para llegar al cliente final, se ha supuesto una distancia media que hay que recorrer en cada país dependiendo de la extensión de cada uno. Con el volumen del miniván y el volumen medio de los neumáticos, se ha calculado el número de viajes necesarios para llegar al cliente final.

Se ha sumado los dos costes de transporte, los del miniván y los del tráiler, para saber el coste total estimado de la distribución del año 2022 con el sistema actual de la empresa. Este coste lo podemos ver en la siguiente tabla:

País	Austria	Belgium	Bulgaria	Czech Republic	Denmark	Finland	France	Germany	Great Britain	
Coste (€)	805.013,20	1.087.750,00	193.878,40	353.300,00	209.756,40	325.099,20	1.432.756,80	3.202.416,00	1.675.021,20	
País	Hungary	Ireland	Italy	Latvia	Lithuania	Netherlands	Poland	Portugal	Romania	Slovakia
Coste (€)	214.107,60	491.677,20	1.651.411,20	250.696,00	205.096,00	223.144,00	683.696,00	164.843,20	231.914,00	249.051,20
País	Spain	Sweden	Switzerland							
Coste (€)	640.556,00	177.276,00	220.280,00							

Tabla 3. Coste del transporte a los almacenes de los respectivos países. Fuente (Elaboración propia)

Con un coste total de **14.688.739,60 €**.

Por otro lado, se va a realizar una pequeña descripción de los almacenes de Brid. Estos almacenes están diseñados para almacenar en ellos grandes cantidades de neumáticos de manera eficiente y precisa. Estos espacios cuentan con avanzados sistemas de gestión de almacenes (WMS), permitiendo un seguimiento detallado del inventario y la optimización del espacio disponible. Desde la llegada de los neumáticos al almacén, cada unidad es registrada y escaneada mediante códigos de barras, garantizando la visibilidad completa de la ubicación y el estado de los productos. Además, algunos almacenes incorporan tecnología automatizada, como sistemas de transporte y robots, para mejorar la eficiencia y reducir los errores.

La ubicación estratégica de estos almacenes es fundamental para las operaciones de Brid. Al situarlos cerca de centros de distribución clave y mercados importantes, la empresa logra minimizar los tiempos de entrega y reducir los costos de transporte. Estos almacenes no solo almacenan neumáticos, sino que también actúan como centros de distribución, enviando productos a distribuidores, minoristas y clientes finales. La seguridad en estos espacios es prioritaria, con sistemas avanzados de vigilancia, control de acceso y medidas contra incendios, protegiendo tanto los productos como al personal. Con estas estrategias, Brid asegura que sus neumáticos lleguen a los clientes de manera oportuna y en perfectas condiciones.

3.3 Análisis de las incidencias observadas

Para identificar y analizar las causas del problema principal, que se considera que es el de sobre stock y elevados costos, hemos empleado un diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto. Este método ha permitido desglosar el problema en sus componentes principales, categorizando las causas en personas, métodos, máquinas, entorno y mediciones. Dentro de estas categorías, se han identificado problemas específicos como altos costos operativos debido al mantenimiento de múltiples almacenes, retrasos en el transporte por factores externos y la falta de implementación de metodologías Lean. Este enfoque estructurado ha proporcionado una comprensión clara y detallada de las diferentes causas que contribuyen a uno de los principales problemas, facilitando la identificación de áreas clave que requieren atención. En la siguiente figura se puede ver el diagrama Ishikawa mencionado anteriormente.

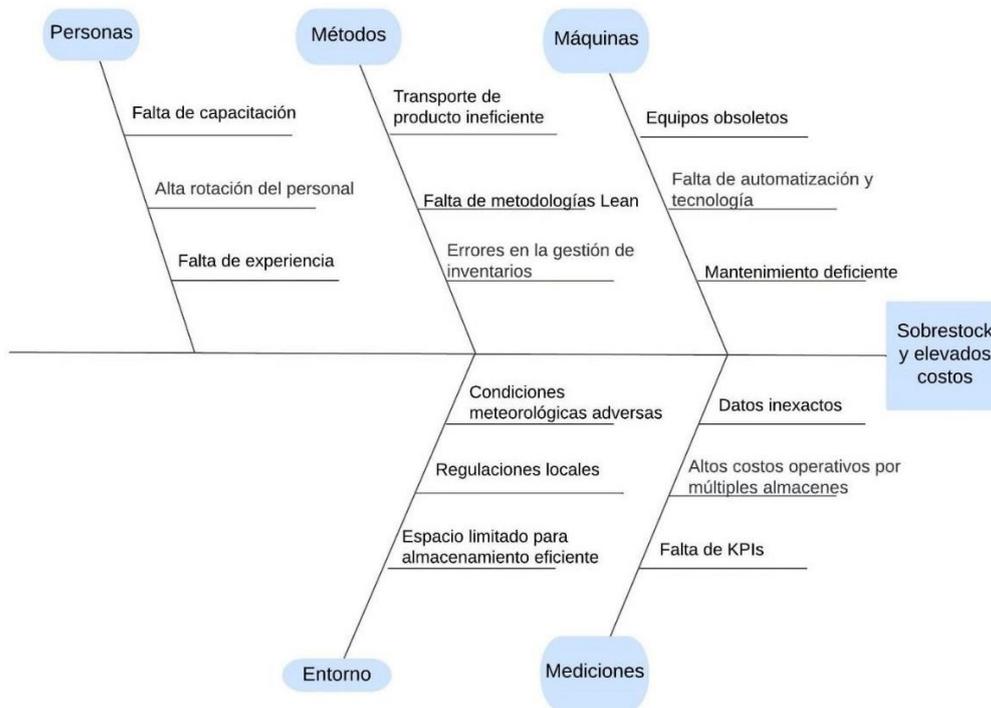


Figura 10. Diagrama Ishikawa. Fuente (Elaboración propia)

Sucesivamente, se va a analizar con más detalles los subproblemas mencionados anteriormente para buscar una solución a estos, y así poder mitigar de alguna manera el problema principal.

Tener numerosos almacenes, aunque puede parecer una ventaja estratégica para cubrir diversas regiones, también conlleva varios problemas significativos. El mantenimiento de múltiples instalaciones incrementa los costos operativos, incluyendo alquiler o compra de terrenos, salarios del personal y mantenimiento de infraestructuras. Además, coordinar y gestionar inventarios entre varios almacenes puede ser difícil y puede llevar a cometer errores, lo que podría llevar a excesos o faltantes de stock en diferentes ubicaciones. Estos problemas de inventario pueden resultar en tiempos de espera prolongados para los clientes o la necesidad de transferir productos entre almacenes, lo que aumenta aún más los costos y complica la logística. Por otro lado, si quisiésemos disminuir el número de almacenes, esto podría afectar el nivel de servicio, especialmente para aquellos clientes que esperan entregas en menos de 24 horas. Mientras que los clientes en áreas cercanas a los almacenes podrían no notar una diferencia significativa, aquellos en regiones más alejadas podrían experimentar aumentos en los tiempos de entrega. Es crucial muy importante dividir a los clientes según sus necesidades de servicio y ajustar las estrategias logísticas para minimizar el impacto.

La automatización y la tecnología avanzada dentro de los almacenes es fundamental para mejorar la eficiencia y reducir costos, como robots de almacenamiento y sistemas de gestión de inventarios mejorados, pueden optimizar el uso del espacio y reducir la necesidad de personal. Por otro lado, hay que tener en cuenta el mantenimiento continuo de estos sistemas automatizados, lo cual también representa un costo adicional. Reorganizar los procesos internos para eliminar cuellos de botella y mejorar el flujo de trabajo dentro de los almacenes puede tener un gran beneficio.

El transporte es una parte muy importante en la cadena de suministro de Brid. Dependiendo de empresas logísticas externas para la distribución, Brid puede enfrentar problemas de control

y coordinación. Los retrasos en el transporte pueden ocurrir debido a diversos factores como el tráfico, las condiciones meteorológicas, o problemas internos de los proveedores de servicios logísticos. Los retrasos en el transporte afectan tanto a la entrega oportuna de productos a los clientes, como a los costos operativos, ya que pueden suponer un aumento de estos debido a la necesidad de almacenamiento temporal y la gestión de inventarios en tránsito. También es un aspecto fundamental como se transporta el producto, y si hay alguna manera de optimizar este transporte, pudiendo enviar más material en un solo viaje.

Se ha realizado la técnica de los 5 porqués, para cada uno de los problemas observados para tener una visión más clara de estos, y así poder abordar su solución de una manera más eficaz y coherente.

Número de almacenes:

Preguntas	Respuestas
1. ¿Por qué hay altos costos operativos debido al mantenimiento de múltiples almacenes?	Porque mantener varias instalaciones implica gastos significativos en alquiler, salarios, utilidades y mantenimiento de infraestructura.
2. ¿Por qué mantener varias instalaciones implica gastos significativos en alquiler, salarios, utilidades y mantenimiento de infraestructura?	Porque cada almacén necesita personal, servicios públicos, equipos y espacio físico, lo cual se multiplica con el número de almacenes.
3. ¿Por qué cada almacén necesita personal, servicios públicos, equipos y espacio físico?	Porque se requiere personal para gestionar operaciones, servicios públicos para el funcionamiento diario, equipos para la logística y espacio físico para almacenar productos.
4. ¿Por qué se requiere personal para gestionar operaciones, servicios públicos para el funcionamiento diario, equipos para la logística y espacio físico para almacenar productos?	Porque sin estos recursos, los almacenes no pueden operar de manera eficiente ni manejar el inventario adecuadamente.
5. ¿Por qué sin estos recursos, los almacenes no pueden operar de manera eficiente ni manejar el inventario adecuadamente?	Porque los procesos logísticos y de gestión de inventario dependen críticamente de recursos humanos y materiales para funcionar correctamente.

Tabla 4. 5 porqués del número de almacenes. Fuente (Elaboración propia)



Falta de implementaciones Lean en los almacenes:

Preguntas	Respuestas
1. ¿Por qué no se han implementado principios Lean en los almacenes de neumáticos?	Porque la empresa no ha priorizado la adopción de metodologías Lean en sus operaciones de almacenamiento.
2. ¿Por qué la empresa no ha priorizado la adopción de metodologías Lean en sus operaciones de almacenamiento?	Porque los gerentes pueden no estar completamente informados sobre los beneficios y el impacto positivo que estas metodologías pueden tener en la eficiencia y la reducción de costos.
3. ¿Por qué los gerentes no están completamente informados sobre los beneficios y el impacto positivo de las metodologías Lean?	Porque no ha habido suficiente formación y capacitación en Lean dentro de la organización.
4. ¿Por qué no ha habido suficiente formación y capacitación en Lean dentro de la organización?	Porque los recursos y el tiempo para capacitación en Lean han sido limitados o asignados a otras prioridades percibidas como más urgentes.
5. ¿Por qué los recursos y el tiempo para capacitación en Lean han sido limitados o asignados a otras prioridades?	Porque la empresa puede estar enfocada en resolver problemas inmediatos y operativos, sin una visión estratégica a largo plazo para mejorar la eficiencia y eliminar desperdicios.

Tabla 5. 5 porqués en la implementación. Fuente (Elaboración propia)



Problemas en el transporte de la mercancía:

Preguntas	Respuestas
1. ¿Por qué no se optimiza la mercancía en los transportes de los neumáticos a los almacenes y a los clientes?	Porque no se utiliza un sistema avanzado de gestión de transporte que optimice las rutas y la carga de los vehículos.
2. ¿Por qué no se utiliza un sistema avanzado de gestión de transporte que optimice las rutas y la carga de los vehículos?	Porque la empresa no ha invertido en la tecnología necesaria para implementar un sistema de gestión de transporte avanzado.
3. ¿Por qué la empresa no ha invertido en la tecnología necesaria para implementar un sistema de gestión de transporte avanzado?	Porque se percibe que la inversión inicial es alta y los beneficios no han sido claramente demostrados o cuantificados para justificar el gasto.
4. ¿Por qué se percibe que la inversión inicial es alta y los beneficios no han sido claramente demostrados o cuantificados para justificar el gasto?	Porque no se ha realizado un análisis exhaustivo de costos y beneficios que muestre el retorno de inversión y las mejoras en eficiencia que un sistema de gestión de transporte podría proporcionar.
5. ¿Por qué no se ha realizado un análisis exhaustivo de costos y beneficios que muestre el retorno de inversión y las mejoras en eficiencia?	Porque la empresa no ha asignado recursos para llevar a cabo un estudio detallado y estratégico sobre la optimización del transporte, enfocándose en cambio en soluciones a corto plazo y problemas operativos inmediatos.

Tabla 6. 5 porqués en el transporte de la mercancía. Fuente (Elaboración propia)

4.4 Conclusiones

En el análisis de la situación actual de la cadena de suministro de Brid, se ha identificado una estructura compleja que depende de varios almacenes regionales para distribuir neumáticos a diferentes partes de Europa. Esta estrategia de tener numerosos almacenes tiene sus ventajas en términos de proximidad a los mercados clave, pero también implica altos costos operativos. Los gastos asociados con el mantenimiento de múltiples instalaciones, incluidos alquileres, salarios, y servicios públicos, aumentan significativamente los costos. Además, coordinar inventarios entre varios almacenes puede ser desafiante y propenso a errores, lo que podría resultar en problemas de stock y mayores costos logísticos.

Por otro lado, los almacenes de Brid se beneficiarían enormemente de la implementación de metodologías Lean y de tecnologías avanzadas. La automatización, mediante el uso de robots y sistemas de gestión de inventarios mejorados, podría optimizar el uso del espacio y reducir la necesidad de personal. Sin embargo, la inversión inicial en estas tecnologías es alta y requiere una adaptación gradual que podría afectar temporalmente la productividad. A pesar de los costos adicionales de mantenimiento de estos sistemas automatizados, los beneficios a largo plazo en términos de eficiencia y reducción de errores justificarían la inversión. Además, reorganizar los procesos internos para eliminar cuellos de botella y mejorar el flujo de trabajo dentro de los almacenes es crucial para lograr una operación más eficiente.



El transporte es otro aspecto crítico en la cadena de suministro de Brid, donde la dependencia de empresas logísticas externas presenta desafíos de control y coordinación. Los retrasos en el transporte debido a factores como el tráfico, las condiciones meteorológicas, o problemas con los proveedores de servicios logísticos, afectan la entrega oportuna a los clientes y aumentan los costos operativos. La falta de optimización en la carga y las rutas de los vehículos de transporte también contribuye a la ineficiencia. Implementar un sistema avanzado de gestión de transporte podría optimizar las rutas y la carga de los vehículos, reduciendo costos y mejorando el control sobre las operaciones logísticas. No obstante, esto requiere una inversión significativa y un análisis exhaustivo de los beneficios y costos para asegurar un retorno de inversión positivo.

5. Identificación y selección de las diferentes alternativas en los procesos

5.1 Introducción

En este apartado se va a identificar diferentes alternativas para rediseñar los procesos en la cadena de suministro de Brid, con el objetivo de mitigar los problemas descritos en el apartado anterior. Entre los problemas detectados se encuentran los altos costos debido al mantenimiento de numerosos almacenes, la falta de implementación de metodologías Lean y tecnologías avanzadas, y los problemas en el transporte de mercancías. Cada uno de estos problemas necesita soluciones que puedan implementarse de manera efectiva para lograr mejoras notables para la empresa.

Se va a proponer una serie de alternativas para cada uno de los problemas identificados, y posteriormente, cada una de ellas será evaluada en términos de sus costes y viabilidad de implementación, con el objetivo de seleccionar las opciones más adecuadas.

Con este proceso se pretende que Brid fortalezca su cadena de suministro y así pueda mantener su posición de liderazgo en el mercado.

5.2 Alternativas propuestas para los almacenes de la cadena de suministro

Como se ha comentado anteriormente, el mantenimiento de múltiples almacenes aumenta significativamente los costos operativos, incluidos alquileres, salarios y servicios públicos. Teniendo en cuenta esto, y siempre pensando en cumplir con el nivel de servicio del cliente, y en menos de 24 horas, se propone una serie de alternativas, que posteriormente se van a evaluar en base a unos criterios definidos, para elegir la mejor alternativa.

Alternativas	Descripción
Consolidación de almacenes.	Reducir el número de almacenes regionales consolidando operaciones en menos ubicaciones estratégicas.
Subcontratación de almacenes.	Utilizar almacenes de terceros para reducir costos de mantenimiento y operativos.
Optimización del espacio en los almacenes existentes.	Implementar soluciones de almacenamiento vertical y tecnología para maximizar el uso del espacio disponible.

Tabla 7. Alternativas propuestas para el problema de los almacenes. Fuente (Elaboración propia)

Cada alternativa presenta una serie de ventajas y desventajas, las cuales hay que tener en cuenta a la hora de elegir cual es la alternativa que mejor se adapte a los objetivos y estrategias de la empresa.

Alternativas	Ventajas	Desventajas
Consolidación de almacenes	Reducción de costos operativos	Posibles aumentos en los tiempos de entrega en áreas alejadas de los almacenes consolidados.
	Mayor eficiencia en la gestión de inventarios	Dificultad en mantener un nivel de servicio al cliente en menos de 24 horas
Subcontratación de almacenes	Reducción de costos operativos, debido principalmente a la reducción del precio de los alquileres de los almacenes	Menor control sobre las operaciones
	Flexibilidad en la gestión de inventarios	La calidad del servicio
Optimización del espacio existente	Mejora la capacidad de almacenamiento sin necesidad de nuevas instalaciones	Alta inversión inicial en tecnología
	Reducción de costos de alquiler	Alta inversión inicial para la reestructuración de almacenes

Tabla 8. Ventajas y desventajas de las posibles soluciones. Fuente (Elaboración propia)

Teniendo todo esto en cuenta, se ha propuesto una serie de criterios con los cuales se va a realizar una evaluación a cada alternativa, y a través de un AHP (Analytic Hierarchy Process) se va a elegir la mejor alternativa.

Criterios propuestos:

- Costos operativos.
- Eficiencia en la gestión de inventarios.
- Control y calidad del servicio.
- Impacto en los tiempos de entrega.
- Flexibilidad y escalabilidad.
- Inversión Inicial y retorno de Inversión (ROI).

Una vez tenemos todos los factores definidos, se procede a elegir la mejor alternativa respecto a los criterios elegidos para evaluarlas.

Como se ha comentado anteriormente, se va a hacer uso del método del AHP para la elección de la alternativa. El Proceso de AHP, es un método de toma de decisiones desarrollado por Thomas L. Saaty (Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill). Este método se utiliza para evaluar y priorizar diferentes alternativas basándose en múltiples criterios. AHP descompone un problema complejo en una jerarquía de decisiones, permitiendo que los decisores comparen los elementos de cada nivel de

la jerarquía en términos de su importancia relativa. Los pasos fundamentales del AHP son los siguientes:

- **Definición del Problema y Jerarquización:**

El problema se estructura en una jerarquía de decisiones que incluye el objetivo principal, los criterios y las alternativas.

- **Comparaciones Pares:**

Los elementos de cada nivel de la jerarquía se comparan entre sí en pares en función de su contribución al elemento superior. Esto se realiza utilizando una escala de valores numéricos.

- **Matriz de Comparación y Cálculo de Pesos:**

Las comparaciones pares se organizan en matrices, y se calculan los pesos de los elementos mediante métodos matemáticos. Estos pesos reflejan la importancia relativa de cada elemento.

- **Síntesis de Resultados:**

Los pesos calculados se utilizan para evaluar las alternativas en función de cada criterio, y se combinan para obtener una puntuación global para cada alternativa.

- **Consistencia:**

Se verifica la consistencia de las comparaciones para asegurar que las decisiones sean razonables y coherentes.

Se ha utilizado la herramienta de Superdecision, la cual una vez introduces en ella los criterios, las alternativas, y la comparación de las alternativas respecto a los criterios, realiza los cálculos de los pesos de cada alternativa y de cada criterio. Con estos pesos, se elige la alternativa que tenga mayor peso, ya que es la mejor alternativa.

En este caso, se ha determinado que todos los criterios de evaluación son igual de importantes. Para evaluar las alternativas, con la ayuda de experto de la empresa Brid, se ha utilizado el método de Saaty, asegurando una evaluación rigurosa y sistemática de cada opción.

En la siguiente figura se puede ver los criterios y las alternativas de este caso, introducidos en la herramienta Superdecision.

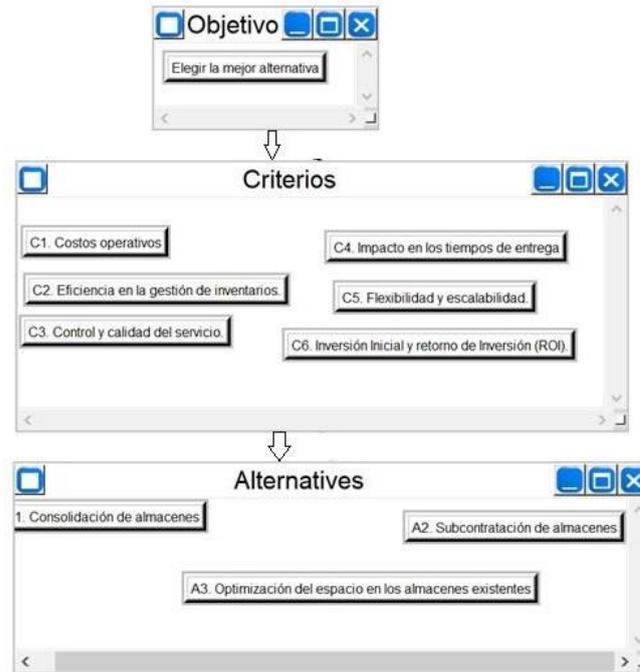


Figura 11. Criterios y alternativas en Superdecision. Fuente (Elaboración propia)

Como se ha comentado anteriormente, se introduce todos los datos en la herramienta, con las comparaciones entre alternativas con respecto a cada criterio incluidas, las cuales se pueden ver en las siguientes tablas.

Costos Operativos

	A1. Consolidación de almacenes	A2. Subcontratación de almacenes	A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes
A1. Consolidación de almacenes	1	2	3
A2. Subcontratación de almacenes	0,50	1	2
A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes	0,33	0,5	1

Tabla 9. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Eficiencia

	A1. Consolidación de almacenes	A2. Subcontratación de almacenes	A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes
A1. Consolidación de almacenes	1	4	1
A2. Subcontratación de almacenes	0,25	1	4
A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes	1,00	0,25	1

Tabla 10. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Control y calidad del servicio

	A1. Consolidación de almacenes	A2. Subcontratación de almacenes	A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes
A1. Consolidación de almacenes	1	1	1
A2. Subcontratación de almacenes	1	1	1
A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes	1	1	1

Tabla 11. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Impacto en los tiempos de entrega

	A1. Consolidación de almacenes	A2. Subcontratación de almacenes	A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes
A1. Consolidación de almacenes	1	0,50	0,5
A2. Subcontratación de almacenes	2,00	1	1
A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes	2,00	1	1

Tabla 12. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Flexibilidad y escalabilidad

	A1. Consolidación de almacenes	A2. Subcontratación de almacenes	A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes
A1. Consolidación de almacenes	1	3	1
A2. Subcontratación de almacenes	0,50	1	0,33
A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes	1,00	3	1

Tabla 13. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Inversión inicial y retorno de inversión

	A1. Consolidación de almacenes	A2. Subcontratación de almacenes	A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes
A1. Consolidación de almacenes	1	3	3
A2. Subcontratación de almacenes	0,33	1	1
A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes	0,33	1	1

Tabla 14. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Cabe destacar que se ha realizado la evaluación de la consistencia de todas las matrices, siendo esta inferior al límite permitido, 5%, en cada una de ellas.

Una vez se han introducido las matrices de comparaciones, Superdecision te devuelve el resultado del método, con los pesos calculados de cada alternativa. En la siguiente tabla podemos ver el peso de cada alternativa.

Nombre	Ideales	Normales
A1. Consolidación de almacenes	1,00	0,43
A2. Subcontratación de almacenes	0,65	0,28
A3. Optimización del espacio en los almacenes existentes	0,66	0,29

Tabla 15. Peso de las alternativas. Fuente (Elaboración propia)

Como se puede observar, la alternativa con más peso, y por tanto la alternativa elegida para la resolución del problema de él número de almacenes, es la de la consolidación de almacenes.

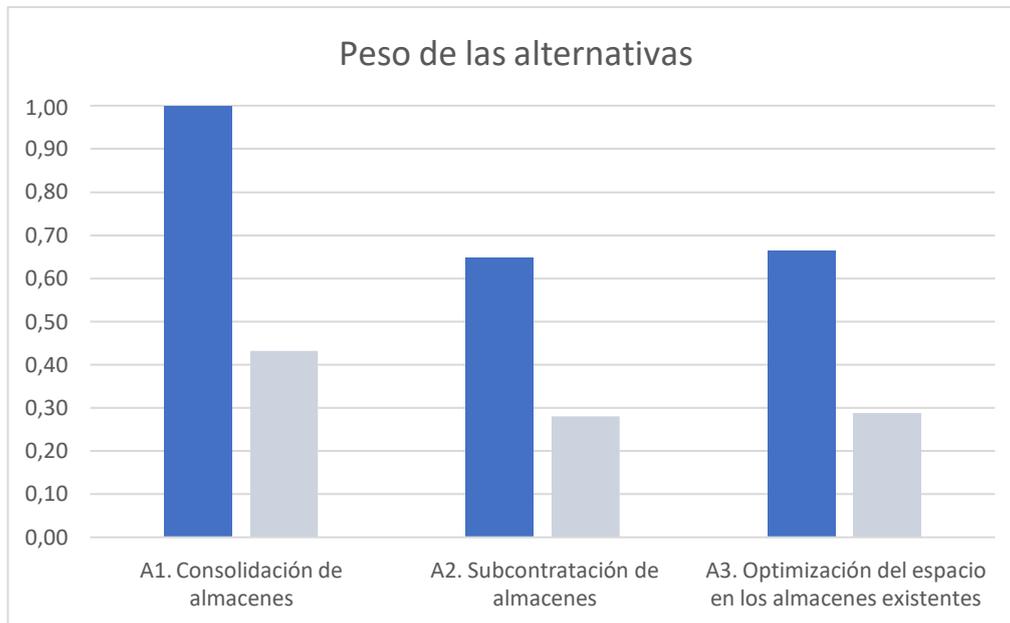


Figura 12. Peso ideales y normales de las alternativas Fuente (Elaboración propia)

5.3 Alternativas propuestas para la gestión de la calidad los almacenes

Como se ha visto anteriormente, los almacenes de Brid no están optimizados con metodologías Lean ni tecnologías avanzadas, lo que reduce la eficiencia y aumenta los costos. Se propone una serie de alternativas para solventar este problema y reducir costes y mejorar los procesos que se realizan dentro de los almacenes.

Alternativas	Descripción
Implementación de Metodologías Lean	Capacitar al personal y rediseñar procesos para eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia.
Automatización de Almacenes	Introducir robots de almacenamiento y sistemas de gestión de inventarios automatizados.
Reorganización de Procesos Internos	Rediseñar el flujo de trabajo dentro de los almacenes para eliminar cuellos de botella y mejorar el flujo de materiales.

Tabla 16. Alternativas para el problema en los almacenes. Fuente (Elaboración propia)

Se va a identificar, como se ha hecho anteriormente, las ventajas y las desventajas de cada alternativa.

Alternativas	Ventajas	Desventajas
Implementación de Metodologías Lean	Reducción de costos a largo plazo	Necesidad de inversión en formación
	Mejora de la productividad y calidad	Posiblemente sea necesario un cambio en la cultura organizacional
Automatización de Almacenes	Aumento de la eficiencia operativa	Alta inversión inicial
	Reducción de errores y costos de personal	Mantenimiento y posibles problemas técnicos durante la implementación
Reorganización de Procesos Internos	Mejora de la eficiencia	Posiblemente sea necesario interrumpir temporalmente las operaciones durante la reorganización
	Reducción de tiempos de procesamiento	

Tabla 17. Ventajas y desventajas de las posibles soluciones. Fuente (Elaboración propia)

Como se ha realizado para el anterior problema, se ha propuesta una serie de criterios con los cuales se va a realizar una evaluación a cada alternativa, y a través de un AHP se va a elegir la mejor alternativa. Los criterios propuestos son los siguientes:

- Costos operativos.
- Eficiencia y productividad.
- Impacto en la cultura organizacional.
- Inversión inicial y retorno de la inversión (ROI).
- Facilidad de implementación.
- Sostenibilidad a largo plazo.

Se ha realizado el mismo procedimiento que el caso anterior, para evaluar que alternativa se va a elegir para resolver el problema en cuestión.

En la siguiente figura vemos los criterios y las alternativas introducidos en Superdecision:

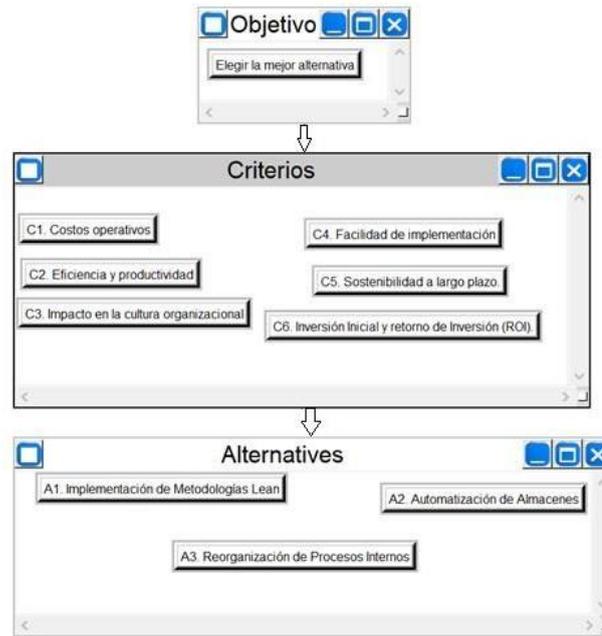


Figura 13. Criterios y alternativas en Superdecision. Fuente (Elaboración propia)

Sucesivamente tenemos las matrices de comparaciones de las alternativas respecto a cada criterio.

Costos operativos

	A1. Implementación de Metodologías Lean	A2. Automatización de Almacenes	A3. Reorganización de Procesos Internos
A1. Implementación de Metodologías Lean	1	2	2
A2. Automatización de Almacenes	0,5	1	2
A3. Reorganización de Procesos Internos	0,5	0,5	1

Tabla 18. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Eficiencia y productividad

	A1. Implementación de Metodologías Lean	A2. Automatización de Almacenes	A3. Reorganización de Procesos Internos
A1. Implementación de Metodologías Lean	1	3	2
A2. Automatización de Almacenes	0,33	1	1
A3. Reorganización de Procesos Internos	0,5	1	1

Tabla 19. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)
Impacto en la cultura organizacional

	A1. Implementación de Metodologías Lean	A2. Automatización de Almacenes	A3. Reorganización de Procesos Internos
A1. Implementación de Metodologías Lean	1	2	1
A2. Automatización de Almacenes	0,5	1	1
A3. Reorganización de Procesos Internos	1	1	1

Tabla 20. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)
Inversión inicial y retorno de la inversión (ROI)

	A1. Implementación de Metodologías Lean	A2. Automatización de Almacenes	A3. Reorganización de Procesos Internos
A1. Implementación de Metodologías Lean	1	2	1
A2. Automatización de Almacenes	0,5	1	2
A3. Reorganización de Procesos Internos	1	0,5	1

Tabla 21. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Facilidad de implementación

	A1. Implementación de Metodologías Lean	A2. Automatización de Almacenes	A3. Reorganización de Procesos Internos
A1. Implementación de Metodologías Lean	1	5	2
A2. Automatización de Almacenes	0,20	1	0,33
A3. Reorganización de Procesos Internos	0,5	3	1

Tabla 22. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Sostenibilidad a largo plazo

	A1. Implementación de Metodologías Lean	A2. Automatización de Almacenes	A3. Reorganización de Procesos Internos
A1. Implementación de Metodologías Lean	1	2	2
A2. Automatización de Almacenes	0,5	1	2
A3. Reorganización de Procesos Internos	0,5	0,5	1

Tabla 23. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Cabe destacar que se ha realizado la evaluación de la consistencia de todas las matrices, siendo esta inferior al límite permitido, 5%, en cada una de ellas.

Y finalmente, se puede ver los resultados de los pesos calculados de cada alternativa.

Nombres	Ideales	Normales
A1. Implementación de Metodologías Lean	1,00	0,49
A2. Automatización de Almacenes	0,45	0,22
A3. Reorganización de Procesos Internos	0,55	0,29

Tabla 24. Pesos de las alternativas. Fuente (Elaboración propia)

Con estos resultados se puede ver como la alternativa de implementar metodologías lean en los almacenes es la que más peso tiene, y por tanto la elegida.

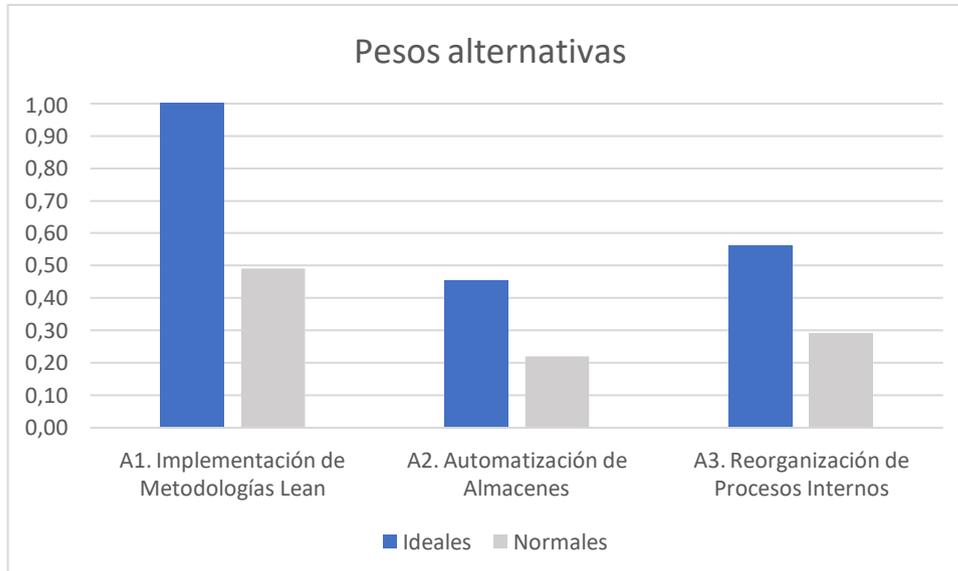


Figura 14. Pesos ideales y normales de las alternativas. Fuente (Elaboración propia)

5.4 Alternativas propuestas para el transporte de los productos

Para resolver el problema de la falta de optimización en la carga y las rutas de transporte, lo cual genera ineficiencias y aumentan los costos operativos, se ha propuesto las siguientes alternativas de resolución.

Alternativas	Descripción
Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	Optimizar las rutas y la carga de los vehículos.
Desarrollo de un sistema de transporte propio.	Crear y gestionar una flota interna para tener mayor control sobre las operaciones de transporte.
Colaboración con empresas logísticas.	Establecer acuerdos estratégicos con empresas logísticas para mejorar la coordinación y optimización del transporte.

Tabla 25. Alternativas propuestas para el transporte de los productos. Fuente (Elaboración propia)

Cada alternativa presenta una serie de ventajas y desventajas en función de los objetivos de la empresa.

Alternativas	Ventajas	Desventajas
Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte	Reducción de costos de transporte	Necesidad de formación del personal
	Mejora del control y la coordinación logística	
Desarrollo de un sistema de transporte propio	Mayor control y flexibilidad en la logística	Alta inversión inicial, costos de mantenimiento y gestión
	Reducción de dependencias externas	
Colaboración con empresas logísticas	Acceso a la experiencia y tecnología de socios logísticos	Necesidad de gestión y coordinación continua con los socios externos
	Reducción de costos operativos	

Tabla 26. Ventajas y desventajas de las posibles soluciones. Fuente (Elaboración propia)

Los criterios que se van a utilizar para evaluar que alternativa es la más adecuada para cumplir con los objetivos de la empresa son los siguientes:

- Costos operativos.
- Eficiencia y productividad.
- Control y flexibilidad.
- Inversión inicial y retorno de inversión (ROI).
- Facilidad de implementación.
- Colaboración y coordinación.

De la misma manera que los anteriores 2 problemas se proceden a la elección de la mejor alternativa para la resolución de este caso.

En la siguiente figura vemos representados los criterios y las alternativas en la herramienta Superdecision:

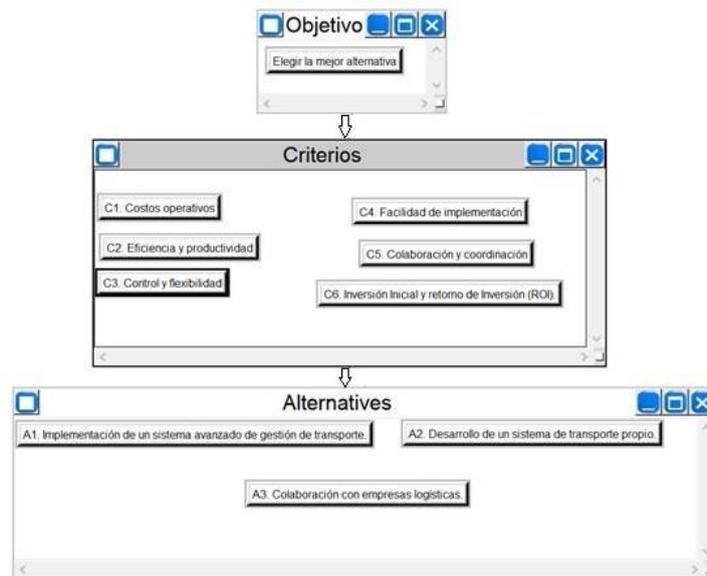


Figura 15. Criterios y alternativas. Fuente (Elaboración propia)

Sucesivamente tenemos las matrices de comparaciones de las alternativas respecto a cada criterio.

Costos operativos.

	A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	A3. Colaboración con empresas logísticas.
A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	1	3	4
A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	0,33	1	2
A3. Colaboración con empresas logísticas.	0,25	0,5	1

Tabla 27. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Eficiencia y productividad

	A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	A3. Colaboración con empresas logísticas.
A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	1	3	5
A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	0,33	1	3
A3. Colaboración con empresas logísticas.	0,2	0,33	1

Tabla 28. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Control y flexibilidad

	A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	A3. Colaboración con empresas logísticas.
A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	1	4	4
A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	0,25	1	1
A3. Colaboración con empresas logísticas.	0,25	1	1

Tabla 29. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Inversión inicial y retorno de inversión (ROI)

	A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	A3. Colaboración con empresas logísticas.
A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	1	5	1
A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	0,2	1	0,2
A3. Colaboración con empresas logísticas.	0,1	5	1

Tabla 30.. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Facilidad de implementación

	A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	A3. Colaboración con empresas logísticas.
A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	1	4	2
A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	0,25	1	0,5
A3. Colaboración con empresas logísticas.	0,5	2	1

Tabla 31. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Colaboración y coordinación

	A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	A3. Colaboración con empresas logísticas.
A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	1	4	1
A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	0,25	1	0,25
A3. Colaboración con empresas logísticas.	1	4	1

Tabla 32. Matriz de comparaciones. Fuente (Elaboración propia)

Como en los casos anteriores, se ha realizado la evaluación de la consistencia de todas las matrices, siendo esta inferior al límite permitido, 5%, en cada una de ellas.

Una vez se introducen los datos con las comparaciones de los criterios, se obtiene los resultados de los pesos calculados. Estos se pueden ver en la siguiente tabla:

Nombre	Ideales	Normales
A1. Implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.	1,00	0,57
A2. Desarrollo de un sistema de transporte propio.	0,25	0,15
A3. Colaboración con empresas logísticas.	0,49	0,28

Tabla 33. Pesos de las alternativas propuestas. Fuente (Elaboración propia)

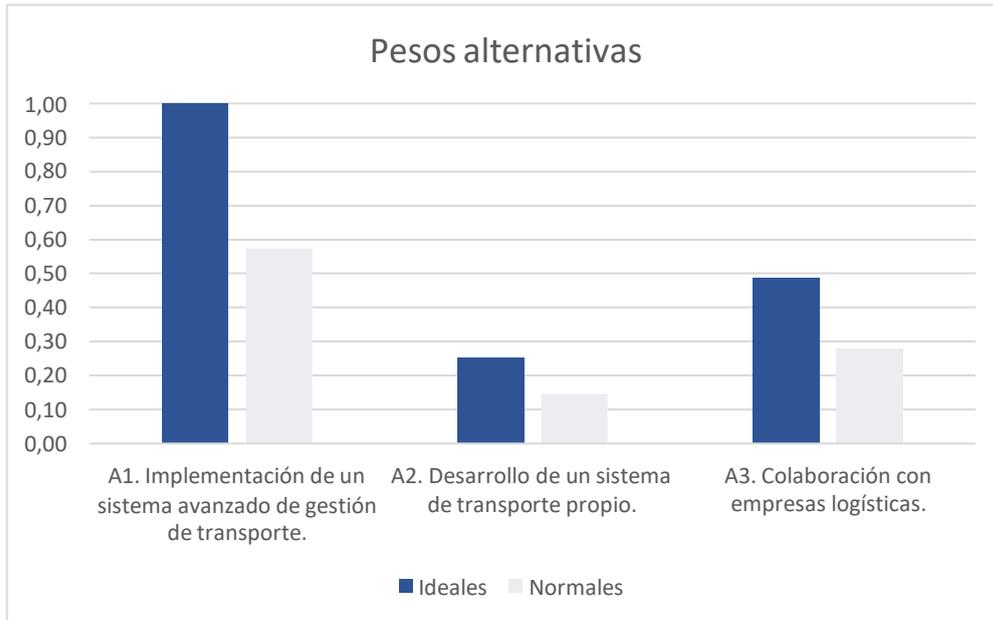


Figura 16. Pesos ideales y normales de cada alternativa. Fuente (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica anterior, la alternativa con más peso, y por tanto la elegida es la de la implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.

5.5 Conclusiones

En conclusión, se han propuesto una serie de alternativas para abordar cada uno de los problemas identificados en la cadena de suministro de Brid. Estas alternativas incluyen opciones como la consolidación de almacenes, la implementación de metodologías Lean, la automatización de almacenes, y el desarrollo de un sistema avanzado de gestión de transporte. Cada alternativa ha sido evaluada en función de su capacidad para reducir costos, mejorar la eficiencia, aumentar el control y la flexibilidad, y proporcionar un retorno positivo sobre la inversión.

A través del método AHP y con la colaboración activa de la empresa, se ha podido analizar y comparar sistemáticamente cada una de las alternativas propuestas. Este enfoque ha permitido considerar todos los criterios relevantes de manera equitativa y tomar decisiones bien fundamentadas. Como resultado de este proceso, se ha seleccionado la mejor alternativa para resolver cada uno de los problemas específicos, asegurando que las soluciones elegidas no solo sean efectivas, sino también viables y alineadas con los objetivos estratégicos de Brid.

En el siguiente capítulo, se describirá en detalle cada una de las alternativas elegidas, proporcionando una visión clara de cómo se implementarán y los beneficios esperados de cada solución. Esta descripción incluirá los pasos necesarios para la implementación, los recursos requeridos.

6. Descripción de las mejoras realizadas

6.1 Introducción

En este apartado se procede a describir en detalle cada una de las alternativas elegidas para solucionar los problemas identificados en la cadena de suministro de Brid. Anteriormente, a través del método de análisis jerárquico (AHP) y con la colaboración de expertos de la empresa, se evaluaron diversas alternativas para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y optimizar los procesos logísticos. La identificación y selección de estas alternativas se basó en criterios clave como la viabilidad económica, el impacto en el tiempo de entrega y la mejora en la gestión de inventarios.

Cada problema identificado fue analizado. Para cada uno de estos problemas, se ha considerado varias soluciones potenciales. Como se ha comentado anteriormente, se ha optado por la consolidación de almacenes, para optimizar los procesos internos de los almacenes, se eligió la adopción de metodologías Lean y por último la implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte.

En los siguientes apartados, se detalla cómo cada una de estas alternativas será implementada. Se describen los pasos a seguir, los recursos necesarios, y el impacto esperado en la cadena de suministro de Brid.

6.2 Propuesta de red de distribución disminuyendo el número de almacenes

Se ha propuesto disminuir el número de almacenes presentes en la red de distribución, se recuerda que actualmente cada país en el que Brid opera tiene un almacén, y se pretende reducir el número de estos, y agrupar los países por regiones, y que cada región tenga un único almacén. Por tanto, ahora se tendrían menos almacenes, y se estudiaría si con la capacidad de los almacenes actuales, 10.000 unidades, es suficiente para abastecer una región de diferentes países, o si por el contrario son necesario almacenes con mayor capacidad. Como se ha comentado anteriormente, la empresa tiene la posibilidad de alquilar almacenes con capacidad de 45.000 unidades. Para ver la viabilidad de este sistema se ha estudiado diferentes posibilidades: desde abrir 10 almacenes, hasta abrir solo 4. En estas diferentes alternativas, se ha estudiado minuciosamente la ubicación de cada almacén y los países que abastecería cada uno. Se ha realizado un esquema para ver los pasos que se han llevado a cabo hasta llegar a la situación deseada.

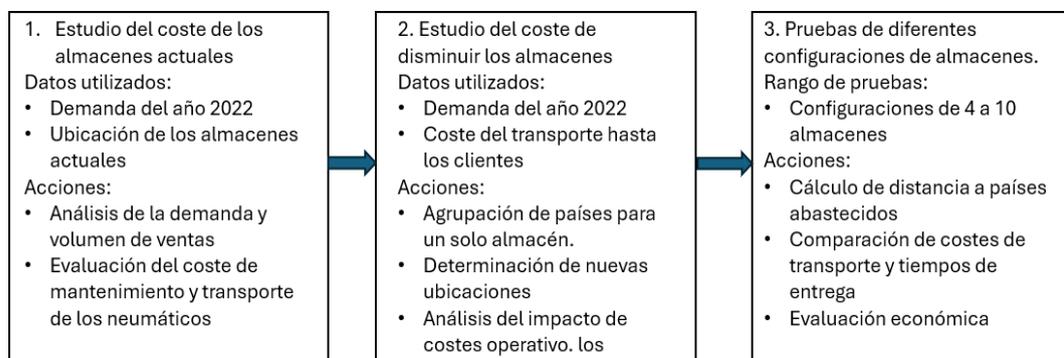


Figura 17. Esquema de la metodología llevada a cabo. Fuente (Elaboración propia)

Antes de empezar a explicar los estudios realizados en las diferentes posibilidades, es vital saber que abrir los almacenes de 45.000 unidades, cuesta 750k€ al año.

Para empezar los cálculos, se supone que los almacenes actuales, de 10.00 unidades no van a ser suficientes para abastecer una región compuesta por diferentes países, y por tanto se van a abrir almacenes de 45.000 unidades.

Con todo esto claro, se procede a explicar el procedimiento seguido para estudiar cada una de las posibilidades propuestas.

Primero de todo se han agrupado los países en regiones, en función de cercanía entre ellos, por ejemplo, en el caso de los 10 almacenes se han agrupado los países en 10 regiones diferentes. Sucesivamente, a cada región se le asocia un almacén. Este almacén se coloca a una distancia inversamente proporcional a la demanda registrada desde 2018 hasta 2022 en cada uno de los países que conforman la región, es decir, si una región está conformada por Italia, Austria y Suiza, e Italia es el país que más demanda tiene, después Suiza y por último Austria, el almacén se situará más próximo a Italia y a una distancia más cercana a Suiza que a Austria.

Una vez se han situado los almacenes estratégicamente, se pasa a calcular los costes anuales de transporte teniendo en cuenta únicamente la demanda del año 2022, como se ha realizado en el estudio del sistema actual. Primero los costes de transporte, con tráiler, desde la fábrica de Cantabria hasta los almacenes y sucesivamente los costes desde los almacenes a cada país, con los minivanes.

Se ha realizado este estudio para cada alternativa, desde los 10 almacenes hasta los 4 almacenes. La alternativa de menor coste es la de abrir 8 almacenes.

N.º de Almacenes	4 almacenes	5 almacenes	6 almacenes	7 almacenes
Coste (€)	23.788.030,19 €	18.463.786,80 €	16.587.852,40 €	16.167.722,80 €
N.º de Almacenes	8 almacenes	9 almacenes	10 almacenes	
Coste (€)	15.853.117,60 €	17.139.090,40 €	19.045.536,00 €	

Tabla 34. Coste del sistema en función del número de almacenes. Fuente (Elaboración propia)

Sucesivamente se va a explicar con más detalle la alternativa de los 8 almacenes.

Como se ha dicho anteriormente, lo primero es agrupar los países en 8 diferentes regiones en función de la demanda de cada uno y la posición geográfica.



La agrupación que se ha realizado en este caso es la siguiente:

Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8
Italy	Austria	Portugal	Great Britain	Finland	Denmark	Belgium	Bulgaria
Switzerland	Czech Republic	Spain	Ireland	Latvia	Germany	France	Romania
	Hungary			Lithuania	Sweden	Netherlands	
	Poland						
	Slovakia						

Tabla 35. Agrupación de países en las 8 regiones. Fuente (Elaboración propia)

Una vez tenemos las regiones creadas, se ha situado un almacén en cada región, siguiendo el procedimiento explicado anteriormente. Por lo tanto, la ubicación de los almacenes es la siguiente:

Ubicaciones	Almacén 1	Almacén 2	Almacén 3	Almacén 4
Latitud	42,86	49,22	39,34	54,05
Longitud	12,43	16,33	-5,02	-3,05
Ubicaciones	Almacén 5	Almacén 6	Almacén 7	Almacén 8
Latitud	59,58	51,34	48,47	44,86
Longitud	25,10	10,48	3,17	24,34

Tabla 36. Ubicaciones de los almacenes. Fuente (Elaboración propia)

Para tener una idea más clara de dónde se encontraría cada almacén, se van a mostrar unas fotografías de la ubicación exacta de cada uno de ellos.

Almacén 1:

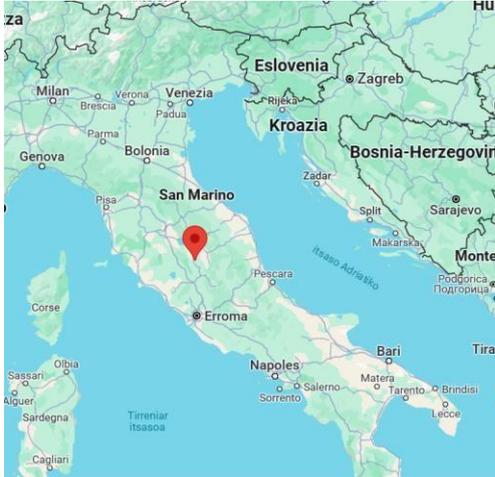


Figura 18. Ubicación almacén 1. Fuente (Maps)

Almacén 2:



Figura 19. Ubicación almacén 2 Fuente (Maps)

Almacén 3:

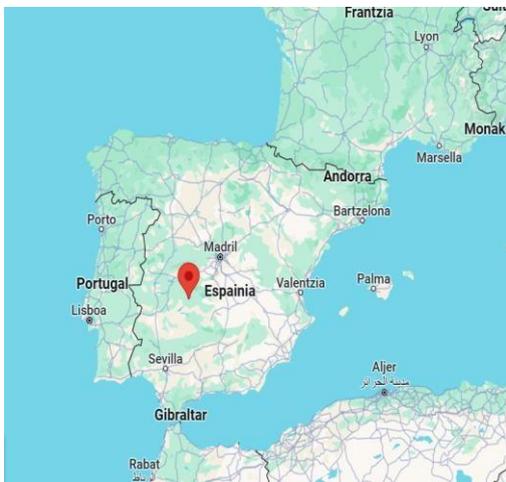


Figura 20. Ubicación almacén 3 Fuente (Maps)

Almacén 4:



Figura 21. Ubicación almacén 4 Fuente (Maps)

Almacén 5:



Figura 22. Ubicación almacén 5 Fuente (Maps)

Almacén 6:



Figura 23. Ubicación almacén 6 Fuente (Maps)

Almacén 7:



Figura 24. Ubicación almacén 7 Fuente (Maps)

Almacén 8:



Figura 25. Ubicación almacén 8 Fuente (Maps)

Una vez ubicados los almacenes, se calculan las distancias desde los almacenes hasta cada uno de los países de su misma región ver tabla 13, y las distancias desde la fábrica de Cantabria hasta cada uno de los almacenes.

DISTANCIAS	(km)				
	Italy	Switzerland			
Almacén 0	51	727			
	Austria	Czech Republic	Hungary	Poland	Slovakia
Almacén 1	398	112	348	524	392
	Portugal	Spain			
Almacén 2	380	29			
	Great Britain	Ireland			
Almacén 3	76	530			
	Finland	Latvia	Lithuania		
Almacén 4	489	301	463		
	Denmark	Germany	Sweden		
Almacén 5	644	32	977		
	Belgium	France	Netherlands		
Almacén 6	316	310	640		
	Bulgaria	Romania			
Almacén 7	357	193			

Tabla 37. Distancia desde los almacenes hasta los países que suministra. Fuente (Elaboración propia)

A partir de aquí, se calculan los costes de transporte, que se desglosan en dos. Por un lado, se calculan los costes de transporte de la mercancía desde la fábrica hasta cada uno de los almacenes centrales y por otro, los costes de transporte de los neumáticos desde los almacenes centrales hasta cada uno de los países pertenecientes a su región de distribución. El transporte desde la fábrica hasta los almacenes centrales se realiza con tráileres de 100 metros cúbicos de capacidad y un coste de 1,60€/km en carga, mientras que el transporte desde los almacenes hasta los clientes se lleva a cabo mediante minivanes de 30 metros cúbicos de capacidad y un coste de 2€/km. Se estima que el nivel de llenado máximo de los tráileres es del 80% y el de los minivanes del 95%.

Con esta información del transporte y utilizando el registro de demanda del año 2022, se calcula el número de trayectos que ha de realizar cada tipo de vehículo a los diferentes destinos y, por tanto, se puede obtener los costes de toda la red de distribución.

En la siguiente tabla se ven reflejados los costes de transporte de cada uno de los almacenes implementados. Además, también se tiene en cuenta el coste de tener operativo un almacén de 45.000 unidades, que es de 750.000€.

	Almacén 1	Almacén 2	Almacén 3	Almacén 4
Coste (€)	1.778.200,00 €	2.643.453,60 €	949.010,00 €	2.376.811,20 €
	Almacén 5	Almacén 6	Almacén 7	Almacén 8
Coste (€)	1.103.263,60 €	2.677.717,20 €	3.654.601,60 €	870.060,40 €

Tabla 38. Costes de transporte de cada almacén. Fuente (Elaboración propia)

Adicionalmente, la implementación de esta alternativa supone el cierre del almacén contiguo a la fábrica de Cantabria, lo cual conlleva una reducción de costes de 200.000€.

Luego, el coste total de esta alternativa es de **15.853.117,60 €**.

Si bien es superior al coste actual de la empresa, esto es debido a que esta alternativa conlleva el coste de abrir los almacenes, es claro que a largo plazo este sistema será más rentable ya que los gastos de mantenimientos de los almacenes, de personal y de servicio de verán reducidos debido a la reducción del número de almacenes.

6.2.1 Niveles de stock y capacidad de los almacenes

Con el fin de conocer el grado de optimización de los almacenes centrales utilizados se lleva a cabo un análisis de capacidad y niveles de stock de dichos almacenes.

La capacidad de los almacenes es de 45.000 unidades y la empresa busca tener menos de 45.000 unidades en toda la red en el mismo instante.

Basándose en el registro de demanda del año 2022, se busca para cada país la demanda más elevada en un mes. Con esto, el objetivo es situarse en el caso más desfavorable en el que todos los países realizasen la mayor demanda en el mismo mes.

País	Austria	Belgium	Bulgaria	Czech Republic	Denmark	Finland	France	Germany	Great Britain	
Máxima demanda en un mes (Uds)	3024	3603	240	1198	262	532	5816	5895	5405	
País	Hungary	Ireland	Italy	Latvia	Lithuania	Netherlands	Poland	Portugal	Romania	Slovakia
Máxima demanda en un mes (Uds)	235	1031	4622	383	173	487	1218	155	306	409
País	Spain	Sweden	Switzerland							
Máxima demanda en un mes (Uds)	2454	192	311							

Tabla 39. Máxima demanda en 1 mes. Fuente (Elaboración propia)

Sumando todos estos valores, como máximo se tendría un total de 37.951 unidades en circulación por toda la red, con lo que se asegura cumplir con el requisito de menos de 45.000 unidades en circulación.

Agrupando las máximas demandas de cada país por regiones, se obtiene el stock mínimo que debe tener cada uno de los almacenes para poder abastecer a sus respectivos países en el caso que estos realizasen su máximo pedido histórico. Conocida la capacidad de dichos almacenes, también es posible calcular el grado de llenado de estos.

	Stock mínimo necesario	Nivel de ocupación
Almacén 1	4933	10,96%
Almacén 2	6084	13,52%
Almacén 3	2609	5,80%
Almacén 4	6436	14,30%
Almacén 5	1088	2,42%
Almacén 6	6349	14,11%
Almacén 7	9906	22,01%
Almacén 8	546	1,21%

Tabla 40. Stock mínimo necesario y nivel de ocupación. Fuente (Elaboración propia)

Estableciendo un grado de llenado máximo del 85%, para poder cumplir con stocks de seguridad y no sobresaturar los almacenes, se comprueba que todos los almacenes son capaces de cumplir con la demanda exigida por los países pertenecientes a su región. Destaca el bajo nivel de llenado en la gran mayoría de los almacenes, por lo que se puede concluir que los almacenes de 45.000 unidades están sobredimensionados y sería aconsejable reducir el tamaño de estos para reducir costes y optimizar los niveles de stock en los almacenes.

Como se acaba de comprobar los almacenes de 45.000 unidades presentan un nivel de ocupación muy bajo, ya que ninguno llega al 30% de ocupación.

Se propone, por tanto, sustituir los almacenes por almacenes 10.000 unidades, con el fin de reducir sus dimensiones y optimizar el nivel de llenado de estos.



Se va a comprobar si esta sustitución es factible a nivel de ocupación, comprobando si el stock mínimo necesario de cada almacén cabría dentro de un almacén de 10.000 unidades, sin superar el grado de llenado máximo del 85% de este.

	Stock mínimo necesario	Tipo de almacén	Nivel de ocupación
Almacén 1	4933	10.000 unidades	49,33%
Almacén 2	6084	10.000 unidades	60,84%
Almacén 3	2609	10.000 unidades	26,09%
Almacén 4	6436	10.000 unidades	64,36%
Almacén 5	1088	10.000 unidades	10,88%
Almacén 6	6349	10.000 unidades	63,49%
Almacén 7	9906	45.000 unidades	22,01%
Almacén 8	546	10.000 unidades	5,46%

Tabla 41. Nivel de ocupación nuevo con la modificación de almacenes. Fuente (Elaboración propia)

En la tabla superior se puede observar cómo sería recomendable sustituir todos los almacenes de 45.000 unidades, menos el *Almacén 7* por almacenes de 10.000 unidades. Esto se debe a que la capacidad de 10.000 unidades de los almacenes regionales sería más que suficiente en la mayoría de los casos. Los almacenes para sustituir no superarían el 65% de grado de llenado, por lo que aún tendrían capacidad de sobra para almacenar más stock.

Atendiendo a los costes que conllevan estos cambios, supondría un notable ahorro, ya que un almacén de 45.000 unidades cuesta 750.000€ anuales y un almacén de 10.000 unidades, 150.000€ anuales. Es por eso por lo que, por cada cambio de almacén se ahorrarían 600.000€, teniendo un ahorro total de 4.200.000€.

Con estos cambios, los costes totales de la red de distribución serían de **11.653.117,60 €**.

6.2.2 Nivel de servicio para la red de distribución con 8 almacenes

Una vez se ha descrito y analizado la propuesta de la red de distribución con 8 almacenes centrales, se va a hacer un estudio del nivel de servicio de este sistema, con el fin de saber cuál es el tiempo de entrega de un pedido y si este tiempo está dentro de unas márgenes aceptables, marcados por la empresa.

El objetivo es llegar al cliente antes de 24 horas desde el momento que se recibe el pedido. Sin embargo, no supondría ningún problema si el pedido se entrega en 48 horas. Más de 48 horas supondría un problema, debido al compromiso que se ha llegado con los clientes. Es de vital importancia no perder la confianza que los clientes depositan en la empresa, por tanto, si con este sistema de 8 almacenes centrales se superase el límite de 48 horas de entrega de un pedido, habría que buscar soluciones a este inconveniente.

Para calcular el tiempo de entrega de un pedido se ha realizado un cálculo aproximado del tiempo que se tarda desde los almacenes centrales a los países a los que estos abastecen. Este cálculo se ha realizado con la distancia que hay desde los almacenes a los puntos centrales de los países, y suponiendo una velocidad media de los minivanos de 90 km/h.

En la siguiente tabla podemos ver el tiempo en horas, que tarda los minivanos en llegar por carretera desde los almacenes a los respectivos países:



Almacén 1	Almacén 2	Almacén 3	Almacén 4
Italy-0,57 h	Austria-4,42 h	Portugal-4,22 h	Great Britain-0,84 h
Switzerland-8,08 h	Czech Republic-1,24 h	Spain-0,32 h	Ireland-5,89 h
	Hungary-3,87 h		
	Poland-5,82 h		
	Slovakia-4,36 h		
Almacén 5	Almacén 6	Almacén 7	Almacén 8
Finland-5,43 h	Denmark-7,16 h	Belgium-3,51 h	Bulgaria-3,97 h
Latvia-3,34 h	Germany-0,36h	France-3,44 h	Romania-2,14 h
Lithuania-5,14 h	Sweden-10,86 h	Netherlands-7,11 h	

Tabla 42. Tiempo de llegada a los países suministrados. Fuente (Elaboración propia)

Como se puede observar en la tabla, cada almacén llega hasta los países que abastece en un tiempo muy inferior a 24 horas. Cabe destacar que la jornada laboral de los transportistas es de 9 horas al día, por tanto, en el caso de Suecia, que se tarda un tiempo de 10,86 horas, habría que buscar una solución para llegar al objetivo de que el pedido llegue en 24 horas. Una posible solución podría ser que haya 2 transportistas, y que hagan la mitad del trayecto cada uno.

En estos cálculos no se ha tenido en cuenta el tiempo de preparación del pedido, ya que no se tienen datos al respecto. Si bien, como se puede observar, los tiempos de transporte son muy pequeños, por lo que hay cierta holgura y hace pensar que, si a estos les sumamos el tiempo de preparación del pedido, se seguiría cumpliendo el objetivo de llegar al cliente en 24 horas.

6.3 Metodologías para la gestión de la calidad en los almacenes

La implementación de las 5S en los almacenes de neumáticos de Brid se realiza debido a la necesidad de mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y optimizar el espacio de almacenamiento. La filosofía de las 5S, originada en Japón como parte del sistema de producción de Toyota, se centra en crear y mantener un entorno de trabajo organizado, limpio y eficiente. Esta metodología se compone de cinco fases: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y sostener, cada una de las cuales contribuye a mejorar el rendimiento y la seguridad en el lugar de trabajo.

En los almacenes de neumáticos de Brid, donde el manejo y almacenamiento eficiente de grandes volúmenes de productos es fundamental, la implementación de las 5S permitirá eliminar desperdicios y mejorar el flujo de trabajo. Un entorno de trabajo más organizado facilitará el acceso y la gestión de inventarios, y también reducirá los tiempos de búsqueda y manejo de productos, minimizando así los errores y aumentando la productividad. Además, mantener un ambiente de trabajo limpio y ordenado contribuirá a mejorar la moral del personal y a reducir riesgos de accidentes laborales.

La decisión de implementar las 5S en los almacenes de Brid también se alinea con los objetivos estratégicos de la empresa de adoptar metodologías Lean para optimizar los procesos y mejorar la competitividad en el mercado global. Al estandarizar la gestión de almacenes, Brid podrá reducir costos operativos, mejorar la calidad del servicio y asegurar una mayor satisfacción del cliente.

6.3.1 Descripción de las 5S en los almacenes

1. Clasificación (Seiri)

El objetivo de este punto es: eliminar lo innecesario y organizar lo necesario.

Para la realización de este punto hay que seguir una serie de pasos:

- **Inspección Inicial:** recorrer todo el almacén y clasificar los artículos en tres categorías: necesarios, innecesarios y desconocidos.
- **Identificación y Etiquetado:** etiquetar los elementos innecesarios con una etiqueta roja y trasladarlos a un área designada para su revisión y posterior eliminación.



Figura 26. Etiqueta roja para clasificar los elementos innecesarios. Fuente (Safety Supply)

- **Decisión:** decidir qué hacer con los elementos etiquetados como desconocidos: reciclar, donar, vender o desechar.
- **Reubicación:** colocar los elementos necesarios en lugares específicos de fácil acceso.

2. Orden (Seiton)

El objetivo de este paso es: organizar los elementos necesarios de manera que sean fáciles de encontrar y utilizar.

Los pasos que se deben realizar en el segundo punto son:

- **Diseño de Espacio:** crear un mapa del almacén donde se asignen áreas específicas para cada tipo de acción que se realiza dentro de un almacén.

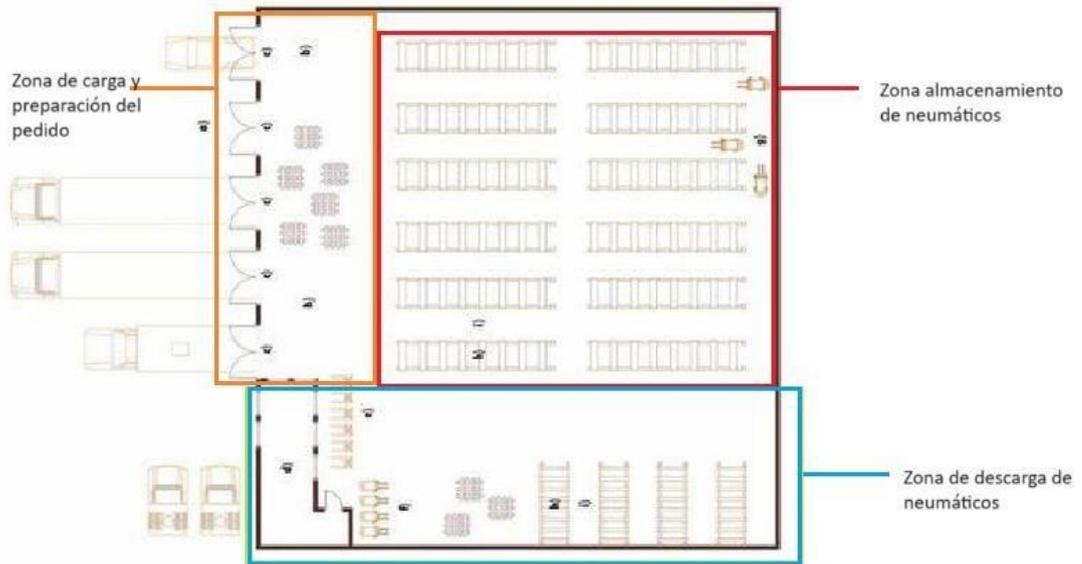


Figura 27. Distribución almacén tipo de Brid. Fuente (Brid)

- **Etiquetado y Señalización:** utilizar etiquetas, señales y marcas en el suelo para identificar claramente las ubicaciones designadas para cada elemento.



Figura 28. Ejemplo de señalización en un almacén. Fuente (ARSAM)

- **Estanterías y Contenedores:** instalar estanterías y contenedores para almacenar los neumáticos según tamaño y tipo, y asegurarse de que sean fácilmente accesibles.
- **Normas de Almacenamiento:** establecer requisitos sobre cómo deben ser almacenados y apilados los neumáticos para evitar daños y facilitar su manejo, siguiendo la normativa vigente en la unión europea. Se realiza el siguiente TWI para marcar los requisitos necesarios.

Herramientas & suministros requeridos:		Carretilla			
Equipamiento seguridad requerido:		Guantes y calzado protectores			
Pasos importantes		Puntos Clave		Reasons	
Qué	Segmento lógico de actividad que hace que el trabajo avance.	Cómo	Aspectos importantes de los pasos que consiguen: 1. hago o rompo el prod. 2. lesióne al trabajador 3. hago el trabajo más fácil	Por qué	Lista las razones de los puntos clave
	Agrupar los neumáticos según su tamaño, para que haya uniformidad en las estanterías.		Al descargar los neumáticos, clasificarlos según su tamaño en la zona de descarga.		Para optimizar el espacio en las estanterías de los almacenes
	Posicionar los neumáticos de manera vertical, y recogerlos con la carretilla en grupos de 5.		Se posicionan manualmente en el suelo en un área específica para este procedimiento.		Para cumplir la normativa y optimizar el espacio en el almacén y para, posteriormente, ser más eficiente a la hora de hacer el picking, los neumáticos han de ser almacenados verticalmente.
	Recoger los neumáticos con la carretilla y posicionarlos en sus respectivas zonas, haciendo especial atención a la hora de depositarlos en la estantería.		Se llevan los neumáticos hasta su zona, y se reduce la velocidad de la carretilla una vez se está próxima a la estantería, para tener mayor precisión a la hora de depositar el producto		Para poder guardar los neumáticos a una cierta altura es necesario el uso de una carretilla y de gente especializada en esta tarea.
Recordatorio puntos clave	<input type="checkbox"/> Comprobación crítica o inspección	<input type="checkbox"/> Comprobar cantidad	<input type="checkbox"/> Puede causar lesión	<input checked="" type="checkbox"/> Hace el trabajo más fácil	
Propietario del documento:		Pág.:		Rev #:	
Luis Carcaño Pereira		de		Fecha:	

Ayudas Visuales: (dibujos a mano alzada, diagramas, layouts... Pon imágenes digitales si es posible.)



Neumático almacenado correctamente

Figura 29. TWI del almacenamiento de los neumáticos. Fuente (Elaboración propia)

3. Limpieza (Seiso)

El objetivo es: mantener el almacén limpio y en condiciones óptimas de operación.

Los pasos que se van a realizar para cumplir el objetivo mencionado anteriormente son:

- **Asignación de Responsabilidades:** asignar áreas específicas a cada trabajador para mantener la limpieza.
- **Rutinas de Limpieza:** establecer rutinas diarias, semanales y mensuales de limpieza que incluyan barrer, trapear, y limpiar herramientas y equipos.
- **Inspección:** realizar inspecciones regulares para asegurar que las áreas se mantengan limpias y ordenadas.
- **Cultura de Limpieza:** fomentar una cultura de limpieza y orden entre todos los empleados, destacando la importancia de mantener un ambiente de trabajo limpio.

4. Estandarización (Seiketsu)

El objetivo es: establecer estándares y procedimientos para mantener las tres primeras S.

Pasos:

- **Creación de Procedimientos:** documentar los procedimientos para clasificación, orden y limpieza.
- **Listados:** desarrollar listas de verificación para asegurar que todos los procesos se sigan correctamente.
- **Capacitación:** capacitar a todos los empleados en los procedimientos estandarizados y la importancia de seguirlos.
- **Auditorías:** realizar auditorías regulares para asegurar que los estándares se mantengan y para identificar áreas de mejora.

5. Disciplina (Shitsuke)

El objetivo de la última S es: Fomentar la disciplina y el compromiso para mantener y mejorar continuamente las 5S.

Este paso es considerado por muchos el más difícil e importante, ya que, si no se cumple con este objetivo, todo lo realizado anteriormente no ha servido. Los pasos a seguir son:

- **Formación Continua:** proveer formación continua y recordar la importancia de las 5S a través de reuniones y talleres.
- **Retroalimentación:** fomentar la retroalimentación de los empleados sobre cómo mejorar los procesos y mantener la disciplina.



Figura 30. Tablero Kaizen para la mejora continua. Fuente (Elaboración propia)

- **Reconocimiento:** reconocer y recompensar a los empleados que se destaquen en el mantenimiento de las 5S.
- **Mejora Continua:** implementar un ciclo de mejora continua para revisar y mejorar continuamente los procesos de las 5S.

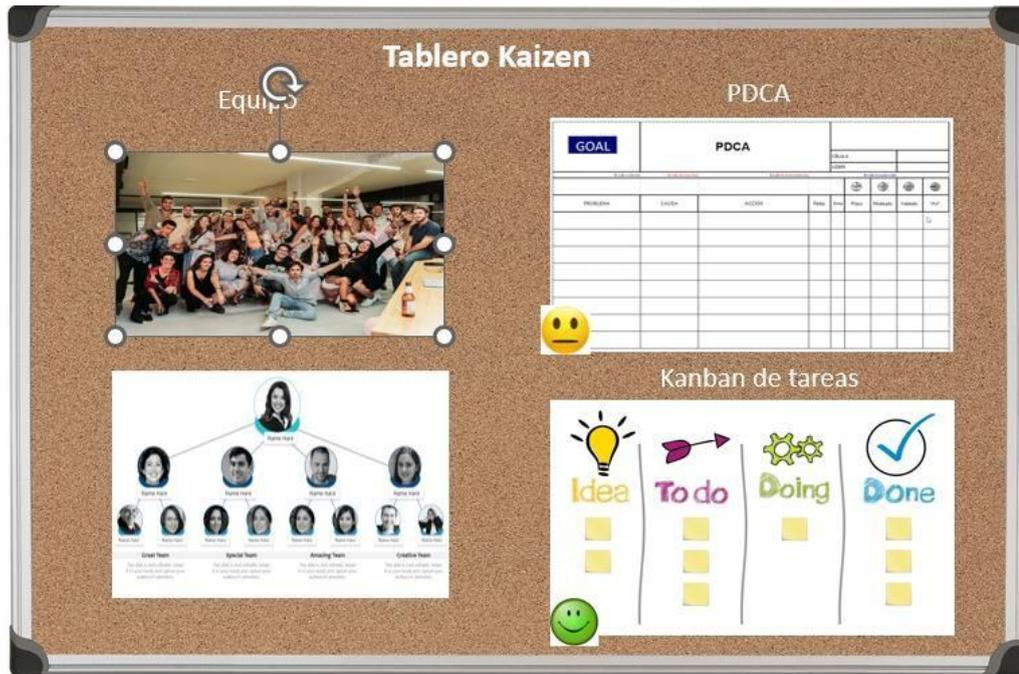


Figura 31. Tablero Kaizen para promover la mejora continua. Fuente (Elaboración propia)

6.3.2 Ventajas de implementar metodologías de gestión de la calidad

La implementación de la metodología 5S en un almacén de neumáticos conlleva numerosos beneficios que mejoran significativamente la eficiencia operativa, la seguridad y la productividad del almacén. Al seguir los pasos de Clasificación, Orden, Limpieza, Estandarización y Disciplina, se crean entornos de trabajo más organizados y eficientes, lo que repercute positivamente en todos los aspectos del funcionamiento del almacén.

Por un lado, la aplicación de las 5S ayuda a eliminar el desorden y a optimizar el uso del espacio disponible. La clasificación y el orden de los neumáticos y otros materiales permiten una rápida localización y acceso a los productos, lo que reduce los tiempos de búsqueda y mejora la eficiencia operativa. Además, la limpieza regular y profunda mantiene un entorno de trabajo seguro y agradable, minimizando riesgos de accidentes y daños a los productos almacenados.

También, la estandarización de procesos y la disciplina fomentan una cultura de trabajo más rigurosa y sistemática. Los procedimientos claros y bien definidos aseguran que todas las tareas se realicen de manera uniforme y eficiente, lo que reduce errores y aumenta la consistencia en la calidad del trabajo.

6.4 Desarrollo de un método de optimización para carga de camiones

Para seguir con el objetivo de mejorar la cadena de suministro de Brid, se va a implementar un sistema avanzado de gestión de transporte que optimiza la disposición y el manejo de los neumáticos durante el transporte. Este sistema está diseñado para maximizar el uso del espacio disponible en los vehículos de transporte, asegurando que los neumáticos se carguen de manera eficiente y segura. Dado que Brid maneja tres tipos principales de neumáticos, cada uno con diferentes volúmenes, como se ha comentado anteriormente, los volúmenes son: $1,5 \text{ m}^3$, $0,6 \text{ m}^3$ y $0,3 \text{ m}^3$. La optimización del espacio es crucial para reducir costos y mejorar la eficiencia logística.

Este cambio va a permitir una planificación precisa de la carga, tomando en cuenta las dimensiones y características de cada tipo de neumático. Esto incluye la disposición estratégica de los neumáticos más grandes, de $1,5 \text{ m}^3$, en la base de la carga para proporcionar una estructura

estable, mientras que los neumáticos de tamaño medio y pequeño, de $0,6 \text{ m}^3$ y $0,3 \text{ m}^3$ respectivamente, se ubicarán de manera que rellenen los espacios vacíos y maximicen el uso del volumen total del vehículo. Esta técnica no solo optimiza el espacio de carga, sino que también garantiza la estabilidad y seguridad durante el transporte.

Este nuevo enfoque del manejo de los neumáticos reducirá costos operativos, y mejorará la puntualidad y la confiabilidad de las entregas, fortaleciendo la competitividad de Brid en el mercado global.

5.4.1 Descripción del método

Una manera de optimizar el espacio a la hora de transportar los neumáticos es combinar parte de los neumáticos de menor tamaño dentro de los neumáticos de mayor tamaño, para así reducir el espacio que ocupan. Esto se puede observar con más detalles en las siguientes figuras.

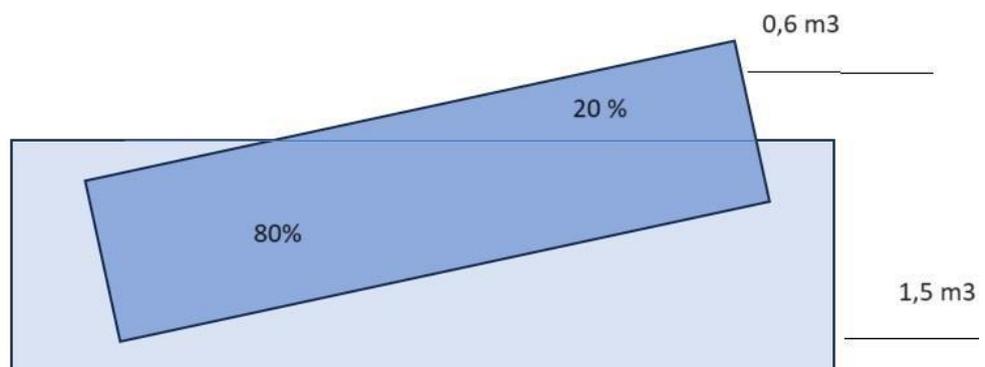


Figura 32. Neumáticos superpuestos. Fuente (brid_case_study)

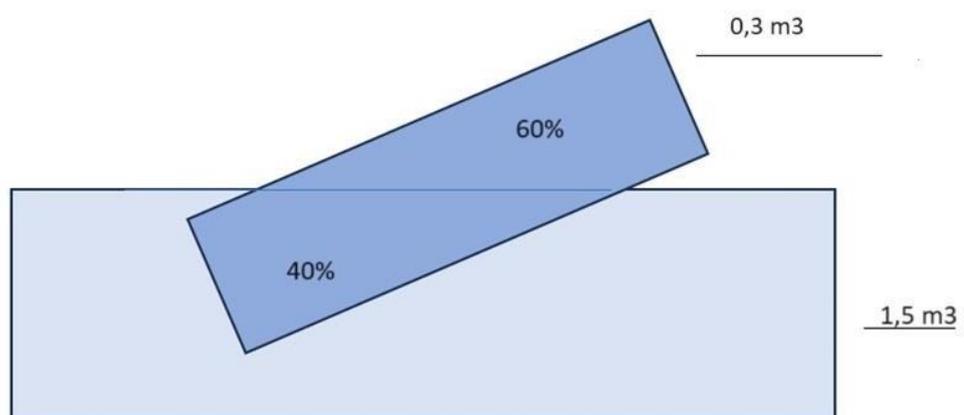


Figura 33. Neumáticos superpuestos. Fuente (Elaboración propia)

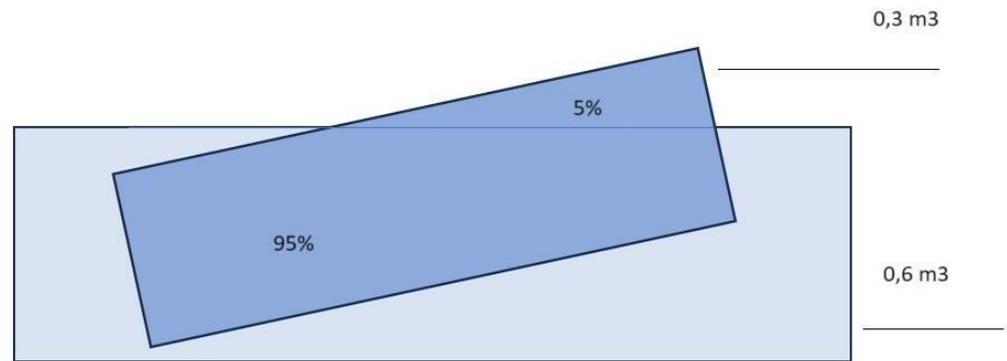


Figura 34. Neumáticos superpuestos. Fuente (Elaboración propia)

En las figuras anteriores se puede ver las 3 posibles combinaciones con los tres diferentes tamaños de neumáticos para poder ahorrar espacio y así aumentar la eficiencia del transporte. A estas combinaciones se ha llegado tras unas pruebas realizadas con los neumáticos y comprobando su factibilidad.

En la siguiente tabla podemos ver la cantidad de volumen que se puede ahorrar con estas combinaciones en comparación a la manera en la que se estaba realizando hasta ahora, (poniendo un neumático encima de otro).

Volumen actual	Volumen mejorado	Volumen ahorrado
Volumen: $1,5+0,6=2,1\text{m}^3$	Volumen: $1,5+(0,2*0,6)=1,62\text{ m}^3$	Volumen: $2,1-1,62=0,48\text{ m}^3$
Volumen: $1,5+0,3=1,8\text{m}^3$	Volumen: $1,5+(0,6*0,3)=1,68\text{ m}^3$	Volumen: $1,8-1,68=0,12\text{ m}^3$
Volumen: $0,6+0,3=0,9\text{m}^3$	Volumen: $0,6+(0,05*0,3)=0,62\text{m}^3$	Volumen: $1,8-1,68=0,28\text{ m}^3$

Tabla 43. Ahorro en el Volumen transportado. Fuente (Elaboración propia)

5.4.2 Capacidades en los tráileres y minivanes

Para calcular cuántos neumáticos caben en un tráiler de 100 m^3 y en un miniván de 30 m^3 , se va a considerar las dimensiones y el volumen de cada tipo de neumático, así como la capacidad total de los vehículos. Los vehículos se van a llenar un 80%, para luego poder realizar las descargas con más facilidad. Se va a calcular el número de neumáticos que cabían con la configuración que cabían con la configuración que se ha propuesto.

Capacidad Ajustada del tráiler y del miniván:

Tráiler de 100 m^3 :

- Volumen total disponible al 80%: $100\text{ m}^3 \times 0.8 = 80\text{ m}^3$

Miniván de 30 m^3 :

- Volumen total disponible al 80%: $30\text{ m}^3 \times 0.8 = 24\text{ m}^3$

Neumáticos Grandes:

- Volumen: 1.5 m³

Neumáticos Medianos:

- Volumen: 0.6 m³ por neumático

Neumáticos Pequeños:

- Volumen: 0.3 m³ por neumático

Cálculos para el Tráiler de 80 m³

Primero se va a considerar cuántos neumáticos de cada tipo pueden caber en el tráiler de 80 m³:

Sólo Neumáticos Grandes:

Número de neumáticos = *Volumen total / Volumen por neumático*

$$\text{Número de neumáticos grandes: } \frac{80 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}^3} \approx 53,33 \text{ neumáticos}$$

Sólo Neumáticos Medianos:

$$\text{Número de neumáticos medianos: } \frac{80 \text{ m}^3}{0,6 \text{ m}^3} \approx 133,33 \text{ neumáticos}$$

Sólo Neumáticos Pequeños:

$$\text{Número de neumáticos pequeños: } \frac{80 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}^3} \approx 266,67 \text{ neumáticos}$$

Cálculos para el Tráiler de 24 m³

Se va a considerar cuántos neumáticos de cada tipo pueden caber en el tráiler de 24 m³:

Sólo Neumáticos Grandes:

Número de neumáticos = *Volumen total / Volumen por neumático*

$$\text{Número de neumáticos grandes: } \frac{24 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}^3} = 16 \text{ neumáticos}$$

Sólo Neumáticos Medianos:

$$\text{Número de neumáticos medianos: } \frac{24 \text{ m}^3}{0,6 \text{ m}^3} = 40 \text{ neumáticos}$$

Sólo Neumáticos Pequeños:

$$\text{Número de neumáticos pequeños: } \frac{24 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}^3} = 80 \text{ neumáticos}$$

Consideraciones de Mezcla

Debido a la demanda diversa y fluctuante de los clientes, siempre habrá una necesidad de transportar mezclas de neumáticos de diferentes tamaños. Por esta razón, se va a considerar tanto las mezclas actuales de neumáticos como las nuevas combinaciones de mezclas propuestas para optimizar el uso del espacio en los vehículos.



Combinación de neumáticos con el sistema actual. Un ejemplo de mezcla para el tráiler de 80 m³ podría ser:

Mezcla en el tráiler de 80 m³ con el sistema actual:

20 neumáticos grandes: $20 \times 1.5 \text{ m}^3 = 30 \text{ m}^3$

40 neumáticos medianos: $40 \times 0.6 \text{ m}^3 = 24 \text{ m}^3$

86 neumáticos pequeños: $86 \times 0.3 \text{ m}^3 = 25,8 \text{ m}^3$

Volumen Total= 79,8 m³

Con toda esta información, se ha realizado un programa en Python, en el cual se calcula y se muestra el ahorro total de espacio en metros cúbicos si se utiliza la configuración descrita anteriormente, comparado con el sistema actual, además de verificar si la cantidad de neumáticos cabe en el vehículo, en este caso de 80 m³, y muestra el espacio restante en caso de ser posible. El código es el siguiente:

Primero de todo, definimos los volúmenes de los neumáticos y los ahorros en espacio que obtenemos al realizar las combinaciones mencionadas anteriormente.

Explicación:

- volúmenes_neumaticos es una lista que almacena los volúmenes de los tres tipos de neumáticos.
- ahorros es un diccionario que guarda los ahorros en volumen al combinar ciertos tipos de neumáticos.
- capacidad_vehiculo define la capacidad máxima del vehículo.

```
# Definimos los volúmenes de los neumáticos
volúmenes_neumaticos = [1.5, 0.6, 0.3]
ahorros = {
    (1.5, 0.6): 0.48,
    (1.5, 0.3): 0.12,
    (0.6, 0.3): 0.28
}
capacidad_vehiculo = 80.0
```

Sucesivamente, se ha realizado una función para calcular el volumen total que se ocupa con la nueva configuración de neumáticos, y posteriormente se calcula la cantidad de volumen que se ha ahorrado, en comparación con el sistema actual de transporte.

Explicación:

- La función calcular_volumen_total toma como parámetros las cantidades de cada tipo de neumático, sus volúmenes, y los ahorros posibles.
- Calcula el volumen total sin considerar los ahorros inicialmente.
- Luego, calcula los ahorros posibles combinando los diferentes tipos de neumáticos.
- Finalmente, resta los ahorros del volumen total y devuelve tanto el volumen total ajustado como el ahorro total.

Función para calcular el volumen total con ahorros

```
def calcular_volumen_total(cantidades, volumenes_neumaticos,  
ahorros):  
    volumen_total = (cantidades[0] * volumenes_neumaticos[0] +  
                     cantidades[1] * volumenes_neumaticos[1] +  
                     cantidades[2] * volumenes_neumaticos[2])  
  
    # Calcular ahorros posibles  
    ahorro_total = 0.0  
  
    # Ahorro combinando 1.5 y 0.6  
    combinaciones_1_5_0_6 = min(cantidades[0], cantidades[1])  
    ahorro_total += combinaciones_1_5_0_6 * ahorros[(1.5, 0.6)]  
  
    # Ahorro combinando 1.5 y 0.3  
    combinaciones_1_5_0_3 = min(cantidades[0], cantidades[2])  
    ahorro_total += combinaciones_1_5_0_3 * ahorros[(1.5, 0.3)]  
  
    # Ahorro combinando 0.6 y 0.3  
    combinaciones_0_6_0_3 = min(cantidades[1], cantidades[2])  
    ahorro_total += combinaciones_0_6_0_3 * ahorros[(0.6, 0.3)]  
  
    # Calcular el volumen total considerando los ahorros  
    volumen_total -= ahorro_total  
  
    return volumen_total, ahorro_total
```

Posteriormente, se realiza una función la cuál te informa si la combinación de neumáticos que se ha solicitado realizar es posible o no, en función del volumen que ocupa.

Explicación:

- La función verificar_combinacion utiliza calcular_volumen_total para obtener el volumen total y los ahorros.
- Comprueba si el volumen total ajustado es menor o igual a la capacidad del vehículo.
- Si es así, calcula y retorna el espacio restante junto con los volúmenes y ahorros.
- Si no, retorna que la combinación no es válida y el volumen total excede la capacidad.

Función para verificar si la combinación es válida y el espacio restante

```
def verificar_combinacion(cantidades, volumenes_neumaticos,  
ahorros, capacidad_vehiculo):  
    volumen_total, ahorro_total =  
    calcular_volumen_total(cantidades, volumenes_neumaticos, ahorros)  
  
    if volumen_total <= capacidad_vehiculo:  
        espacio_restante = capacidad_vehiculo - volumen_total
```

```
        return True, espacio_restante, volumen_total, ahorro_total
    else:
        return False, None, volumen_total, ahorro_total
```

Por último, se realiza el código que solicita al usuario la cantidad de neumáticos de cada tipo que quiere cargar en el vehículo y se verifica dicha combinación.

Explicación:

- Se solicita al usuario la cantidad de neumáticos de cada tipo mediante un bucle que itera tres veces, una por cada tipo de neumático.
- Las cantidades se almacenan en una lista cantidades.
- Se llama a la función verificar_combinacion con las cantidades ingresadas para comprobar si es posible cargar los neumáticos en el vehículo.
- Según el resultado, se imprime un mensaje indicando si es posible o no, el volumen total utilizado, el espacio restante y el ahorro total en comparación con la manera anterior.

```
Solicitar al usuario la cantidad de neumáticos de cada tipo
cantidades = []
for i in range(3):
    cantidad = int(input(f"Introduce la cantidad de neumáticos tipo
{i+1} (volumen {volumenes_neumaticos[i]} m³): "))
    cantidades.append(cantidad)

# Verificar si la combinación es posible y mostrar el resultado
es_posible, espacio_restante, volumen_total, ahorro_total =
verificar_combinacion(cantidades, volumenes_neumaticos, ahorros,
capacidad_vehiculo)

if es_posible:
    print(f"Es posible cargar {cantidades} neumáticos.")
    print(f"Volumen total utilizado: {volumen_total} m³.")
    print(f"Espacio restante: {espacio_restante} m³.")
    print(f"Ahorro total: {ahorro_total} m³ en comparación con la
manera anterior.")
else:
    print(f"No es posible cargar {cantidades} neumáticos en el
vehículo de {capacidad_vehiculo} m³.")
    print(f"Volumen total utilizado: {volumen_total} m³.")
    print(f"Ahorro total: {ahorro_total} m³ en comparación con la
manera anterior.")
```

Si aplicamos el código con el ejemplo mostrado anteriormente, en la siguiente figura se puede observar que, con la misma cantidad de neumáticos anterior, si se realiza la configuración de neumáticos propuesta, se tiene un ahorro de 23,2 m³.

Introduce la cantidad de neumáticos tipo 1 (volumen 1.5 m³): 20
Introduce la cantidad de neumáticos tipo 2 (volumen 0.6 m³): 40
Introduce la cantidad de neumáticos tipo 3 (volumen 0.3 m³): 87
Es posible cargar [20, 40, 87] neumáticos.
Volumen total utilizado: 56.89999999999999 m³.
Espacio restante: 23.100000000000001 m³.
Ahorro total: 23.200000000000003 m³ en comparación con la manera anterior.

Figura 35. Resultado del código de la composición de neumáticos. Fuente (Elaboración propia)

Para tener una vista más gráfica del ahorro en volumen que supone esta mejora, se ha realizado otro programa en Python, el cuál muestra gráficamente el ahorro en volumen, de 5 posibles configuraciones de carga de neumáticos en el vehículo. El gráfico es el siguientes:

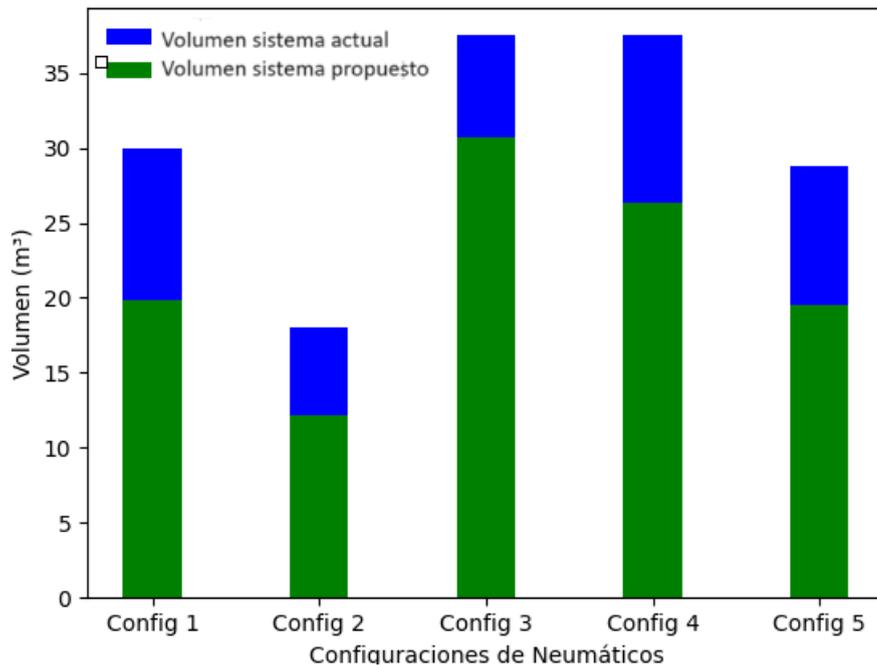


Figura 36. Ahorro en volumen en 5 configuraciones. Fuente (Elaboración propia)

Las diferentes configuraciones son, [neumáticos grandes, neumáticos medianos, neumáticos pequeños]:

- 1: [10, 15, 20]
- 2: [5, 10, 15]
- 3: [20, 10, 5]
- 4: [15, 20, 10]
- 5: [8, 16, 24]

Y el código de Python es el siguiente:

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# Definimos los volúmenes de los neumáticos
volumenes_neumaticos = [1.5, 0.6, 0.3]
ahorros = {
    (1.5, 0.6): 0.48,
    (1.5, 0.3): 0.12,
```



```
(0.6, 0.3): 0.28
}
capacidad_vehiculo = 80.0

# Función para calcular el volumen total con ahorros
def calcular_volumen_total(cantidades, volumenes_neumaticos,
ahorros):
    volumen_total = (cantidades[0] * volumenes_neumaticos[0] +
                    cantidades[1] * volumenes_neumaticos[1] +
                    cantidades[2] * volumenes_neumaticos[2])

    # Calcular ahorros posibles
    ahorro_total = 0.0

    # Ahorro combinando 1.5 y 0.6
    combinaciones_1_5_0_6 = min(cantidades[0], cantidades[1])
    ahorro_total += combinaciones_1_5_0_6 * ahorros[(1.5, 0.6)]

    # Ahorro combinando 1.5 y 0.3
    combinaciones_1_5_0_3 = min(cantidades[0], cantidades[2])
    ahorro_total += combinaciones_1_5_0_3 * ahorros[(1.5, 0.3)]

    # Ahorro combinando 0.6 y 0.3
    combinaciones_0_6_0_3 = min(cantidades[1], cantidades[2])
    ahorro_total += combinaciones_0_6_0_3 * ahorros[(0.6, 0.3)]

    # Calcular el volumen total considerando los ahorros
    volumen_total -= ahorro_total

    return volumen_total, ahorro_total

# Ejemplos de configuraciones de neumáticos
configuraciones = [
    [10, 15, 20],
    [5, 10, 15],
    [20, 10, 5],
    [15, 20, 10],
    [8, 16, 24]
]

# Listas para almacenar los resultados
volumenes_sin_ahorro = []
volumenes_con_ahorro = []
ahorros_totales = []

# Calcular los volúmenes totales y los ahorros para cada
configuración
```

```
for cantidades in configuraciones:
    volumen_total, ahorro_total =
calcular_volumen_total(cantidades, volumenes_neumaticos, ahorros)
    volumen_sin_ahorro = sum(cantidades[i] *
volumenes_neumaticos[i] for i in range(3))

    volumenes_sin_ahorro.append(volumen_sin_ahorro)
    volumenes_con_ahorro.append(volumen_total)
    ahorros_totales.append(ahorro_total)

# Crear el gráfico
fig, ax = plt.subplots()

bar_width = 0.35
index = np.arange(len(configuraciones))

# Gráfico de barras apiladas
bar1 = ax.bar(index, volumenes_sin_ahorro, bar_width,
label='Volumen sin ahorro', color='blue')
bar2 = ax.bar(index, volumenes_con_ahorro, bar_width,
label='Volumen con ahorro', color='green')

ax.set_xlabel('Configuraciones de Neumáticos')
ax.set_ylabel('Volumen (m³)')
ax.set_title('Volumen sin Ahorro vs Volumen con Ahorro en
Diferentes Configuraciones de Neumáticos')
ax.set_xticks(index)
ax.set_xticklabels([f'Config {i+1}' for i in
range(len(configuraciones))])
ax.legend()

# Mostrar el gráfico
plt.show()
```

Explicación del Código

1. Definición de volúmenes y ahorros posibles:

Se define el volumen de cada tipo de neumático y los ahorros posibles al combinar ciertos tipos de neumáticos.

2. Función calcular_volumen_total:

Esta función toma las cantidades de cada tipo de neumático y calcula el volumen total utilizado y el ahorro total considerando las combinaciones posibles.

3. Ejemplos de configuraciones de neumáticos:

Se definen cinco configuraciones diferentes de neumáticos en una lista de listas. Cada sublista contiene la cantidad de cada tipo de neumático para una configuración específica.

4. Cálculo de volúmenes y ahorros:



Se calcula el volumen sin ahorro y el volumen con ahorro para cada configuración, almacenando estos resultados en listas.

5. Creación del gráfico:

Se utiliza matplotlib para crear un gráfico de barras apiladas que muestra el volumen sin ahorro y el volumen con ahorro para cada configuración.

6. Mostrar el gráfico:

Finalmente, se muestra el gráfico.

6.5 Conclusiones

Las tres mejoras propuestas para la cadena de suministro de Brid buscan resolver los problemas identificados y optimizar la eficiencia operativa de la empresa. La primera mejora, la consolidación de almacenes, está orientada a reducir los costos operativos asociados con el mantenimiento de múltiples instalaciones. Al centralizar las operaciones en menos ubicaciones, Brid puede lograr una gestión más eficiente del inventario y disminuir significativamente los gastos de alquiler.

La segunda mejora implica la implementación de las metodologías Lean en los almacenes de Brid, lo que lleva a una reducción de desperdicios y una mejora significativa en la eficiencia de los procesos internos. Al capacitar al personal y rediseñar los flujos de trabajo, se pueden eliminar cuellos de botella y mejorar el flujo de materiales. Esta transformación cultural y operativa requiere una inversión en formación y una adaptación organizacional, pero los beneficios a largo plazo en términos de productividad y calidad están asegurados.

Finalmente, la implementación de un sistema avanzado de gestión de transporte permitirá optimizar las rutas y la carga de los vehículos, reduciendo costos de transporte y mejorando el control y la coordinación logística. Además, puede ayudar a mitigar los retrasos en el transporte debidos a factores externos, asegurando entregas más puntuales y una mejor satisfacción del cliente.

Con todo esto, la viabilidad económica del proyecto se evalúa a través de un análisis exhaustivo de los costos detallados en el presupuesto proporcionado. El presupuesto total asciende a 21.319,49 €, incluyendo el IVA, lo que abarca todos los costos directos, indirectos y generales. Este monto cubre los gastos relacionados con el análisis de la situación actual, la identificación de problemas y causas raíz, así como la propuesta y evaluación de mejoras en la logística de la empresa. La inversión en estos estudios es muy importante, ya que se espera que las mejoras propuestas en la consolidación de almacenes, la implementación de la metodología 5S y el desarrollo de un sistema avanzado de transporte resulten en una optimización significativa de los recursos, mejorando así la eficiencia operativa y reduciendo costos a largo plazo.

Desde una perspectiva de retorno de inversión, los beneficios esperados superan con creces los costos iniciales. Las mejoras en la eficiencia operativa y la reducción de costos logísticos directos, como los relacionados con el almacenamiento y el transporte, son fundamentales para justificar el gasto inicial. Además, la inversión en tecnologías avanzadas y metodologías de mejora continua, como Lean y Kaizen, no solo promueve una cultura de mejora constante, sino que también posiciona a la empresa de manera más competitiva en el mercado. En resumen, el análisis económico muestra que la inversión en este proyecto es no solo viable sino también estratégica, asegurando una mejora sostenida en la gestión de la cadena de suministro y en la rentabilidad de la empresa a largo plazo.

7. Conclusiones

7.1 Conclusiones del proyecto

El proyecto se ha centrado en analizar y optimizar la cadena de suministro de Brid, abordando problemas identificados como altos costos operativos, retrasos en el transporte y falta de metodologías Lean en los almacenes. En los capítulos iniciales, se ha realizado un diagnóstico de la situación actual, identificando las áreas críticas que requerían mejoras. Se han propuesto diversas alternativas para cada problema, evaluando sus ventajas y desventajas para seleccionar las opciones más adecuadas.

El capítulo de diagnóstico de la situación actual ha proporcionado una visión detallada de los desafíos que enfrenta la cadena de suministro de Brid. Se han identificado problemas clave como la dispersión de almacenes regionales, que resultaba en altos costos operativos y complejidades en la gestión de inventarios. Además, la falta de implementación de tecnologías avanzadas y metodologías Lean, lo que limitaba la eficiencia operativa. También se han analizado los problemas de transporte, que incluían retrasos y altos costos debido a la dependencia de empresas logísticas externas.

En el capítulo de propuesta de soluciones, se han presentado diversas alternativas para abordar los problemas identificados. Para reducir los costos operativos, se ha propuesto la consolidación de almacenes y la subcontratación de servicios de almacenamiento. Para mejorar la eficiencia logística, se ha sugerido la implementación de un sistema de optimización de la carga de camiones y la creación de una flota de transporte propia. Además, se ha recomendado la adopción de metodologías Lean y la automatización de almacenes para optimizar los procesos internos. Cada alternativa ha sido evaluada en términos de costos, beneficios y viabilidad de implementación, utilizando el método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) para determinar las soluciones más viables.

Finalmente, en el capítulo de plan de implementación, se han desarrollado los pasos necesarios para llevar a cabo las soluciones seleccionadas. Se han descrito las actividades específicas, los recursos requeridos y los indicadores de éxito para cada alternativa. Se han anticipado mejoras significativas en la eficiencia operativa y en la reducción de costos, así como en la capacidad de la empresa para responder de manera más ágil a las demandas del mercado. Estas conclusiones subrayan el potencial de las mejoras propuestas para fortalecer la cadena de suministro de Brid y mantener su posición competitiva en el mercado.

7.2 Lecciones aprendidas

A lo largo del proyecto, me he enfrentado diversos desafíos que pusieron a prueba mis habilidades y conocimientos. La complejidad de la reconfiguración de la red de almacenes ha sido uno de los principales obstáculos, requiriendo un análisis meticuloso de los datos de demanda y la coordinación de múltiples variables logísticas. También he encontrado dificultades en la integración de nuevas tecnologías, como los sistemas de gestión de transporte y las metodologías Lean, que han exigido una adaptación cultural y organizacional significativa.

Estos desafíos me han permitido crecer como ingeniero, desarrollando una mayor capacidad para abordar problemas complejos de manera estructurada y estratégica. He aprendido a utilizar herramientas analíticas avanzadas para la toma de decisiones, a gestionar proyectos de gran envergadura y a trabajar de manera colaborativa con diferentes partes interesadas. Además, la experiencia me ha enseñado la importancia de la flexibilidad y la adaptabilidad en la implementación de cambios organizacionales y tecnológicos.



Mis logros incluyen la identificación de soluciones efectivas para los problemas de la cadena de suministro, la mejora de la eficiencia operativa y la reducción de costos. Estas lecciones me han preparado mejor para futuros proyectos, equipándome con un conjunto de habilidades y experiencias valiosas para enfrentar nuevos desafíos en el ámbito de la ingeniería industrial y la gestión de operaciones.

7.3 Futuras líneas de trabajo

El proyecto ha dejado claras varias áreas de oportunidad que pueden ser exploradas para seguir mejorando la cadena de suministro de Brid. Una línea de trabajo futura es la integración de tecnologías emergentes y la inteligencia artificial para mejorar aún más la visibilidad y el control sobre las operaciones logísticas. Estas tecnologías pueden proporcionar datos en tiempo real y análisis predictivos que ayuden a anticipar problemas y optimizar procesos de manera proactiva.

Otra área para considerar es la expansión de estrategias de sostenibilidad dentro de la cadena de suministro. Esto incluye la adopción de prácticas de logística verde, como el uso de vehículos eléctricos para el transporte y la implementación de políticas de reciclaje y reducción de residuos en los almacenes. Al alinearse con las tendencias globales hacia la sostenibilidad, Brid puede no solo reducir su impacto ambiental, sino también mejorar su reputación y cumplir con las expectativas de los consumidores y reguladores.

Finalmente, es muy importante mantener un enfoque continuo en la capacitación y el desarrollo del personal. A medida que se introducen nuevas tecnologías y metodologías, es muy importante que los empleados estén equipados con las habilidades necesarias para utilizarlas eficazmente. Programas de formación y desarrollo profesional ayudarán a asegurar que la fuerza laboral de Brid pueda adaptarse rápidamente a los cambios y contribuir de manera efectiva a la mejora continua de la cadena de suministro. Estas líneas de trabajo futuras garantizan que el proyecto tenga un impacto duradero y evolutivo, asegurando la competitividad de Brid en el largo plazo.

8. Bibliografía

- Banks, J. (2009). *Simulación de Redes Logísticas*. Wiley.
- Casasus, T., Mocholi, M., Sanchis, V., & Sala, R. (1996). *Optimización económica con GAMS*. Obtenido de V Jornadas de Asepuma Malaga, Universidad de Valencia.
- Castillo, E., Conejo, A. J., Pedregal, P., García, R., & Alguacil, N.-A. (2002). *Formulación y Resolución de Modelos de Programación Matemática en Ingeniería y Ciencia*. Obtenido de Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Castilla La Mancha.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management* (5th ed.). Pearson Education.
- Coronado-Hernández, J. R., Garcia-Sabater, J. P., Maheut, J., & Garcia-Sabater, J. J. (Octubre de 2010). *Modelo de optimización estocástica para la planificación de cadenas de suministro para productos con ciclo de vida cortos*. Obtenido de In 4th International Conference On Industrial Engineering and Industrial Management (pp. 1366-1375).
- García Sabater, J. J. (2024). 5S: La implementación de la metodología 5S. Obtenido de Universidad politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial.
- García Sabater, J. J. (2024). *Kaizen: Promoviendo la mejora continua en las operaciones logísticas*. Obtenido de Universidad politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial.
- Ishikawa, K. (1943). *Diagrama de Ishikawa*. En *Control de calidad total: La piedra angular de la calidad* (pp. 20-34)
- Maheut, J., & García-Sabater, J. P. (2023). *Fast & Farm Neumáticos*. Obtenido de Project-Based-Learning Case: <http://hdl.handle.net/10251/199920/>
- Mocholí, M. (2009). *TOMA DE DECISIONES CON GAMS*. Obtenido de Control de Gestión y Finanzas.
- Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J. M., Barquín, J., & Linaers, P. (2010). *Modelos Matemáticos de Optimización*. Obtenido de Universidad Pontificia Comillas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Departamento de Organización Industrial.
- Rodríguez, J. M. (2013). *Dirección de operaciones y logística*. McGraw-Hill Interamericana.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. John Wiley & Sons.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2007). *Introducción al transporte de mercancías*. McGraw-Hill.



Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2007). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.

Toyoda, S. (1930). *Análisis de los Cinco Porqués*. En Metodologías para la mejora. Institute of Plant Maintenance.

Anexo

Relación del TFM “ANÁLISIS Y REDISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA LÍDER DEL SECTOR DE LOS NEUMÁTICOS, CON UN ENFOQUE ESPECÍFICO EN EL ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN.” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Proceder
ODS 1. Fin de la pobreza.				X
ODS 2. Hambre cero.				X
ODS 3. Salud y bienestar.				X
ODS 4. Educación de calidad.			X	
ODS 5. Igualdad de género.			X	
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				X
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				X
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.		X		
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.		X		
ODS 10. Reducción de las desigualdades.			X	
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.				X
ODS 12. Producción y consumo responsables.		X		
ODS 13. Acción por el clima.		X		
ODS 14. Vida submarina.				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				X
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				X



Grado de relación del trabajo con las metas de los (ODS).

Metas del ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.	Alto	Medio	Bajo	No Procede
8.1 Mantener el crecimiento económico per cápita de conformidad con las circunstancias nacionales y, en particular, un crecimiento del producto interno bruto de al menos el 7% anual en los países menos adelantados	X			
8.2 Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra	X			
8.3 Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios financieros	X			
8.4 Mejorar progresivamente, de aquí a 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, conforme al Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, empezando por los países desarrollados	X			
8.5 De aquí a 2030, lograr el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todas las mujeres y los hombres, incluidos los jóvenes y las personas con discapacidad, así como la igualdad de remuneración por trabajo de igual valor		X		
8.6 De aquí a 2020, reducir considerablemente la proporción de jóvenes que no están empleados y no cursan estudios ni reciben capacitación			X	
8.7 Adoptar medidas inmediatas y eficaces para erradicar el trabajo forzoso, poner fin a las formas contemporáneas de esclavitud y la trata de personas y asegurar la prohibición y eliminación de las peores formas de trabajo infantil, incluidos el reclutamiento y			X	



la utilización de niños soldados, y, de aquí a 2025, poner fin al trabajo infantil en todas sus formas				
8.8 Proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores, incluidos los trabajadores migrantes, en particular las mujeres migrantes y las personas con empleos precarios		X		
8.9 De aquí a 2030, elaborar y poner en práctica políticas encaminadas a promover un turismo sostenible que cree puestos de trabajo y promueva la cultura y los productos locales			X	
8.10 Fortalecer la capacidad de las instituciones financieras nacionales para fomentar y ampliar el acceso a los servicios bancarios, financieros y de seguros para todos			X	
8.a Aumentar el apoyo a la iniciativa de ayuda para el comercio en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, incluso mediante el Marco Integrado Mejorado para la Asistencia Técnica a los Países Menos Adelantados en Materia de Comercio			X	
8.b De aquí a 2020, desarrollar y poner en marcha una estrategia mundial para el empleo de los jóvenes y aplicar el Pacto Mundial para el Empleo de la Organización Internacional del Trabajo			X	

Descripción de la alineación del TFM con los ODS, las metas y valoración del grado de impacto con las métricas existentes y/o métricas relacionadas.

ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico:

- **Meta 8.1:** El proyecto contribuye a mantener el crecimiento económico al optimizar la red de almacenes, lo que incrementa la eficiencia operativa y reduce los costos.
- **Meta 8.2:** A través de la modernización tecnológica y la implementación de metodologías avanzadas como la programación matemática y el análisis ABC, se elevan los niveles de productividad económica.



- **Meta 8.3:** Promueve el desarrollo de políticas que apoyan la creación de empleos decentes y fomenta la innovación en la gestión de la cadena de suministro.
- **Meta 8.4:** Mejora la eficiencia en el consumo de recursos mediante una planificación más sostenible y eficaz de las redes logísticas.

ODS 9: Industria, innovación e infraestructuras:

- El proyecto se alinea con este objetivo al fomentar la innovación y modernización de las infraestructuras logísticas, mejorando la eficiencia y reduciendo los costos operativos.

ODS 12: Producción y consumo responsables:

- Promueve prácticas sostenibles en la cadena de suministro, optimizando el uso de recursos y reduciendo el desperdicio.

ODS 13: Acción por el clima:

- La reconfiguración de la red de almacenes y la optimización de las rutas de transporte contribuyen a la reducción de emisiones de carbono, ayudando en la lucha contra el cambio climático.



Presupuesto





Una vez finalizada la memoria del proyecto, se procede a evaluar económicamente el coste de su elaboración. Para ello, se elabora un presupuesto que incluye todos los costes asociados al estudio y desarrollo del proyecto. Es importante destacar que este proyecto no requiere materiales específicos para su implementación, salvo artículos de papelería como bolígrafos y papel, cuya relevancia es mínima. Esto se debe a que se trata de un proyecto de consultoría, cuyo coste principal se basa en los sueldos de las personas involucradas en su realización.

Se recuerda, por otro lado, que, al tratarse además de un Trabajo de Fin de Máster, el número de horas dedicadas a este Proyecto han sido como mínimo las equivalentes a los créditos que se le atribuyen al TFM en el Máster en Ingeniería Industrial, es decir, 12 ETCS. Esto se deduce en un total de 300 horas de trabajo.

Para la elaboración del presupuesto se han considerado los siguientes aspectos:

1. Gastos Generales: Representarán el 15% del Presupuesto de Ejecución Material e incluirán costes como:
 - Artículos de papelería
 - Tinta de impresora
 - Teléfono
 - Encuadernaciones
 - Electricidad
2. Costes Indirectos (CI): Se refiere a aquellos costes que no pueden atribuirse a una o varias unidades de obra concreta, sino que afectan a múltiples partidas o al proyecto en su totalidad. Por ello, se asignará un valor del 1% a estos costes.
3. Beneficio Industrial: Se tomará un valor del 6% del Presupuesto de Ejecución Material. Este concepto es aplicable si una empresa privada desarrolla el proyecto. Sin embargo, una empresa consultora no obtendría beneficios por la elaboración del proyecto.

Otro aspecto para considerar es el salario de las personas involucradas en el desarrollo del proyecto. Los salarios asumidos son los siguientes:

- Ingeniero Industrial: 25€ por hora
- Ingeniero industrial Senior: 35 € a la hora
- Director de Mejora de Procesos: 30€ por hora
- Promotor Lean Manufacturing: 30 € a la hora



Anejo de justificación de precios por capítulo





Nº	Código	Ud	Descripción		Total
----	--------	----	-------------	--	-------

1. Análisis de la situación actual de la empresa y estudio de posibles mejoras

1.1	P01.01		Análisis de la empresa				
	60,000		Ingeniero Industrial		25,000 €		1500,00 €
				1,000 % Costes indirectos	1500,000 €		15,00 €
			Coste total				1515,00 €
1.2	P01.02		Estudio de problemas detectados				
	42,000		Ingeniero Industrial		25,000 €		1050,00 €
				1,000 % Costes indirectos	1050,000 €		10,50 €
			Coste total				1060,50 €
1.3	P01.03		Análisis e identificación de causas raíz				
	34,000		Ingeniero Industrial		25,000 €		850,00 €
				1,000 % Costes indirectos	850,000 €		8,50 €
			Coste total				858,50 €
1.4	P01.04		Identificación y priorización de oportunidades de mejora				
	24,000		Ingeniero Industrial		25,000 €		600,00 €
	10,000		Ingeniero industrial senior		35,000 €		350,00 €
				1,000 % Costes indirectos	950,000 €		9,50 €
			Coste total				909,50 €



Nº	Código	Ud	Descripción		Total
----	--------	----	-------------	--	-------

2. Consolidación de almacenes

2.1	P02.01		Análisis de los almacenes existentes		
	10,000		Ingeniero Industrial	25,000 €	250,00 €
	10,000		Ingeniero industrial senior	35,000 €	350,00 €
			1,000 % Costes indirectos	600,000 €	6,00 €
			Coste total		606,00 €
				
				
2.2	P02.02		Propuestas de alternativas al sistema actual		
	40,000		Ingeniero industrial	25,000 €	1000,00 €
	40,000		Ingeniero industrial senior	35,000 €	1400,00 €
	40,000		Director de mejora de procesos	30,000 €	1200,00 €
			1,000 % Costes indirectos	3.600,000 €	36,00 €
			Coste total		3.636,00 €
				
2.3	P02.03		Elección de la mejor alternativa y comprobación de su viabilidad		
	50,000		Ingeniero industrial	25,000 €	1250,00 €
	30,000		Ingeniero industrial senior	35,000 €	1050,00 €
	20,000		Director de mejora de procesos	30,000 €	600,00 €
			1,000 % Costes indirectos	2.900,000 €	29,00 €
			Coste total		2.929€
				



Nº	Código	Ud	Descripción		Total
----	--------	----	-------------	--	-------

3. Implementación de las 5S en los almacenes

3.1	P03.01		Estudio de la metodología		
	8,000		Ingeniero Industrial	25,000 €	200,00 €
	4,000		Director de Mejora de Procesos	30,000 €	120,00 €
			1,000 % Costes indirectos	320,000 €	3,20 €
			Coste total		323,20 €
3.2	P03.02		Estudio de la viabilidad		
	8,000		Ingeniero Industrial	25,000 €	200,00 €
	8,000		Director de Mejora de Procesos	30,000 €	240,00 €
			1,000 % Costes indirectos	440,000 €	4,00 €
			Coste total		444,00 €
3.3	P03.03		Estudio de las mejoras futuras		
	10,000		Ingeniero Industrial	25,000 €	250,00 €
	10,000		Director de Mejora de Procesos	30,000 €	300,00 €
			1,000 % Costes indirectos	550,000 €	5,50 €
			Coste total		555,50 €



Nº	Código	Ud	Descripción		Total
----	--------	----	-------------	--	-------

4. Desarrollo del Sistema Avanzado de transporte

4.1	P04.01		Desarrollo teórico		
	30,000		Ingeniero Industrial	25,000 €	750,00€
	10,00		Ingeniero industrial senior	35,00 €	350,00€
		1,000 %	Costes indirectos	1100,00 €	11,00 €
			Coste total		1,111,00 €

4.2	P04.02		Estudio de la viabilidad y las mejoras proporcionadas		
	20,00		Ingeniero Industrial	25,000 €	500,00 €
	10,000		Ingeniero industrial senior	35,000 €	350,00 €
		1,000 %	Costes indirectos	850,00 €	8,50 €
			Coste total		858,50 €





Anejo de resumen de precios por capítulo





Capítulo Nº1: Análisis de la situación actual de la empresa y estudio de posibles mejoras

Nº	Descripción		Medición	Precio	Importe
1.1	Análisis de la empresa				
		Total:	1,00	1.515,00 €	1.515,00 €
1.2	Estudio de problemas detectados				
		Total:	1,00	1.060,50 €	1.060,50 €
1.3	Análisis e identificación de causas raíz				
		Total:	1,00	858,50 €	858,50 €
1.4	Identificación y priorización de oportunidades de mejora				
		Total:	1,00	909,50 €	909,50 €

Parcial Nº1: Análisis de la situación actual de la empresa y estudio de posibles mejoras

4.343,50



Capítulo Nº2: Consolidación de almacenes

Nº	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1	Análisis de los almacenes existentes			
	Total:	1,00	606,00 €	606,00 €
2.2	Propuestas de alternativas al sistema actual			
	Total:	1,00	3.636,00 €	3.636,00 €
2.3	Elección de la mejor alternativa y comprobación de su viabilidad			
	Total:	1,00	2.929,00€	2.929,00€
Parcial Nº2: Consolidación de almacenes				7.171,00



Capítulo N°3: Implementación de las 5S en los almacenes

Nº	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	Estudio de la metodología			
	Total:	1,00	323,20 €	323,20 €
3.2	Estudio de la viabilidad			
	Total:	1,00	444,00 €	444,00 €
3.3	Estudio de las mejoras futuras			
	Total:	1,00	555,50 €	555,50 €
Parcial N°3: Implementación de las 5S en los almacenes				1.322,70



Capítulo Nº4: Desarrollo del sistema avanzado de transporte

Nº	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	Desarrollo teórico			
		Total:	1,00	1.111,00 €
				1.111,00 €
4.2	Estudio de la viabilidad y las mejoras proporcionadas			
		Total:	1,00	858,50 €
				858,50 €
Parcial Nº4: Desarrollo del sistema avanzado de transporte				1.969,00



Presupuesto de ejecución material

1 Análisis de la situación actual de la empresa y estudio de posibles mejoras	4.343,20
2 Consolidación de almacenes	7.171,00
3 Implementación de las 5S en los almacenes	1.322,70
4 Desarrollo del sistema avanzado de transporte	1.969,00
Total	14.806,20

El presupuesto de ejecución material asciende a la expresada cantidad de CATORCE MIL OCHOCIENTOS SEIS EUROS CON VEINTE.





Resumen del presupuesto





Presupuesto de ejecución por contrata

Capítulo	Importe (€)
1 Análisis de la situación actual de la empresa y estudio de posibles mejoras	4.343,20
2 Consolidación de almacenes	7.171,00
3 Implementación de las 5S en los almacenes	1.322,70
4 Desarrollo del sistema avanzado de transporte	1.969,00
<hr/>	
Presupuesto de ejecución material (PEM)	14.806,20
13% de gastos generales	1.924,81
6% de beneficio industrial	888,38
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	17.619,39
21% IVA	3.700,10
Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GG + BI + IVA)	21.319,49

El presupuesto de ejecución por contrata con IVA asciende a la expresada cantidad de VEINTIÚN MIL TRESCIENTOS DIECINUEVE EUROS CON CUARENTA Y NUEVE.