



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Identificación, análisis y priorización de los factores críticos
de éxito en la implementación de Lean Management en
una empresa del sector alimentario utilizando el Bayesian
Best-Worst method

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Avanzada de Producción,
Logística y Cadena de Suministro

AUTOR/A: Ruiz Albert, José Luis

Tutor/a: Rodríguez Rodríguez, Raúl

Cotutor/a: Alfaro Saiz, Juan José

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, quienes me inculcaron desde pequeño la importancia de los estudios y siempre me facilitaron todos los recursos y conocimientos necesarios para alcanzar mis objetivos. A mi hermana, que, al igual que mis padres, me ha apoyado en todo momento, permitiéndome seguir adelante tanto en mis estudios como en la vida.

También me gustaría agradecer especialmente a mi tutor, Raúl, por la ayuda que me brindó desde el primer momento, siempre estando disponible para las continuas revisiones del documento y enseñándome diferentes maneras de mejorarlo.

A mis amigos y compañeros de clase, con quienes nos hemos apoyado mutuamente durante este año para superar juntos este máster universitario. Nunca olvidaré esta etapa tan valiosa que me ha permitido crecer tanto personal como profesionalmente.

Finalmente, quiero agradecer a mis amigos de siempre, quienes han estado ahí desde que asistía a primaria y a la ESO. Gracias por creer en mí, a pesar de la distancia y el tiempo sin vernos, y por compartir buenos momentos cada vez que volvía a Málaga de vacaciones.

Resumen:

En este estudio se investigan los factores clave para la aplicación de la gestión sostenible de una empresa en la industria de la alimentación. En primer lugar, con la ayuda de una revisión de la literatura, se identificó un total de diecisiete factores críticos de éxito (CSF) más significativos para implementar la gestión ajustada sostenible o Sustainable Lean Management (SLM). A continuación, los CSF identificados se agruparon en tres grupos de criterios o clústeres: clúster de sostenibilidad y gestión ambiental, clúster de tecnología en producción, y clúster de mejoras de procesos, basándose en la revisión literaria. Por último, empleamos el método bayesian Best-Worst (BWM) para evaluar la importancia de estos CSF. Este estudio muestra que la utilización y gestión sostenible de los recursos reduce el tiempo de entrega y las actividades que no añaden valor, el apoyo adecuado de la alta dirección y la adopción de tecnologías disruptivas y emergentes son los tres principales CSF cruciales para implementar SLM de manera efectiva en la industria de la alimentación. Esto viene dado por la peculiaridad de su naturaleza perecedera y la necesidad de mantener altos estándares de calidad y seguridad alimentaria, con el propósito de satisfacer la demanda del mercado y garantizar la frescura y la integridad de los alimentos, además de evitar así el desperdicio de esta. Estas conclusiones pueden ayudar a los profesionales del sector y a los organismos reguladores a elaborar planes de acción eficaces para captar este mercado competitivo, garantizando al mismo tiempo un futuro sostenible.

Palabras claves: SLM; Bayesian Best-Worst; BWM; Sector alimentario; Producción; Toma de decisiones; Factores Críticos de éxito; CSF; Sostenibilidad; Procesos

Abstract: This study investigates the key factors for the implementation of sustainable management of a company in the food industry. First, with the help of a literature review, a total of seventeen most significant critical success factors (CSF) for implementing Sustainable Lean Management (SLM) were identified. The identified CSFs were then grouped into three groups of criteria or clusters: sustainability and environmental management cluster, production technology cluster, and process improvement cluster, based on the literature review. Finally, we employed the Bayesian Best-Worst Method (BWM) to assess the importance of these CSFs. This study shows that sustainable resource utilisation and management reduces lead time and non-value adding activities, adequate top management support and adoption of disruptive and emerging technologies are the top three crucial CSFs to implement SLM effectively in the food industry. This is due to the peculiarity of its perishable nature and the need to maintain high standards of quality and food safety, in order to meet market demand and ensure food freshness and integrity, and to avoid food waste. These findings can help industry professionals and regulators to develop effective action plans to capture this competitive market while ensuring a sustainable future.

Key Words: SLM; Bayesian Best-Worst; BWM; Food sector; Production; Decision making; Critical Success Factors; CSF; Sustainability; Processes

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Metodología de la investigación	9
Ilustración 2. Distribución artículos publicados por año	10
Ilustración 3. Ranking de los clústeres	22
Ilustración 4. Ranking de C1	23
Ilustración 5. Ranking de C2	25
Ilustración 6. Ranking de C3	27
Ilustración 7. Ranking global CSFs	29
Ilustración 8. Diagrama PACE. P4	32
Ilustración 9. P4. Diagrama de GANTT	37
Ilustración 10. Diagrama PACE. P5.....	38
Ilustración 11. P5. Diagrama de GANTT	41
Ilustración 12. Diagrama PACE. T4	42
Ilustración 13. T4. Diagrama de GANTT	45
Ilustración 14. Diagrama PACE. T2	46
Ilustración 15. T2. Diagrama de GANTT	47
Ilustración 16. Diagrama PACE. T1	48
Ilustración 17. T1. Diagrama de GANTT	50
Ilustración 18. Diagrama PACE. T3	51
Ilustración 19. T3. Diagrama de Gantt	52
Ilustración 20. Diagrama PACE. P2.....	53
Ilustración 21. P2. Diagrama de GANTT	54
Ilustración 22. Diagrama PACE. P1.....	55
Ilustración 23. P1. Diagrama de GANTT	56

Índice de tablas

Tabla 1. Identificación de los CSFs	11
Tabla 2. Agrupación CSFs.....	13
Tabla 3. Best-To-Others: Clúster	16
Tabla 4. Best-To-Others: C1	16
Tabla 5. Best-To-Others: C2	17
Tabla 6. Best-To-Others: C3	17
Tabla 7. Worst-To-Others: Clúster	18
Tabla 8. Worst-To-Others: C1	18
Tabla 9. Worst-To-Others: C2	19
Tabla 10. Worst-To-Others: C3	20
Tabla 11. Niveles de confianzas: Clúster	22
Tabla 12. Niveles de confianzas: C1	24
Tabla 13. Niveles de confianzas: C2	26
Tabla 14. Niveles de confianzas: C3	28
Tabla 15. P4. Acción 1	33
Tabla 16. P4. Acción 2	34
Tabla 17. P4. Acción 4	35
Tabla 18. P4. Acción 5	36
Tabla 19. P5. Acción1	38
Tabla 20. P5. Acción 2	39
Tabla 21. P5. Acción 3	39
Tabla 22. P5. Acción 4	40
Tabla 23. T4. Acción 1.....	42
Tabla 24. T4. Acción 2.....	43
Tabla 25. T4. Acción 3.....	44
Tabla 26. T4. Acción 4.....	44
Tabla 27. T2. Acción 1.....	46
Tabla 28. T2. Acción 2.....	47
Tabla 29. T1. Acción 1.....	48
Tabla 30. T1. Acción 2.....	49
Tabla 31. T3. Acción 1.....	51
Tabla 32. T3. Acción 2.....	52
Tabla 33. P2. Acción 1	53
Tabla 34. P2. Acción 2	54
Tabla 35. P1. Acción 1	55
Tabla 36. P1. Acción 2	56
Tabla 37. Inversión para cada acción	57

Contenido

Índice de ilustraciones	vi
Índice de tablas	vii
Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Estructura del TFM.....	2
Capítulo 2. Lean Management.....	3
2.1. Conceptos generales.....	3
2.2. Implementación de Lean Management	6
Capítulo 3. Metodología	9
3.1. Fase 1. Revisión de la literatura e identificación de los CSFs	9
3.2. Fase 2. Aplicación del BBWM	14
3.3. Fase 3. Análisis de resultados	21
Capítulo 4. Recomendaciones prácticas	31
4.1. Acciones para P4.....	31
4.2. Acciones para P5.....	37
4.3. Acciones para T4	41
4.4. Acciones para T2	45
4.5. Acciones para T1	47
4.6. Acciones para T3	50
4.7. Acciones para P2.....	52
4.8. Acciones para P1.....	55
Capítulo 5. Análisis económico	57
Capítulo 6. Conclusiones y futuras líneas de investigación	59
Bibliografía	61
Anexo. Programa MATLAB.....	63

Capítulo 1. Introducción

La implementación de Lean Management (LM) en las empresas ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia operativa, reducir desperdicios y aumentar la calidad de los productos y servicios. En el sector alimentario, donde los estándares de calidad y eficiencia son importantes, la adopción de principios Lean puede ofrecer ventajas competitivas significativas. Sin embargo, el éxito de dicha implementación depende de una correcta identificación y gestión de los factores críticos de éxito (CSFs) que pueden influir en todo el proceso.

Este Trabajo de Fin de Máster (TFM) se centra en la identificación, análisis y priorización de los factores críticos de éxito en la implementación de Lean Management en una empresa del sector alimentario. Para abordar dicha tarea se está utilizando el método Bayesian Best-Worst (BBWM), una herramienta que permite evaluar de manera rigurosa las preferencias y prioridades de los factores críticos identificados. Este método permite evaluar las preferencias y prioridades de los factores identificados, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones estratégicas.

1.1. Objetivos

De manera que este Trabajo de Fin de Máster, presenta los siguientes objetivos:

- Identificar los factores críticos de éxito, basados en la literatura científica existente, en la implementación de Lean Management específicamente dentro del sector alimentario. Esto se debe a que el sector alimentario presenta características y desafíos únicos, como la gestión de productos perecederos, la necesidad de cumplir con estrictas normativas de seguridad alimentaria, y la presión constante para innovar y mantener costes bajos. Estos elementos hacen que la implementación de Lean Management requiera un enfoque adaptado y específico.
- Analizar la relevancia de estos factores para la implementación de Lean Management, en el contexto de una empresa alimentaria, considerando las particularidades y desafíos del sector, ya que no todos los factores críticos identificados en la literatura pueden tener la misma relevancia en todas las empresas del sector alimentario. Es esencial adaptar y analizar estos factores dentro del contexto específico de la empresa en la que se está trabajando.
- Aplicar el método Bayesian Best-Worst, conjuntamente con algunos trabajadores de la empresa en que se está investigando, para priorizar estos factores críticos, ofreciendo una herramienta que permita a la compañía enfocar sus esfuerzos en los aspectos más determinantes para el éxito del Lean Management.
- Proporcionar recomendaciones prácticas basadas en los resultados del análisis, que puedan ser implementadas para mejorar la efectividad del Lean Management en el sector alimentario. Con la finalidad de que este estudio tenga una resolución tangible, es por ello que los resultados teóricos se transformen en recomendaciones prácticas que la empresa pueda implementar para mejorar la efectividad de su proceso de implementación de Lean Management.

1.2. Estructura del TFM

El TFM está organizado en seis capítulos, cada uno de ellos orientado para guiar al lector a través del proceso de investigación, análisis y recomendación. En primer lugar, se encuentra el capítulo uno que es la introducción, donde se ofrece una breve descripción del estudio de este documento, los objetivos y la estructura. En el segundo capítulo, se hablará de la teoría del LM, para tener más claros los conceptos generales, proporcionando un marco teórico que abarca su historia, principios, herramientas y beneficios. Se discuten los elementos claves para su implementación efectiva en una empresa, con especial atención a las particularidades del sector alimentario. En la tercera parte se comentará la metodología que se ha seguido con cada una de sus fases para elaborar la investigación, a la vez que se va elaborando el caso de estudio, aplicando para ello las diferentes fases de la misma. Además, se introduce el caso de estudio, describiendo la empresa analizada y el contexto en el que se desarrolla la investigación. En el capítulo cuatro, aquí se presentan y analizan los resultados obtenidos tras la aplicación del Bayesian BWM a los factores críticos de éxito identificados. Basándose en este análisis, se proponen diferentes planes de acción detallados para abordar y optimizar los CSFs más relevantes para la empresa, con el objetivo de facilitar la implementación de Lean Management de manera exitosa. En el capítulo siguiente, que corresponde al número cinco, se realizará una estimación del presupuesto que supondría implementar cada acción para la empresa. Por último, el capítulo seis resume las conclusiones de este TFM y se añadirá algunas futuras líneas de trabajo que se deben de abordar y no se han podido tratar en este estudio.

Capítulo 2. Lean Management

En un entorno empresarial cada vez más globalizado y competitivo, las organizaciones buscan constantemente metodologías que les permitan optimizar sus procesos, reducir costes y mejorar su competitividad. Entre las distintas filosofías de gestión que han surgido en las últimas décadas, Lean Management se destaca como una de las más efectivas para alcanzar estos objetivos. Desarrollado originalmente por Toyota en Japón, Lean se ha convertido en un estándar global para la mejora continua y la eficiencia operativa.

Este capítulo explora en detalle los conceptos generales y los pasos fundamentales para implementar Lean Management en una empresa. Comienza con una comprensión profunda de los principios y herramientas que sustentan la metodología, como Just-in-Time, Kanban, Andon, y el mapeo del flujo de valor (Value Stream Mapping). A partir de ahí, se aborda el diagnóstico de la situación actual de la empresa, un paso esencial para identificar ineficiencias y oportunidades de mejora.

La estrategia de implementación es otro aspecto que se discute, destacando la importancia de establecer objetivos claros, diseñar nuevos procesos optimizados y ejecutar cambios de manera gradual y controlada. Además, el capítulo subraya la relevancia de la monitorización continua y la mejora constante, elementos clave para el éxito sostenido de Lean Management.

A través de un enfoque estructurado y detallado, este capítulo proporciona una guía práctica para las empresas que desean adoptar la filosofía Lean, adaptándola a sus contextos específicos y superando los desafíos que puedan surgir en el camino.

2.1. Conceptos generales

En el mundo de los negocios, las empresas están en constante búsqueda de sistemas de gestión que les permitan ser más competitivas en un mercado cada vez más globalizado. Este entorno global ha intensificado la competencia, empujando a las organizaciones a ser más eficientes y a diferenciarse de manera significativa. (Ambit, 2020)

La metodología Lean es un enfoque estratégico que emplea principios y herramientas de gestión y planificación con el objetivo de mejorar continuamente la productividad de las organizaciones. Esta metodología se centra en alinear los procesos y el ritmo de trabajo con la demanda real de los clientes, asegurando así que la producción se realiza en el momento justo y en la cantidad exacta. Aplicar estos principios genera significativos aumentos en la productividad, capacidad y fiabilidad de los procesos, además de reducir los niveles de inventarios, la necesidad de espacio, los plazos de entrega y los requerimientos de financiación. Esto se logra al acortar el tiempo entre el pedido y el cobro, optimizando así el tiempo de fabricación o prestación de servicios. (Escuela de Lean Management, 2015b)

Esta metodología, que tuvo sus inicios en la industria del automóvil japonesa, específicamente en Toyota, se basa en ajustar los procesos y el ritmo de trabajo a la demanda real de los clientes. Su aplicación no solo mejora la productividad, la capacidad y la fiabilidad de los procesos, sino que también reduce significativamente los niveles de

inventario, la necesidad de espacio, los plazos de entrega y los costos de financiación, al acortar el tiempo entre el pedido y el cobro. El éxito continuado de Toyota, incluso durante la crisis del petróleo de 1973, despertó el interés de otras empresas japonesas en su sistema de gestión, demostrando que la metodología Lean no es exclusiva de la cultura japonesa. Sin embargo, la adopción de estos principios en las sociedades occidentales no fue una tarea fácil. A menudo, se escuchaban opiniones que atribuían el éxito de Lean Management exclusivamente a la cultura japonesa, sugiriendo que su implementación en Occidente sería ineficaz o que solo sería aplicable en la industria automotriz. Esta percepción limitaba la adopción más amplia de la metodología Lean, con muchos especialistas reduciendo su aplicación a simples técnicas como las 5S o las tarjetas Kanban, sin entender la profundidad y el alcance real de la filosofía Lean. (Escuela de Lean Management, 2015a)

Un caso importante que ilustra la transformación hacia el sistema Lean en Occidente es la experiencia de Ford en la década de 1980. Frente a la competencia japonesa, que dominaba en términos de calidad, coste y eficiencia, Ford enfrentaba una caída significativa en sus ventas y cuota de mercado en Estados Unidos. En respuesta, la empresa adoptó una estrategia bajo la dirección de Don Petersen, quien planteó una pregunta importante: ¿Era el éxito del sistema de producción japonés un resultado de la cultura japonesa, o podía ser exportado y adaptado a otras culturas? Para responder a esta pregunta, se lanzó el proyecto de Hermosillo, donde Ford estableció una planta en México diseñada bajo las mismas especificaciones y procesos que una planta japonesa, pero con trabajadores mexicanos. (Escuela de Lean Management, 2015a)

El proyecto de Hermosillo se convirtió en un experimento clave para demostrar que Lean Management no dependía de la cultura japonesa, sino que podía ser adoptado en cualquier entorno cultural. Los resultados fueron notables: la planta de Hermosillo superó incluso a sus contrapartes japonesas en términos de calidad y productividad, demostrando que la metodología Lean podía ser efectiva en Occidente. (Escuela de Lean Management, 2015a)

Este caso no solo refutó la creencia de que Lean era exclusivamente japonés, sino que también inspiró a otras industrias a reconsiderar sus sistemas de producción. La experiencia de Ford muestra cómo la resistencia inicial y las barreras culturales pueden ser superadas con formación adecuada y un compromiso firme con los principios Lean. A pesar de los desafíos, la planta de Hermosillo se estableció como un modelo de éxito, siendo reconocida como la mejor planta de Ford en términos de calidad y mantenimiento preventivo, y destacando a nivel mundial. (Escuela de Lean Management, 2015a)

En la actualidad, el Lean Management, muchas pequeñas y medianas empresas (pymes) tienen en cuenta esta metodología como una solución ideal para reducir los costes derivados de la falta de calidad, aumentando el valor y mejorar su eficiencia operativa. De este modo, las pymes que utilizan este método buscan un proceso de mejora continua, por lo que no es un sistema estático, que pretenden eliminar todo aquello que no sea productivo como las siguientes características (Ambit, 2020):

- Pérdidas de tiempo. Lean Management realiza un análisis de los trabajos y procesos de la empresa para optimizar el tiempo necesario para llevarlos a cabo, permitiendo así una mayor agilidad y rapidez en la respuesta a las demandas del mercado.
- Esfuerzos innecesarios. Todas las acciones dentro de una empresa son revisadas cuidadosamente para encontrar la forma más eficiente de realizarlas, minimizando el esfuerzo y los recursos necesarios. Esto no solo mejora la productividad, sino que también reduce el desgaste y la sobrecarga de los empleados
- Control de gastos. Lean se centra en la optimización de los recursos, eliminando todos aquellos gastos que no contribuyen directamente a un aumento de la productividad o del beneficio. Esto incluye desde la gestión de inventarios hasta la simplificación de procesos administrativos.

A continuación, se va a hablar de los diferentes puntos de ventajas y desventajas que tiene la implementación de esta metodología. En primer lugar, se hablará de las principales ventajas (Ambit, 2020):

- Eficiencia en los procesos de producción. Al implementar Lean, los procesos productivos se optimizan, lo que resulta en una significativa reducción de costos. Este sistema elimina tareas innecesarias y se enfoca en lo que realmente agrega valor, mejorando la utilización de los recursos disponibles.
- Reducción de tiempos de operación. Lean Management minimiza los tiempos asociados a tareas que no generan valor, permitiendo que ese tiempo se redirija hacia acciones más productivas. Esto no solo acelera los procesos internos, sino que también mejora la capacidad de respuesta de la empresa.
- Mejora de la eficacia y satisfacción de los trabajadores. Al simplificar los procesos y reducir esfuerzos innecesarios, los empleados pueden realizar su trabajo con mayor eficacia y menor esfuerzo. Esto se traduce en mejores resultados y una mayor satisfacción laboral, lo que a su vez puede mejorar la calidad del trabajo realizado.
- Reducción de pérdidas por desperdicios. Lean Management se enfoca en minimizar los desperdicios generados en los procesos productivos. Esto incluye una gestión más eficiente de las materias primas, lo que reduce los costos y evita el desperdicio innecesario.
- Control preciso de inventario. Lean permite un control más riguroso del inventario, disminuyendo los gastos por pérdidas, roturas u obsolescencia. Mantener un inventario optimizado es clave para reducir costes y aumentar la eficiencia operativa.
- Mejora del servicio al cliente. Una de las ventajas más notables del Lean Management es la mejora en la entrega de productos y servicios. La capacidad de entregar productos de manera más rápida y precisa aumenta la satisfacción del cliente y refuerza la competitividad de la empresa.
- Aumento de la competitividad. Al enfocarse en la eliminación de actividades que no generan valor y en la mejora continua, Lean Management no solo reduce costes y mejora la eficiencia, sino que también contribuye a que la empresa se posicione mejor en el mercado y ofrezca un servicio más competitivo.

Y respecto a las desventajas podemos encontrar las siguientes (Production Tools, 2024):

- Riesgo de desabastecimiento puntual del producto. Lean Management requiere un gran y continuo seguimiento de los procesos para evitar problemas como cuellos de botella, retrasos en los cambios de producto o fluctuaciones en la calidad. Si no se siguen correctamente, estos problemas pueden llevar a desabastecimientos, afectando la producción y generando insatisfacción entre los clientes.
- Tensión entre personal y dirección. La adopción de Lean implica cambios significativos en la producción y, a menudo, en la reducción de costes. Estos cambios pueden generar tensiones entre la dirección y los empleados, quienes pueden sentir que su estatus laboral o condiciones de trabajo están siendo amenazados. La resistencia al cambio es común y puede dificultar la implementación exitosa de la metodología.
- Altos costos iniciales de implementación. Implementar Lean Management no es un proceso inmediato ya que requiere tiempo y recursos considerables para capacitar al personal y ajustar los sistemas productivos. Estos costos iniciales pueden ser limitantes para las pequeñas empresas, que podrían no tener la capacidad financiera para absorber los gastos asociados durante la fase de transición. En tales casos, se sugiere una implementación gradual o la combinación con metodologías como Lean Management y Kaizen para facilitar la adaptación.
- Necesidad de una revisión profunda de los sistemas productivos. La adopción de Lean Management exige una evaluación exhaustiva de los procesos existentes, lo cual puede generar estrés y resistencia entre los empleados. Algunos pueden sentirse incómodos con la idea de cambiar sus rutinas de trabajo o con la introducción de nuevas técnicas, lo que puede afectar la moral y la cohesión del equipo. La resistencia al cambio puede, en última instancia, influir negativamente en la efectividad del Lean Management dentro de la empresa.

2.2. Implementación de Lean Management

Para finalizar este capítulo se va a hablar de los aspectos relevante a la hora de implementar Lean Management. Primero de todo hay que saber que implementar Lean Management en una empresa es un reto que requiere un cambio profundo en la mentalidad y la estructura organizacional. Este enfoque no ofrece una metodología de implementación estándar, ya que cada empresa, independientemente de su tamaño o sector, presenta circunstancias únicas que deben ser abordadas de manera personalizada. Aun así, la clave del éxito radica en establecer una cultura de mejora continua que involucre a todos los miembros de la organización (Ambit, 2020).

En segundo lugar, se debe de conocer que una implementación apresurada sin la preparación suficiente puede derivar en consecuencias negativas que hay que prever conociendo más en profundidad la metodología (Production Tools, 2024).

A continuación, se van a destacar los pasos fundamentales para implementar Lean Management en una empresa:

- Entender a fondo los conceptos. El primer paso para implementar Lean Management es adquirir un conocimiento profundo de sus principios y

herramientas. Esto implica estudiar en detalle la historia del Toyota Production System (TPS) y comprender conceptos fundamentales como Just-in-Time, Kanban, Andon, Jidoka y Heijunka. Es esencial también familiarizarse con los 7+1 tipos de desperdicios que Lean busca eliminar: sobreprocesamiento, inventarios, transporte, movimiento, defectos, esperas, talento y sobreproducción. Una herramienta importante en este proceso es el Value Stream Mapping (VSM), que permite diagnosticar y rediseñar los flujos de valor con un enfoque Lean.

- Diagnosticar la situación actual. Una vez que se entienden los conceptos Lean, el siguiente paso es realizar un diagnóstico detallado de la situación actual de la empresa. Esto se logra mediante la creación de un Value Stream Map detallado, que mapea todos los procesos desde la materia prima hasta la entrega al cliente. Durante esta etapa, se identifican actividades que no agregan valor, se miden tiempos de ciclo y valor agregado, y se analizan las causas raíz de las ineficiencias y desperdicios. Este diagnóstico sirve como línea base para planificar la estrategia de implementación Lean. Es importante realizar un análisis profundo de todos los procesos y productos de la empresa, utilizando datos reales. Las técnicas gráficas pueden ser de gran ayuda en esta fase para identificar claramente los puntos de mejora en cada proceso.
- Trazar la estrategia de implementación. Con el diagnóstico en mano, se procede a delinear una estrategia de implementación detallada. Esta estrategia debe incluir el alcance del proyecto, objetivos numéricos claros (como la reducción de lead time, disminución de inventarios, y aumento de productividad), un cronograma de metas, y los recursos necesarios. También se deben definir métodos de monitoreo y reporte para asegurar que el avance esté alineado con los objetivos establecidos. La estrategia debe estar perfectamente documentada y contar con el respaldo de todas las áreas involucradas. Es fundamental planificar detalladamente las acciones necesarias, asignando los recursos humanos y materiales adecuados y estableciendo una estructura clara de responsabilidades.
- Diseñar los nuevos procesos. El diseño de nuevos procesos es una fase importante que implica la integración de diversas herramientas Lean para optimizar el flujo de trabajo. Esto incluye la implementación de técnicas como One Piece Flow, que minimiza los tiempos de espera entre operaciones y el uso de sistemas Kanban para gestionar el flujo de inventario de manera Just-in-Time. Además, es fundamental establecer un programa de Mantenimiento Preventivo para reducir las interrupciones no planificadas.
- Ejecutar los cambios de forma gradual. La ejecución de los cambios debe ser gradual y controlada. Se recomienda comenzar con un Value Stream piloto para evaluar el impacto de las nuevas prácticas antes de extenderlas a toda la organización. Durante esta fase, es crucial definir KPIs claros, capacitar adecuadamente al personal, y fomentar la retroalimentación continua a través de herramientas como informes A3. Una vez validados los cambios en el piloto, se procede a estandarizar los procesos y replicar las mejoras en otras áreas de la empresa. Este es quizás el paso más complicado, ya que requiere romper con la inercia habitual de la organización. Es aquí donde se aplican técnicas Lean como

5S, que promueve la organización y eficiencia en el lugar de trabajo, y SMED, que optimiza los tiempos de cambio en los procesos.

- Monitorización y mejora continua. Por último, la implementación de Lean Management no termina con la ejecución de los cambios. Es esencial monitorear continuamente los procesos para identificar oportunidades de mejora adicionales. El principio de mejora continua es un pilar fundamental de Lean, y requiere que la empresa esté siempre buscando formas de optimizar sus operaciones, eliminar desperdicios y aumentar el valor para el cliente. La monitorización en tiempo real es esencial para detectar problemas y asegurar que se están alcanzando los objetivos establecidos. El Lean Management es un proceso de mejora continua, por lo que cada acción debe ser evaluada constantemente para identificar nuevas oportunidades de eliminación de desperdicios y generación de valor. El uso de herramientas específicas, como los tableros Kanban, puede facilitar este seguimiento, proporcionando una visualización clara del flujo de trabajo y permitiendo ajustes rápidos para mantener la eficiencia y efectividad del sistema Lean.

Capítulo 3. Metodología

En este capítulo, se presenta la metodología que se ha seguido para la realización del caso de estudio. Este procedimiento está compuesto por tres fases o etapas que se muestran en la Ilustración 1.

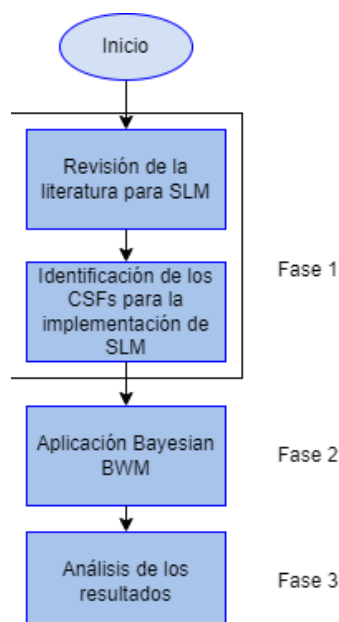


Ilustración 1. Metodología de la investigación

(Fuente: Elaboración propia)

Como se ha podido observar en la Ilustración 1, la Fase 1 está compuesta por dos actividades. La primera es la revisión de la literatura de artículos científicos donde se recoge información acerca de la implementación de SLM. De este modo, la siguiente actividad a realizar a partir de la anterior, es identificar los CSFs dentro de la literatura.

Durante la Fase 2, se aplica el método llamado Bayesian BWM, para obtener los resultados de la investigación y, por último, en la fase 3 se realiza un análisis de lo que se ha obtenido para sacar las diferentes conclusiones.

3.1. Fase 1. Revisión de la literatura e identificación de los CSFs

Como se ha dicho anteriormente, esta fase es la más amplia ya que ocupa dos actividades principales. La primera es la búsqueda bibliográfica, donde se ha utilizado la siguiente cadena de búsqueda en la base de datos *Web of Science (WoS)*: *sustainab* AND ("lean management" or "lean managemente implantation")*.

Con esto se ha conseguido un resultado inicial de 275 documentos, pero se ha cribado de la siguiente forma:

- Por lenguaje. Únicamente interesa que sea documentos en inglés.
- Por tipo de documentos. Solo se quiere artículos científicos.

- Tipo de accesibilidad. Se quiere únicamente los artículos de acceso abierto para todo el público de forma gratuita.

De este modo, se ha conseguido reducir el número de documentos a 95 artículos, facilitando así la búsqueda de estas bibliografías que realmente resulte relevante para este caso de estudio. Como se puede ver en la Ilustración 2, se recoge la distribución temporal en años de estos artículos, donde se muestra el reciente crecimiento en los últimos años por el interés de las empresas e investigadores respecto al tema. Aunque parece, que los estudios respecto al SLM decrecen en estos últimos 3 años.

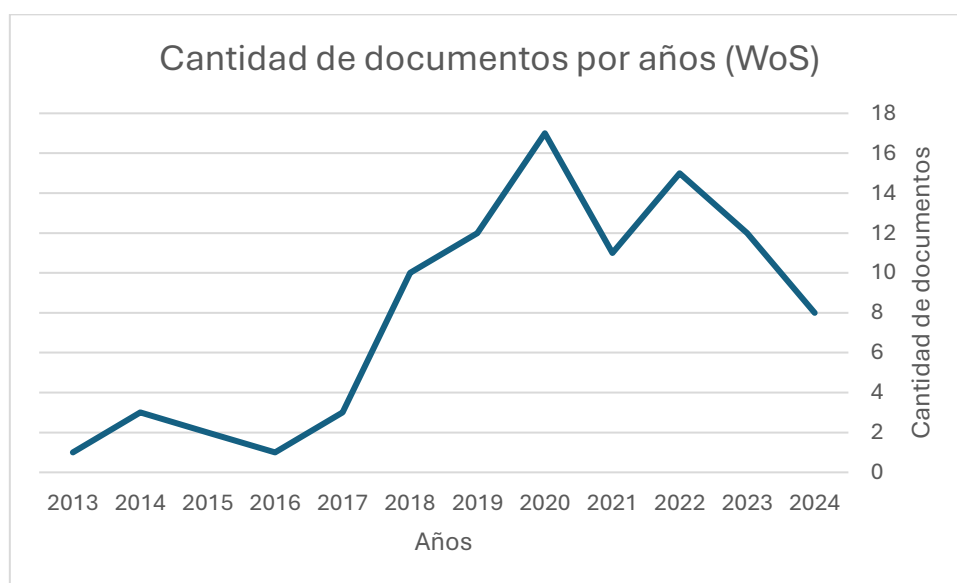


Ilustración 2. Distribución artículos publicados por año

(Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, se han seleccionado 17 artículos, donde para organizar y presentar de manera clara la información extraída de estos documentos, se ha realizado la Tabla 1, la cual presenta las siguientes columnas:

1. La primera columna contiene una numeración de los criterios para permitir un fácil seguimiento y referencia de cada uno de los CSFs identificados.
2. La segunda columna describe cada uno de los CSFs.
3. La tercera columna indica cómo influye cada ese CSFs a la SLM, detallando el impacto y la relevancia de cada factor.
4. La cuarta columna proporciona las citas académicas, ofreciendo la fuente de donde se obtenido esta información.

Tabla 1. Identificación de los CSFs

(Fuente: Elaboración propia)

N	CSFs	¿Cómo afecta a sustainable lean management?	Cita
1	Mecanismo de desarrollo ecológico para la organización y la producción ajustada.	La aplicación de la organización y la producción ajustadas mejora significativamente los resultados medioambientales, pero el impacto en los resultados económicos es complejo.	(Qianqiu & Baoli, 2024)
2	Integración de la gestión de riesgos en la mejora de procesos en centros de servicios compartidos (SSCs)	Se ha convertido en una plataforma muy valorada para la mejora de procesos dentro de las organizaciones, enfocándose en la reducción de desperdicios y el valor agregado al nivel del cliente.	(Zaporowska & Szczepański, 2022)
3	Mejora de la eficiencia en la gestión de proyectos	Herramientas como el Last Planner System (LPS), Just-in-Time (JIT) y Visual Management (VM) están positivamente asociadas con la mejora de la eficiencia, reduciendo residuos y mejorando la comunicación y transparencia del proyecto.	(Wu et al., 2019)
4	Mejorar la eco-innovación en base a los principios de gestión lean	Estos principios mejoran la eficiencia, flexibilidad y productividad de las empresas, además de reducir el impacto ambiental de sus procesos	(Leitão et al., 2019)
5	Implementación de prácticas ambientales, mediada por actividades lean y de suministro	La inversión en prácticas ambientales facilita la adopción de tecnologías que previenen la contaminación y mejoran la eficiencia operativa, lo que a su vez reduce el impacto ambiental.	(Hajmohammad et al., 2013)
6	Reducción del consumo de energía y emisiones de CO2	Se ha demostrado ser eficaz para aumentar la eficiencia laboral, reducir los tiempos de ciclo de producción y disminuir el consumo de energía. Esto, a su vez, lleva a una reducción en las emisiones de CO2.	(Orynycz et al., 2020)
7	Mejora del rendimiento del proceso de producción mediante la eficiencia del flujo de materiales y almacenamiento	Ayuda a reducir cuellos de botella en la producción y optimizar el uso del espacio, resultando en una mayor eficiencia operativa y reducción de costos.	(Makysova et al., 2024)
8	Eliminación de actividades sin valor añadido y optimización de procesos de manufactura	Permite optimizar el valor del proceso al eliminar actividades sin valor añadido y mejorar la eficiencia de los procesos de manufactura.	(Laghough et al., 2024)

9	Selección de proveedores lean y sostenibles	La integración de indicadores clave de rendimiento (KPI) asociados con la filosofía lean y la sostenibilidad en metodologías de toma de decisiones multicriterio (MCDM) permite una evaluación exhaustiva de la idoneidad de los proveedores.	(Ince et al., 2023)
10	Prácticas de cadena de suministro verde (GSC) para la ventaja empresarial sostenible	Ayudan a las empresas a reducir el impacto ambiental de sus actividades sin comprometer la calidad, el rendimiento, el costo y la eficiencia energética.	(Chau et al., 2023)
11	Aplicación de tecnologías de información y realidad aumentada en la gestión lean para el desarrollo sostenible de las empresas	Mejoran en los procesos de producción, reducen accidentes laborales, disminuyen la contaminación y optimizan el uso de recursos naturales. La realidad aumentada permite una transmisión más eficiente de información, facilitando la implementación de estrategias de desarrollo sostenible.	(Kościelniak et al., 2019)
12	Identificación de residuos en empresas	Permiten a las empresas estructurales identificar problemas en sus flujos de trabajo y proponer planes de mejora para mitigar o eliminar estos residuos.	(Rivera et al., 2021)
13	Tendencias de desarrollo de sistemas de producción mediante la Industria 4.0.	Permite un desarrollo y optimización de sistemas de producción avanzados. La aplicación de técnicas como el gemelo digital y la simulación en un sistema de manufactura flexible ha demostrado mejoras significativas en los procesos de producción, aumentando la flexibilidad y la reconfiguración rápida, lo que contribuye a un aumento en el rendimiento de los sistemas de producción.	(Florescu & Barabas, 2022)
14	Utilizar datos en tiempo real para mejorar el rendimiento de producción	Un sistema de recolección de datos operativos en tiempo real puede mejorar significativamente el rendimiento de la producción	(Saabye et al., 2020)
15	Optimización de la producción mediante inteligencia artificial y sistemas resilientes	Permiten a las empresas optimizar la planificación y el control de operaciones, mejorando la eficiencia y reduciendo el impacto ambiental.	(Del Monte et al., 2021)
16	Superación de barreras en la implementación de la contabilidad lean	Se identifican y analizan las barreras, destacando la importancia de abordar la resistencia al cambio y la necesidad de cumplimiento normativo como factores críticos para la implementación efectiva de la contabilidad lean y la gestión lean.	(Stronczek, 2023)
17	Mejora de la eficiencia energética	Proporciona un ahorro energético significativo y optimiza los procesos operativos.	(Arana-Landín et al., 2023)

Una vez seleccionados los criterios, se deben agrupar en formato clúster para su posterior estudio. En este caso, atendiendo a la temática principal de cada artículo, se han creado tres grupos o clústeres, que son los siguientes:

- Sostenibilidad y gestión ambiental (C1). En este grupo se destacan por tener en cuenta los desempeños principales de la sostenibilidad (económico, social y ambiental) y las practicas verdes en las actividades de la empresa.
- Tecnología en producción (C2). Donde se destaca el uso y/o implementación de tecnologías innovadoras para la cadena de producción de la empresa con la finalidad de disminuir los desperdicios y mejorar la trazabilidad.
- Mejora de procesos (C3). En este clúster se agrupan los criterios que están relacionados en aumentar la eficiencia o eficacia de los procesos de la empresa a través de modificar actividades o mejorarlas.

En la Tabla 2, se encuentra dichos clústeres con sus CSFs, además de ofrecer un código a cada criterio para que, a partir de ahora, se identifique con esa nomenclatura.

Tabla 2. Agrupación CSFs

(Fuente: Elaboración propia)

Clúster	CSFs	Código
C1. Sostenibilidad y gestión ambiental	Implementación de prácticas ambientales, mediada por actividades lean y de suministro	S1
	Reducción del consumo de energía y emisiones de CO2	S2
	Selección de proveedores lean y sostenibles	S3
	Prácticas de cadena de suministro verde (GSC) para la ventaja empresarial sostenible	S4
	Identificación de residuos en empresas	S5
	Mejora la eficiencia energética	S6
	Mejorar la eco-innovación en base a los principios de gestión lean	S7
	Impacto de las prácticas de gestión lean en la sostenibilidad económica	S8
C2. Tecnología en producción	Aplicación de tecnologías de información y realidad aumentada en la gestión lean para el desarrollo sostenible de las empresas	T1
	Tendencias de desarrollo de sistemas de producción mediante la Industria 4.0.	T2
	Utilizar datos en tiempo real para mejorar el rendimiento de producción	T3
	Optimización de la producción mediante inteligencia artificial y sistemas resilientes	T4
C3. Mejora de procesos	Mecanismo de desarrollo ecológico para la organización y la producción ajustada.	P1
	Integración de la gestión de riesgos en la mejora de procesos en centros de servicios compartidos (SSCs)	P2

Mejora de la eficiencia en la gestión de proyectos	P3
Mejora del rendimiento del proceso de producción mediante la eficiencia del flujo de materiales y almacenamiento	P4
Eliminación de actividades sin valor añadido y optimización de procesos de manufactura	P5

3.2. Fase 2. Aplicación del BBWM

Una vez que se han elegido los criterios que se van a estudiar y se han agrupados en clústeres, es el momento de aplicar el BBWM. En primer lugar, se va a definir C, como el conjunto de criterios de cada clúster y también el número de clúster, siendo $C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_m\}$, donde m, es el número de clúster o en caso de que se estudie el clúster, es el número de CSFs dentro del mismo. Este método tiene los siguientes pasos:

1. Selección del mejor y peor criterio. Cada experto tiene que seleccionar solo un criterio como el mejor y otro para el peor, en cada conjunto de criterios. En este paso, los expertos simplemente determinan el mejor y el peor criterio sin realizar ninguna comparación por pares. Según la selección de los expertos, el mejor criterio es el más significativo, mientras que el peor criterio es el menos significativo. Sin embargo, varios expertos pueden elegir criterios distintos como el mejor y/o el peor.
2. Desarrollo de la comparación por pares de los mejores con los demás. El experto n elabora una matriz de comparación por pares entre el mejor y otros criterios en el conjunto de C. Aquí, cada experto asigna un número del 1 al 9 para representar su preferencia por el mejor criterio seleccionado en el paso 1, sobre los otros criterios en C. Uno indica igual importancia de los dos criterios en comparación, mientras que nueve indica que es significativamente más importante. Con esto se consigue crear un vector denominado como "*Best-to-Others*", el cual es producido por el conjunto de comparaciones por pares del experto n.
3. Desarrollo de la comparación por pares de los peores con los demás. De la misma forma, que el paso anterior, se realiza una matriz de comparación a pares por partes de los expertos, donde cada uno de ellos realiza un vector, esta denominado como "*Worst-to-Others*". Donde se compara el peor elegido con los otros de su mismo conjunto en una escala del 1 al 9.
4. Cálculo del peso agregado. El siguiente paso del método es el cálculo de los pesos agregados. El enfoque de MCDM típicamente usa el vector de pesos $w_j = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_m)$, que pide que $\sum_{j=1}^m w_j = 1$, y $w_j \geq 0$. La ponderación de cada criterio relacionado (c_j) se indica mediante w_j . El c_j puede considerarse como un suceso estocástico o aleatorio desde el punto de vista de la probabilidad, y el w_j representa su probabilidad de ocurrencia. De acuerdo con el principio de probabilidad, $\sum_{j=1}^m w_j = 1$, y $w_j \geq 0$ también puede derivarse matemáticamente para ser equivalente a esto. La construcción de modelos probabilísticos es, por tanto, esencial desde el punto de vista de la toma de decisiones.

Una vez explicado cómo funciona el BBWM, se comenzará a describir a la empresa en la cual se ha aplicado el estudio. Dicha empresa, debido a cuestiones de confidencialidad, no se mostrará su nombre a lo largo del documento, por lo que se denominará como “Alimentosol”. Esta compañía pertenece al sector alimentario, el cual presenta la peculiaridad de su naturaleza perecedera y la necesidad de mantener altos estándares de calidad y seguridad alimentaria. Esto hace dificultoso la toma de decisiones para satisfacer la demanda del mercado y garantizar la frescura y la integridad de los alimentos, además de evitar así el desperdicio de esta.

Además, en este sector, los productos fluyen principalmente de manera descendente (aguas abajo) a través de la cadena de suministro, desde los productores hasta los consumidores. Sin embargo, el flujo de información es bidireccional, permitiendo el intercambio continuo de datos entre todas las partes involucradas, lo que es esencial para el control y la trazabilidad de los productos.

También, se puede saber que la empresa está comprometida con la reducción del desperdicio y la optimización del uso de recursos, integrando prácticas sostenibles en sus operaciones diarias. La empresa colabora con proveedores y agricultores locales para asegurar prácticas agrícolas responsables y minimizar el impacto ambiental de su cadena de suministro con productos de kilómetro cero.

La empresa invierte en I+D+i para desarrollar productos innovadores que se alineen con las tendencias de consumo actuales, como alimentos orgánicos o productos sin gluten. Alimentosol también está adoptando tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia de producción y la calidad del producto con la finalidad de reducir desperdicios de alimentos a lo largo de la cadena de valor.

Una vez presentado la organización, los CSFs escogidos y sus clústeres, y cómo se aplica el BBWM, ha llegado el momento de la aplicación del método. Para ello se ha reunido un grupo de cuatro expertos, los cuales son el responsable de producción, de logística, de almacén y el autor de la investigación, que conocen bien a la empresa y al sector. Este grupo de personas concertaron cuatro reuniones en diferentes días, para hablar de cada criterio y establecer sus valoraciones para formar las matrices de mejor y peor de cada clúster. Cabe destacar que las decisiones adoptadas en cuanto a lo que se refiere a valoraciones cuantitativas se realizaron por consenso.

El proceso de elaboración de matrices fue el siguiente: primero hacer todas las matrices de “*Best-To-Others*” y después las de “*Worst-To-Others*”. Hay que decir que en el documento aparece en el orden de primero la comparación entre clústeres, y luego por orden la de los criterios. En la Tabla 3 se encuentra la primera matriz que se hizo. Los expertos eligieron, el clúster que consideraba más importante y los compararon con los otros. Se puede observar que tanto el experto 1 como el 3 considera que el C3 es el clúster más importante, pero se observa la diferencia de opiniones, donde el primero que es mejor con mucha diferencia con C1 Y C2, en cambio el segundo piensa que C1 podría tener una importancia parecida.

Tabla 3. Best-To-Others: Clúster

(Fuente: Elaboración propia)

Expertos	Clúster más importante	C1	C2	C3
Experto 1	C3. Mejora de procesos	9	8	1
Experto 2	C2. Tecnología en producción	9	1	3
Experto 3	C3. Mejora de procesos	3	7	1
Experto 4	C1. Sostenibilidad y gestión ambiental	1	4	8

Una vez, que se tiene la de los clústeres más importantes ahora se comienza por la de cada criterio. En la Tabla 4 se encuentra a la que corresponde con C1. En este caso los 4 expertos eligen una CSFs diferente, siendo las escogidas las S1, S2, S3 y S4. Pero esto no hace que las demás no sean significantes, ya que se puede producir, como es el caso del experto 4 entre otros, que elija las S2 como la más importante y la S8 casi igual de importancia.

Tabla 4. Best-To-Others: C1

(Fuente: Elaboración propia)

Expertos	Más significativo: Sostenibilidad y gestión ambiental	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Experto 1	S3. Selección de proveedores lean y sostenibles	3	6	1	5	2	7	4	9
Experto 2	S1. Implementación de prácticas ambientales	1	5	4	2	6	3	6	8
Experto 3	S4. Prácticas de cadena de suministro verde (GSC)	4	2	6	1	4	8	5	3
Experto 4	S2. Reducción del consumo de energía y emisiones de CO2	6	1	3	7	8	4	9	2

Para el C2, los expertos no consideraron que el T2 fuera el más importante, pero se le considera con importancia moderada, y el T1 fue la opción que más consideraron, ya que, aunque los otros dos expertos no la tuvieron como la más importante, pero le dieron valores que hace que T1 sea un criterio a tener en cuenta. Luego se puede observar opciones más

disparaes, donde T3 y T4, solo tenían el apoyo de sus expertos que la considerado la mejor, provocando una gran diferencia con las evaluaciones de los demás.

Tabla 5. *Best-To-Others: C2*

(Fuente: Elaboración propia)

Expertos	Más significativo: Tecnología en producción	T1	T2	T3	T4
Experto 1	T1. Aplicación de tecnologías de información y realidad aumentada en la gestión lean para el desarrollo sostenible de las empresas	1	3	9	6
Experto 2	T3. Utilizar datos en tiempo real para mejorar el rendimiento de producción	4	2	1	6
Experto 3	T4. Optimización de la producción mediante inteligencia artificial y sistemas resilientes	3	5	7	1
Experto 4	T1. Aplicación de tecnologías de información y realidad aumentada en la gestión lean para el desarrollo sostenible de las empresas	1	4	6	8

A continuación, la Tabla 6 que corresponde a C3. En este caso ninguno de los expertos, considero que los CSFs más importantes podrían ser P1 o P3. Siendo este último el más perjudicado, por su alta valoración. En cambio, P1, aunque no fue considerado como el mejor por ningún experto, tuvo un buen puntaje por el experto 4, dos puntajes medios por los expertos 2 y 3, y un pésimo puntaje por el experto 1. Por otro lado, P4, fue el que tuvo más popularidad entre los expertos 1 y 3, que la votaron como la mejor del clúster, además de presentar opiniones similares respecto comparar P4 con P5.

Tabla 6. *Best-To-Others: C3*

(Fuente: Elaboración propia)

Expertos	Más significativo: Mejoras de procesos	P1	P2	P3	P4	P5
Experto 1	P4. Mejora del rendimiento del proceso de producción mediante la eficiencia del flujo de materiales y almacenamiento	9	5	8	1	3
Experto 2	P2. Integración de la gestión de riesgos en la mejora de procesos en centros de servicios compartidos	4	1	9	2	6
Experto 3	P4. Mejora del rendimiento del proceso de producción mediante la eficiencia del flujo de materiales y almacenamiento	5	8	9	1	2
Experto 4	P5. Eliminación de actividades sin valor añadido y optimización de procesos de manufactura	2	4	5	7	1

Una vez, obtenido todas las matrices de “*Best-To-Others*”, se pasaron a la desarrollar las matrices de “*Worst-To-Others*”. En este caso, C1 fue la que peor valoración se ha llevado, ya que los expertos 1 y 2, la votaron como la peor, y el experto 3 con una valoración media

respecto a C2. Lo curioso es el experto 4, que su peor cluster es C3, y con mucha diferencia entre C1 y C2.

Tabla 7. Worst-To-Others: Clúster

(Fuente: Elaboración propia)

Expertos	Clúster menos importante	C1	C2	C3
Experto 1	C1. Sostenibilidad y gestión ambiental	1	6	7
Experto 2	C1. Sostenibilidad y gestión ambiental	1	5	8
Experto 3	C2. Tecnología en producción	5	1	9
Experto 4	C3. Mejora de procesos	9	8	1

Con la Tabla 8, se observa la matriz de peor de C1, en este caso se observar que el peor para los expertos 1 y 2, es S8, con bastante diferencia con el resto. Por otro lado, los expertos 3 y 4 tienen unas opiniones más similares, aunque difieran en su comparación con S3 y lo que consideran peor clúster, siendo S6 y S7, respectivamente.

Tabla 8. Worst-To-Others: C1

(Fuente: Elaboración propia)

Expertos	Menos significativo: Sostenibilidad y gestión ambiental	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Experto 1	S8. Impacto de las prácticas de gestión lean en la sostenibilidad económica	9	4	7	8	6	3	6	1
Experto 2	S8. Impacto de las prácticas de gestión lean en la sostenibilidad económica	8	5	4	4	9	5	7	1
Experto 3	S6. Mejora la eficiencia energética	3	8	4	8	5	1	6	7
Experto 4	S7. Mejorar la eco-innovación en base a los principios de gestión lean	2	8	9	7	3	4	1	6

En el caso de C2, los expertos 1 y 4, considera que T1 es la peor, además de compartir evaluaciones similares respecto al resto. En el caso del experto 2 y 3, presentan que las peores son T3 y T4, respectivamente. Siendo que el primer experto diga que respecto T2 es casi igual de peor que T3. Además, de no mostrar una evaluación que claramente no está conforme con estos criterios ya que la menos mala tiene un 6 de valoración.

Tabla 9. Worst-To-Others: C2

(Fuente: Elaboración propia)

Expertos	Menos significativo: Tecnología en producción	T1	T2	T3	T4
Experto 1	T1. Aplicación de tecnologías de información y realidad aumentada en la gestión lean para el desarrollo sostenible de las empresas	1	3	9	6
Experto 2	T3. Utilizar datos en tiempo real para mejorar el rendimiento de producción	4	2	1	6
Experto 3	T4. Optimización de la producción mediante inteligencia artificial y sistemas resilientes	3	5	7	1
Experto 4	T1. Aplicación de tecnologías de información y realidad aumentada en la gestión lean para el desarrollo sostenible de las empresas	1	4	6	8

Finalmente, se llega a la Tabla 10, donde podemos ver que P1, es el menos significativo por los expertos 1 y 4, y los expertos 2 y 3, le han dado un valor medio en la escala. Respecto a P2, el experto 3 le ha considerado como la peor. En P3, se observa que es el peor para el experto 2, y que los demás expertos le da un valor bastante cercano al 1, dejándolo en una mala posición. Para P4 y P5, se puede ver que, aunque ningún experto las ha seleccionado las menos significativo, estos procesos aún reciben puntuaciones que indican su relativa importancia en comparación con otros factores.

Tabla 10. Worst-To-Others: C3

(Fuente: Elaboración propia)

Expertos	Menos significativo: Mejoras de procesos	P1	P2	P3	P4	P5
Experto 1	P1. Mecanismo de desarrollo ecológico para la organización y la producción ajustada	1	4	3	8	7
Experto 2	P3. Mejora de la eficiencia en la gestión de proyectos	5	8	1	9	3
Experto 3	P2. Integración de la gestión de riesgos en la mejora de procesos en centros de servicios compartidos	4	1	3	8	9
Experto 4	P1. Mecanismo de desarrollo ecológico para la organización y la producción ajustada	1	6	4	3	8

Una vez obtenido todas las matrices, habría que introducir las mismas en el programa de Matlab que se ha creado, el cual se ejecuta las operaciones pertinentes y obtiene los diferentes gráficos y tablas que se mostrarán en la siguiente fase, donde serán analizados.

3.3. Fase 3. Análisis de resultados

En este capítulo, se presentan y analizan los resultados obtenidos del caso. En ellos se observan los rankings que se han establecido de los CSFs, determinado por el método Bayesian BWM. Para su visualización, se han elaborado unos gráficos, donde en los vértices se denotan los CSFs y sus respectivos pesos promedios, que se han calculado como la media de la distribución de pesos agregados. Por otro lado, cada línea que une a los nodos, indica lo siguiente: $A \rightarrow B$, el nodo A es más significativo que el B, junto con un nivel de confianza c , que tiene un valor de 0 a 1. Por lo tanto, las siguientes ilustraciones muestran un ranking de los criterios, donde las líneas indican el orden.

Por otro lado, se mostrarán las tablas correspondientes a los niveles de confianza de cada arco. Estas tablas van a tener normalmente más niveles de confianza que lo que se muestra en la ilustración, ya que hay que seguir la regla de que no se tiene el mismo nivel para $A \rightarrow B$ que de $B \rightarrow A$.

En primer lugar, se presenta la Ilustración 3, en ella se muestra el ranking de los tres clústeres que se han definido. En este caso, el clúster de Mejora de procesos es el más importante ya que ha obtenido un peso de 0,411, seguidamente le sigue el clúster de Tecnología en producción con un 0,3112, y por último el de Sostenibilidad y gestión ambiental con 0,2778. Esto indica que la empresa debe prestar una especial atención a la Mejora de procesos, pero, sin olvidar los otros dos clústeres para implementar prácticas de SLM. Además, se encontró que el clúster de Mejora de procesos está más implementado que el clúster de Tecnología en producción (con una confianza de 0,73) y que el clúster de Sostenibilidad y gestión ambiental (con una confianza de 0,79). Después, también se observa, que el clúster de Tecnología en producción estaba más implementado que el clúster de Sostenibilidad y gestión ambiental, con una confianza de 0,6.

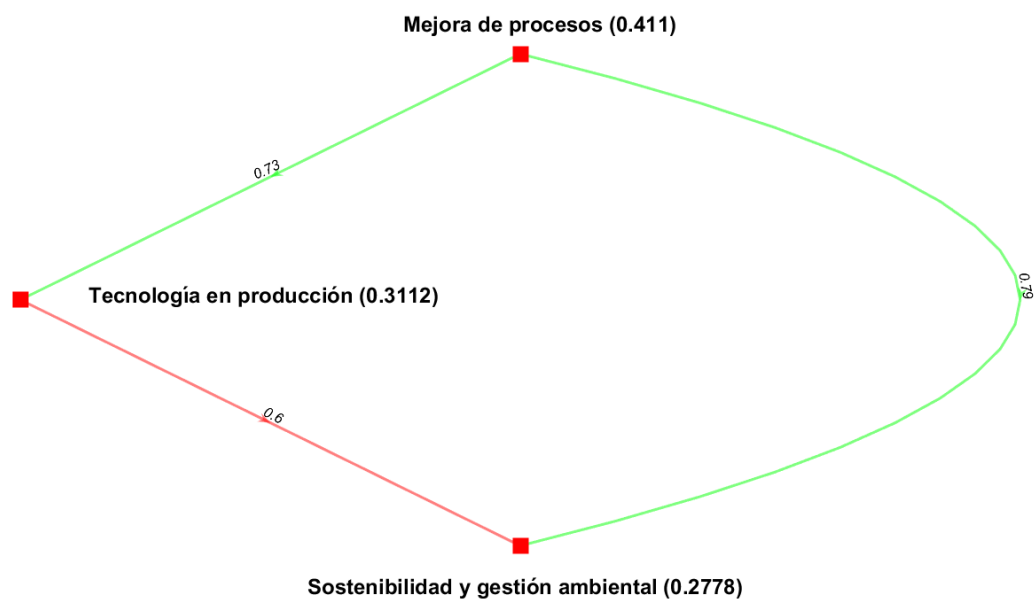


Ilustración 3. Ranking de los clústeres

(Fuente: Elaboración propia)

En segundo lugar, se encuentra la Tabla 11, donde se muestran los niveles de confianza en cada arco de los 3 nodos, siendo lo que se escogen los que mayor nivel tienen. Es decir, cada nodo tiene que estar conectado respecto a los otros, pero la dirección de esta conexión viene dada por los valores de nivel de confianza. Para ello se va observando las filas, en primer lugar, se tiene la fila de C1, en esta se puede ver los niveles de confianza con C2 (0,4046) y C3 (0,2060). Por ahora esos son los valores más alto, pero seguimos con la fila de C2, y en ella vemos que realmente C1 y C2 tiene un mayor nivel, siendo C2 a C1 con un 0,5954 (0,6 en la ilustración anterior), además de establecer la relación que faltaba con C3 (0,2740). Por último, se observa la fila del C3, donde vemos que se tiene un mayor nivel de confianza siendo que C3 a C1 (0,7940) y C3 a C2 (0,7260)

Tabla 11. Niveles de confianzas: Clúster

(Fuente: Elaboración propia)

Clúster	C1	C2	C3
C1. Sostenibilidad y gestión ambiental	0	0.4046	0.2060
C2. Tecnología en producción	0.5954	0	0.2740
C3. Mejora de procesos	0.7940	0.7260	0

Una vez que se tiene el peso de cada clúster, se empezará con los CSFs de cada clúster. En la Ilustración 4, se representa a los que corresponde del grupo de Sostenibilidad y gestión ambiental. En este grupo, el más importante es el S4, que corresponde a Prácticas de cadena de suministro verde (GSC), con un valor de 0,1548. Seguidamente le sigue el S2, que es Reducción del consumo de energía y emisiones de CO2, con un 0,1488. Es último es seguido muy de cerca por el S3, Selección de proveedores lean y sostenibles, con un

valor de 0,1444. Los demás siguen con el siguiente orden S1, S5, S7, S8 y S6. Esto indica que en la empresa debe prestar una especial atención a la S4, pero, sin olvidar S2 y S3, que ambos casi comparten el segundo puesto. Por otro lado, se puede observar que el CSF S4 tiene una mejor implementación en base a su valor de confianza con el resto, al igual que el S2 que viene siendo superado únicamente por S4, que tiene un valor de confianza de 0,55.

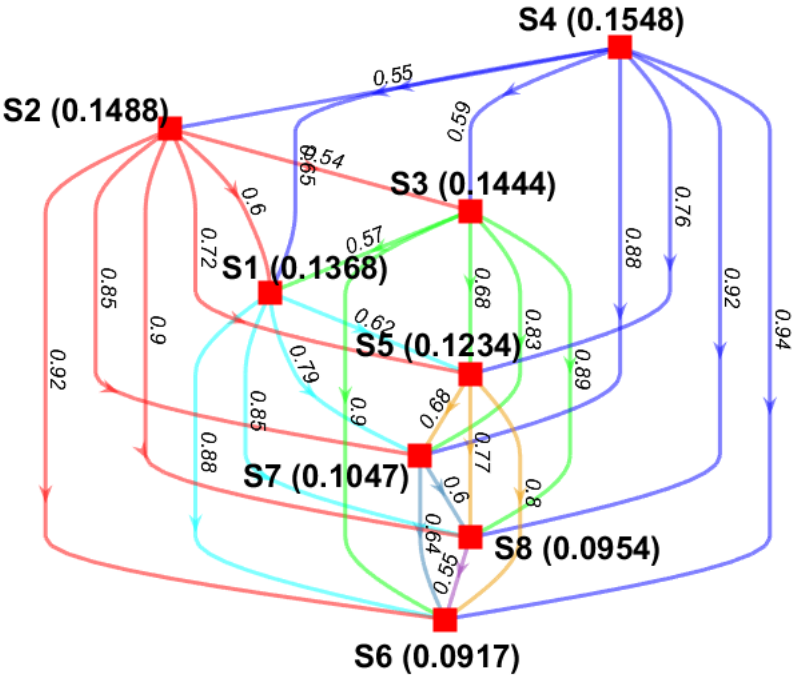


Ilustración 4. Ranking de C1

(Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se encuentra la Tabla 12, donde muestran los niveles de confianza en cada arco de los 8 nodos, siendo lo que se escogen los que mayor nivel tienen. Como en el caso anterior, se ha seguido la misma metodología para elegir la dirección de unión entre CSFs en base a sus niveles de confianza y que todo debe estar conectado con todos.

Tabla 12. Niveles de confianzas: C1

(Fuente: Elaboración propia)

CSFs	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
S1. Implementación de prácticas ambientales, mediada por actividades lean y de suministro	0	0.3976	0.4324	0.3498	0.6223	0.875	0.7862	0.8515
S2. Reducción del consumo de energía y emisiones de CO2	0.6023	0	0.5359	0.4486	0.7155	0.9173	0.8503	0.9014
S3. Selección de proveedores lean y sostenibles	0.5676	0.464	0	0.4135	0.684	0.9042	0.8309	0.8857
S4. Prácticas de cadena de suministro verde (GSC) para la ventaja empresarial sostenible	0.6502	0.5514	0.5865	0	0.7578	0.9368	0.8788	0.9236
S5. Identificación de residuos en empresas	0.3777	0.2845	0.316	0.2422	0	0.8031	0.6838	0.7692
S6. Mejora la eficiencia energética	0.1250	0.0827	0.0958	0.0632	0.1969	0	0.3563	0.4536
S7. Mejorar la eco-innovación en base a los principios de gestión lean	0.2138	0.1497	0.1691	0.1212	0.3162	0.6437	0	0.6019
S8. Impacto de las prácticas de gestión lean en la sostenibilidad económica	0.1484	0.0986	0.1143	0.0764	0.2308	0.5464	0.3981	0

A continuación, se procederá a analizar las relaciones dentro del grupo de "Tecnología en Producción", como se muestra en la Ilustración 5. Al observar los valores de los pesos asignados a cada CSF en este clúster, se nota que no hay una diferencia marcada entre ellos, lo que indica que todos los factores tienen una influencia similar. El valor más alto corresponde a T4, que se refiere a la "Optimización de la producción mediante inteligencia artificial y sistemas resilientes", con un peso de 0,2505. Sin embargo, este valor es apenas superior al de T2, que tiene un peso de 0,2502, lo que muestra que ambos factores tienen casi la misma importancia.

Debido a la pequeña diferencia entre estos valores, la selección de prioridades entre los CSFs se basará en el valor de confianza obtenido en el análisis. Este valor de confianza refleja la seguridad con la que se puede afirmar la importancia de cada factor. Como resultado, el orden de jerarquía propuesto para estos CSFs en "Tecnología en Producción" es el siguiente: primero T4, seguido de T2, luego T3, y finalmente T1. Esta jerarquización permitirá enfocar los esfuerzos y recursos en los factores más críticos, aunque todos los CSFs del grupo deben considerarse importantes debido a la similitud en sus pesos.

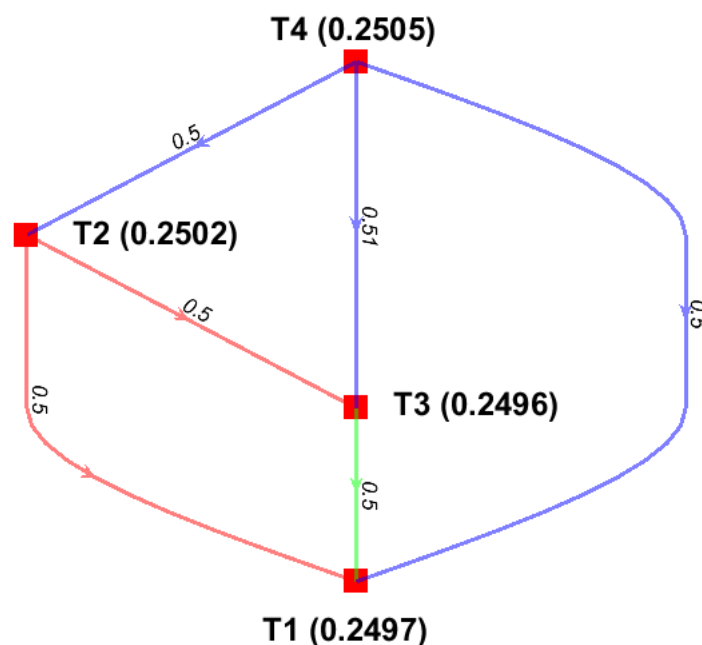


Ilustración 5. Ranking de C2

(Fuente: Elaboración propia)

Seguidamente, se muestra la Tabla 13, donde muestran los niveles de confianza en cada arco de los 4 nodos, siendo lo que se escogen los que mayor nivel tienen.

Tabla 13. Niveles de confianzas: C2

(Fuente: Elaboración propia)

CSFs	T1	T2	T3	T4
T1. Aplicación de tecnologías de información y realidad aumentada en la gestión lean para el desarrollo sostenible de las empresas	0	0.4978	0.5	0.4953
T2. Tendencias de desarrollo de sistemas de producción mediante la Industria 4.0.	0.5022	0	0.5037	0.4975
T3. Utilizar datos en tiempo real para mejorar el rendimiento de producción	0.5	0.4963	0	0.4923
T4. Optimización de la producción mediante inteligencia artificial y sistemas resilientes	0.5047	0.5025	0.5077	0

A continuación, en la Ilustración 6 se muestra la relación de los CSFs del grupo de Mejora de procesos. En este caso el P4, que corresponde a Mejora del rendimiento del proceso de producción mediante la eficiencia del flujo de materiales y almacenamiento, tiene un peso de 0,2769. Además, se encuentra muy seguido por el P5, que es la Eliminación de actividades sin valor añadido y optimización de procesos de manufactura, con un valor de 0,2692. En este punto los demás se encuentra en un salto diferenciador del valor, siendo este orden P2 (0,1889), P1 (0,1491) y P3 (0,1159). Además, la confianza en que un factor es más significativo que otro, podemos observar los siguientes detalles. P4 es más importante que P2 con una confianza de 0,86, P5 es más importante que P3 con una confianza de 0,96 y P2 es más importante que P1 con una confianza de 0,73.

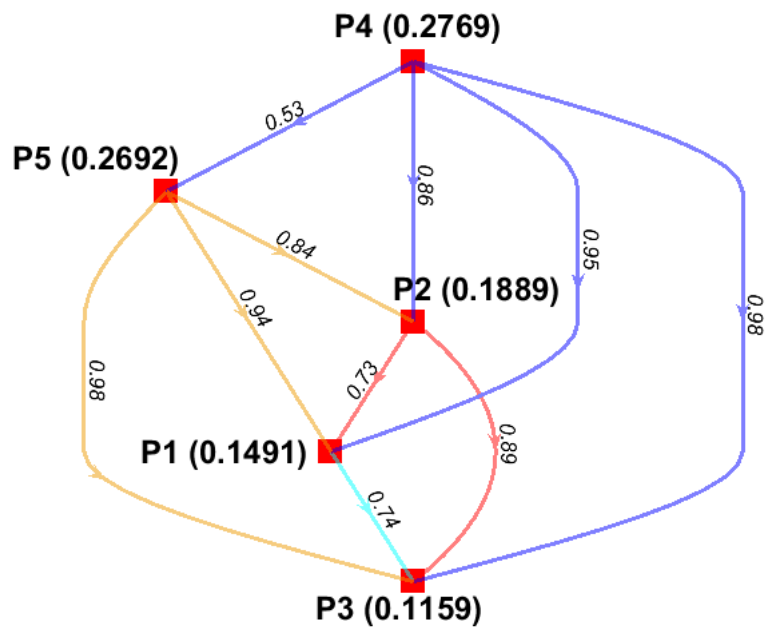


Ilustración 6. Ranking de C3

(Fuente: Elaboración propia)

Seguidamente, se muestra la Tabla 14, donde muestran los niveles de confianza en cada arco de los 5 nodos, siendo lo que se escogen los que mayor nivel tienen.

Tabla 14. Niveles de confianzas: C3

(Fuente: Elaboración propia)

CSFs	P1	P2	P3	P4	P5
P1. Mecanismo de desarrollo ecológico para la organización y la producción ajustada.	0	0.2671	0.7355	0.0521	0.0614
P2. Integración de la gestión de riesgos en la mejora de procesos en centros de servicios compartidos (SSCs)	0.7329	0	0.8891	0.1434	0.1624
P3. Mejora de la eficiencia en la gestión de proyectos	0.2645	0.1109	0	0.0169	0.0194
P4. Mejora del rendimiento del proceso de producción mediante la eficiencia del flujo de materiales y almacenamiento	0.9479	0.8566	0.9831	0	0.5333
P5. Eliminación de actividades sin valor añadido y optimización de procesos de manufactura	0.9386	0.8376	0.9806	0.4667	0

Por último, en la siguiente Ilustración 7, se presenta un ranking global donde se muestra el peso de cada CSFs, tratado como un conjunto. Para ello, se ha aplicado la siguiente fórmula, obtenida de (Debnath et al., 2023), para obtener esos valores:

Valor del clúster que pertenece * valor individual dentro del clúster.



Ilustración 7. Ranking global CSFs

(Fuente: Elaboración propia)

La Ilustración 7 proporciona una visión clara de cómo los distintos factores se posicionan en términos de importancia, permitiendo una priorización efectiva para la toma de decisiones.

El análisis del ranking global revela que los primeros dos lugares están ocupados por P4 y P5, con puntuaciones de 0,1138 y 0,1106 respectivamente. Estos CSFs pertenecen al clúster 3, que ha sido identificado como el clúster con el mayor peso relativo en la evaluación general. Esto indica que los expertos consideraron estos factores como los más críticos para el éxito en el contexto investigado.

A continuación, se encuentran los CSFs del clúster 2, todos clasificados consecutivamente en el ranking. Este clúster, aunque menos influyente que el clúster 3, sigue siendo significativo, lo que se refleja en los valores de peso obtenidos para cada uno de sus CSFs, que oscilan entre 0,0779 y 0,0613.

Lo más interesante es que los CSFs del clúster 1 ocupan las últimas posiciones en el ranking global. Esto se debe a que este clúster fue considerado como el de menor importancia relativa por los expertos, obteniendo los valores de peso más bajos en la evaluación. Estos resultados sugieren una jerarquía clara en la que los factores pertenecientes a los clústeres 3 y 2 son prioritarios, mientras que los del clúster 1 podrían tener una menor influencia en la consecución de los objetivos estratégicos analizados.

Por otro lado, se ha decir que se va a proponer acciones concretar que debe cumplimentar la empresa hasta el P1, en el raking global, ya que los demás CSFS tiene menos del 5% de importancia.

Capítulo 4. Recomendaciones prácticas

Este capítulo tiene como finalidad presentar acciones específicas para que la empresa pueda abordar los CSFs más relevantes mostrados en la Ilustración 7. A través de la implementación de estas acciones, se busca no solo mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad de la empresa, sino también mejorar su posicionamiento en su sector. Cada acción propuesta ha sido considerada para alinearse con las metas corporativas y los desafíos internos que enfrenta la empresa en su entorno de negocio actual. Además, se va a proponer una codificación, para identificar cada acción de cada CSFs, cuya estructura es la siguiente: AXBB, siendo “X” el número de acción dentro del CSF y “BB” como la codificación que ya se dio de cada criterio. Un ejemplo de esto sería el siguiente: A2P3, esto significa que se está ante la acción número 2, del criterio P3.

Por otro lado, al final de este capítulo, la empresa dispondrá de una serie de planes de acción claros y orientados a resultados, que le permitirá no solo cumplir con sus objetivos inmediatos, sino también establecer una base sólida para el crecimiento y las innovaciones futuras.

4.1. Acciones para P4

Este es el CSF con mayor peso en el ranking global, por lo cual es el principal criterio que la empresa va a tener en cuenta. Este P4, se denominó como la “Mejora del rendimiento del proceso de producción mediante la eficiencia del flujo de materiales y almacenamiento”. Para esto se ha realizado una investigación para ofrecer diferentes tipos de acciones desde un punto de vista más físico a otros más abstractos. A continuación, se va a comenzar con establecer estas acciones y su definición:

- A1P4. Optimización del layout de planta. Con esto se busca rediseñar la disposición de la planta de producción para minimizar el movimiento de materiales, siempre y cuando sea posible, lo que reducir los tiempos de transporte y el riesgo de cuello de botellas. Aunque con cierta precaución, ya que si sigue con la Teoría de Restricciones (TOC), se puede producir un cuello de botella desplazado si no se tiene en cuenta las limitaciones de las capacidades de las maquinas, ya que, al disminuir el tiempo de desplazamiento, aumenta la carga en la máquina. También se podría implementar estaciones de trabajo más cercanas a las áreas de almacenamiento y distribución, si se contará con el espacio determinado.
- A2P4. Implementación de un Sistema de Gestión de Almacenes (WMS). Aprovechando la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia (RFID), la cual es una tecnología innovadora que utiliza las ondas de radios para identificar y rastrear, cualquier tipo de entidad física, dentro de un área que tenga habilitado lectores de radiofrecuencia. Se podría conseguir un seguimiento en tiempo real de los niveles de inventario, ubicaciones de los materiales y la necesidad de reaprovisionamiento. Con esto también se podría integrar con el sistema de producción para sincronizar la demanda de materiales con los procesos productivos y con esto evitar interrupciones.
- A3P4. Automatización del proceso de almacenamiento y movimiento de materiales. Esta acción va relacionada con la anterior, ya que se busca invertir en

tecnologías para facilitar la obtención de datos reales en tiempo real, pero además con esta acción se busca dar un paso más y es la automatización o la semi-automatización del almacén, a través de sistema de transporte automatizado (AGVs), robots de picking y estanterías inteligentes para reducir la intervención manual y mejorar la precisión.

- A4P4. Mejora de la planificación y programación de la producción. Utilizar herramientas avanzadas de planificación (APS) para optimizar la secuencia de producción en función de la disponibilidad de materiales y recursos. Además, establecer un sistema de programación que minimice los cambios de set-up de las máquinas y maximice el uso de la capacidad instalada.
- A5P5. Colaboración con proveedores y distribuidores. Trabajar en colaboración con los proveedores para asegurar las entregas y reducir las necesidades de almacenamientos prolongado. Además, de optimizar la cadena de suministro mediante la consolidación de envíos y la mejora de la logística inversa para la devolución de materiales para su reciclaje.

Estas acciones de mejora se han clasificado en el siguiente diagrama PACE, que se encuentra en la Ilustración 8, en función de la importancia o impacto que tendrían para la organización y los costes de ejecución que supondrían.

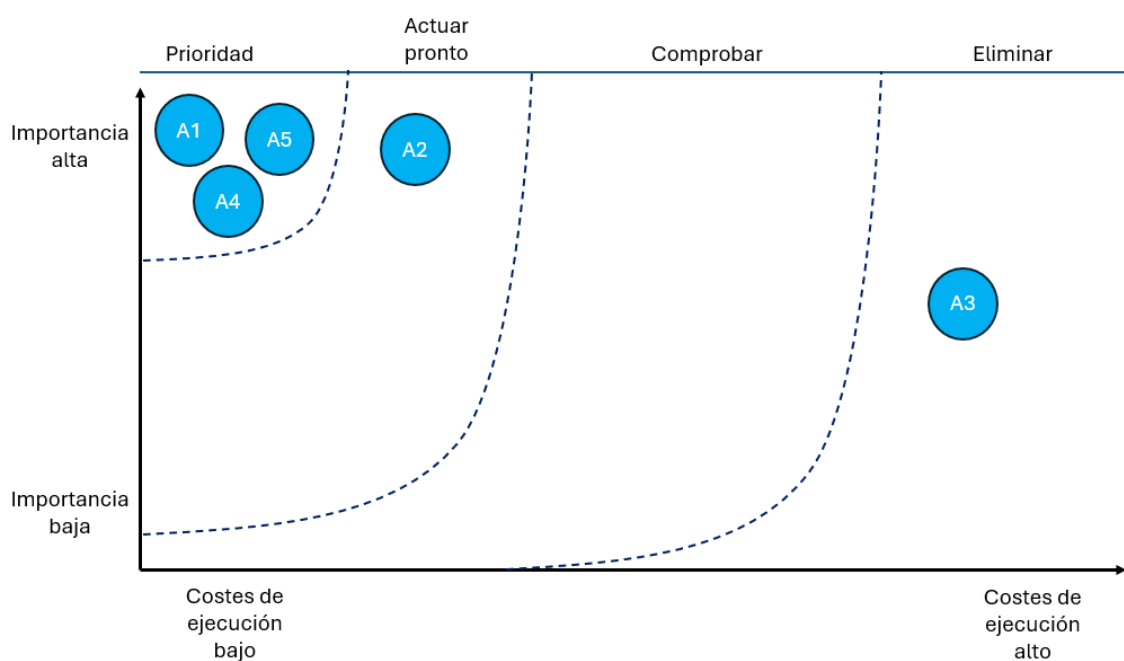


Ilustración 8. Diagrama PACE. P4

(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en el diagrama, las acciones 1, 4 y 5, se encuentra en posición de prioridad, debido a su importancia para la empresa y su coste de ejecución bajo. Por otro lado, la A2 se encuentra en la zona de actuar pronto, debido al coste que supondría en la inversión de estas tecnologías. De forma más drástica lo ocurre a la A3, que cuentas con más costes elevados, además de que no repercuten en una importancia alta para la empresa debido a que su almacén no es muy grande para automatizarlo. Por lo que se ha

posicionado esta acción en la zona de eliminar, con esto a partir de ahora no se tendrá en cuenta.

A continuación, se van a mostrar las actividades que se corresponden con la implementación de estas acciones de mejora con su determinada duración. Estas recibirán también una codificación identificativa de la siguiente forma: AXZ, donde “X” hace referencia al número de la acción y “Z” al número de actividad.

Tabla 15. P4. Acción 1

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A11	Análisis del layout actual de la planta	2 semanas	Ingeniero de procesos y supervisores de planta
A12	Identificación de cuellos de botella y oportunidades	2 semanas	Ingeniero de procesos y responsable de producción
A13	Diseño del nuevo layout	3 semanas	Supervisor de planta y consultoría externa
A14	Evaluación del impacto de la reconfiguración	1 semana	Ingeniero de procesos y responsable de producción
A15	Implementación del nuevo layout	6 semanas	Supervisores de planta y personal de mantenimiento
A16	Capacitación del personal	1 semana	Recursos Humanos
A17	Monitoreo de los KPIs y ajustes necesarios	2 semanas	Ingeniero de procesos y supervisores de planta

Tabla 16. P4. Acción 2

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A21	Selección del sistema WMS adecuado	4 semanas	Gerente de tecnología de la información (TI) y gerente de almacén
A22	Evaluación de la integración el sistema de producción	2 semanas	Responsable de producción
A23	Instalación de tecnología RFID	3 semanas	Gerente de TI y proveedor de RFID
A24	Configuración del WMS y ajuste de parámetros	4 semanas	Equipo de TI, gerente de almacén y consultoría externa
A25	Capacitación del personal	2 semanas	Recursos Humanos y responsable de TI
A26	Prueba piloto del WMS	2 semanas	Gerente de TI y gerente de almacén
A27	Implementación completa	3 semanas	Gerente de proyecto y supervisor de almacén
A28	Monitoreo y ajustes	2 semanas	Gerente de proyecto y supervisor de almacén

Tabla 17. P4. Acción 4

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A41	Evaluación de las herramientas de planificación actuales	1 semana	Responsable de producción y consultoría externa
A42	Selección e implementación de herramientas APS	5 semanas	Equipo de TI e responsable de producción
A43	Integración de APS con los sistemas existentes	3 semanas	Responsable de TI y responsable de producción
A44	Capacitación del personal	2 semanas	Recursos Humanos y responsable de producción
A45	Establecimiento de nuevas políticas de programación de la producción	3 semanas	Responsable de producción y supervisores de planta
A46	Monitoreo y ajuste de la programación	4 semanas	Ingeniero de procesos y responsable de producción

Tabla 18. P4. Acción 5

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A51	Evaluación de la cadena de suministro actual	3 semanas	Responsable de logística, responsable de compras y consultoría externa
A52	Identificación de proveedores estratégicos	2 semanas	Responsable de compras y responsable de logística
A53	Negociación de acuerdos de colaboración	3 semanas	Responsable de compras y responsable de logística
A54	Estudio viabilidad de logística inversa	4 semanas	Responsable de logística y consultoría externa
A55	Integración de los proveedores en el sistema de producción	4 semanas	Equipo de TI y responsable de producción
A56	Monitoreo de la colaboración y ajuste de procesos	4 semanas	Responsable de compras y supervisores de logística

A continuación, se va a recopilar esta información en el diagrama de Gantt de la Ilustración 9. En esta se puede observar las duraciones de cada acción en base de sus tareas codificadas según las tablas, así como sus precedencias. Además, se ha optado a diferenciar cada acción por colores para una mejor comprensión visual de la misma. Con la imagen se puede observar que A1 termina en 13 semanas y 3 días, la A2 en 17 semanas, la A4 en 12 semanas y 3 días y la A5 en 14 semanas.

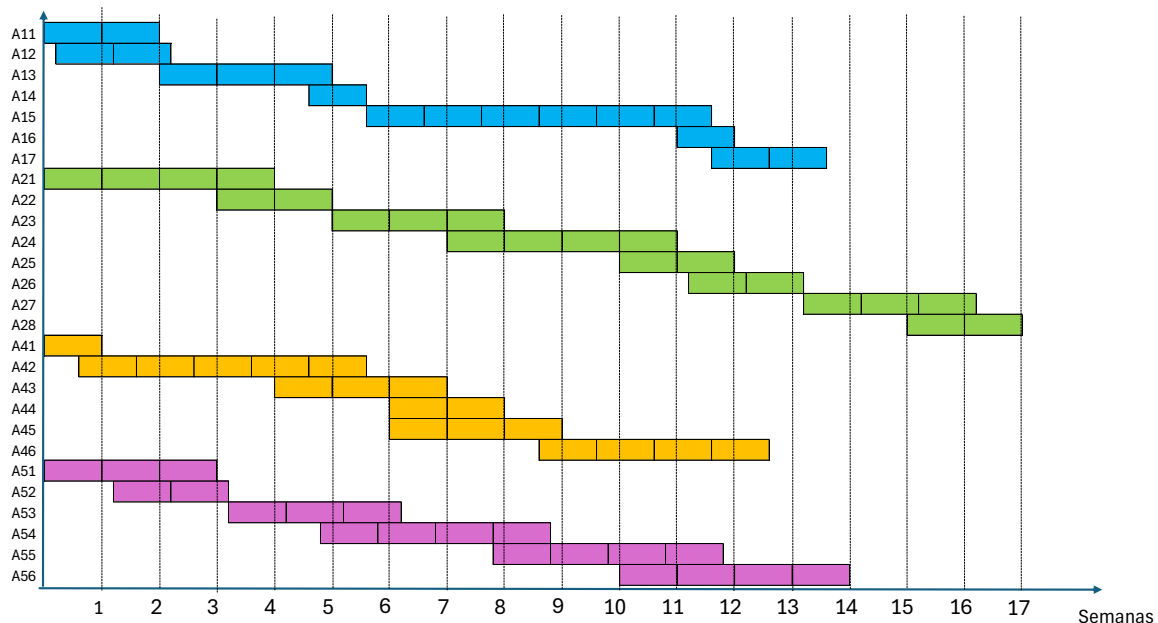


Ilustración 9. P4. Diagrama de GANTT

(Fuente: Elaboración propia)

Con esto se puede decir que para cumplir con el CSF correspondiente a P4, se tardaría 17 semanas desde el momento que inicia el proyecto de implementación.

4.2. Acciones para P5

Este es el CSF que tiene el segundo mayor peso en el ranking global, estando muy seguido del primero, por lo cual es otro de los criterios que la empresa va a tener en cuenta. Este P5, se denominó como “eliminación de actividades sin valor añadido y optimización de procesos de manufactura”. A continuación, se va a comenzar con establecer estas acciones y su definición:

- A1P5. Implementación de técnicas de Lean Manufacturing. Con esto se busca adoptar algunas de esas técnicas para identificar y eliminar desperdicios en los diferentes procesos de manufactura. Incluyendo actividades que no aporta valor desde la perspectiva del cliente como es los transportes innecesarios o la sobreproducción. Con la finalidad de aumentar la eficiencia operativa y mejorar la calidad del producto.
- A2P5. Mapeo y análisis de la cadena de valor. Realizar un análisis detallado del flujo de materiales e información en los procesos de manufactura mediante la técnica de mapeo, para poder identificar cuellos de botella y área con potencial de optimización. Con esto se mejora la visibilidad del proceso y facilita la identificación de las zonas de desperdicios y aporta mejores tomas de decisiones.
- A3P5. Automatización de procesos repetitivos. Buscar soluciones de automatización para tareas repetitivas y manuales, como el embalaje o la inspección de calidad. Con la finalidad de reducir el error humano y permitir al personal enfocarse en otras actividades que aporte más valor.

- A4P5. Rediseño de procesos de manufactura. Revisar y rediseñar los procesos de manufactura para eliminar pasos innecesarios o actualizar algunos procedimientos que se encuentra obsoleto. Con ello, se busca aumentar la productividad y mejorar la flexibilidad en la producción.

Estas acciones de mejoras se han clasificado en el siguiente diagrama PACE, que se encuentra en la Ilustración 10, en función de la importancia o impacto que tendrían para la organización y los costes de ejecución que supondrían.

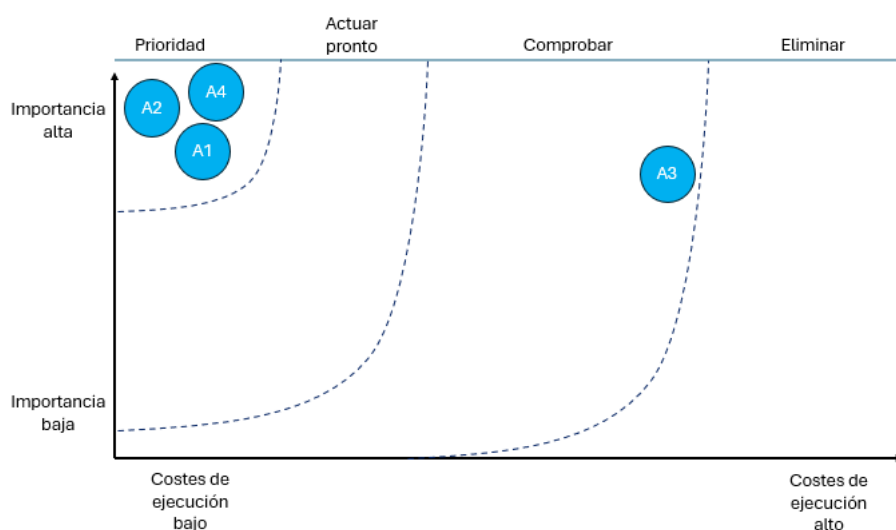


Ilustración 10. Diagrama PACE. P5

(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en el diagrama, las acciones 1, 2 y 4, se encuentran en posición de prioridad, debido a su importancia para la empresa y su coste de ejecución bajo. De forma más drástica lo ocurre a la A3, que cuenta con más costes elevados por el hecho de invertir en maquinaria que no tiene la empresa presente para la automatización de algunas actividades.

A continuación, se va a mostrar las actividades que corresponden con la implementación de estas acciones de mejora con su determinada duración.

Tabla 19. P5. Acción1

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A11	Formación en Lean Manufacturing	4 semanas	Recursos Humanos y consultoría externa
A12	Identificación de desperdicios	2 semanas	Equipo de producción y calidad

A13	Mapeo de procesos actuales	3 semanas	Equipo de producción y operaciones
A14	Desarrollo e implementación de planes de mejoras	6 semana	Equipo de producción y consultoría externa
A15	Monitoreo y evaluación de resultados	4 semanas	Equipo de producción y operaciones

Tabla 20. P5. Acción 2

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A21	Capacitación en mapeo de la cadena de valor	2 semanas	Recursos Humanos y consultoría externa
A22	Recolección de datos del flujo de materiales e información	3 semanas	Equipo de producción y logística
A23	Mapeo de la cadena de valor actual	4 semanas	Equipo de producción, calidad y logística
A24	Identificación de cuellos de botellas y oportunidades de mejoras	3 semanas	Equipo de producción, calidad y logística
A25	Implementación de mejora en la cadena de valor	6 semanas	Equipo de producción, calidad y logística
A26	Seguimiento y ajustes	3 semanas	Equipo de producción, calidad y logística

Tabla 21. P5. Acción 3

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A31	Evaluación de los procesos repetitivos y	4 semanas	Departamento de ingeniería y TI

	factibilidad de automatización		
A32	Selección de tecnologías de automatización	4 semanas	Departamento de ingeniería, compras y TI
A33	Instalación y configuración de equipos automatizados	7 semanas	Departamento de ingeniería, TI y proveedores
A34	Formación del personal	3 semanas	Recursos Humanos y proveedores
A35	Prueba piloto y ajustes	4 semanas	Departamento de ingeniería y producción
A36	Implementación completa y monitorización	5 semanas	Departamento de ingeniería, producción y TI

Tabla 22. P5. Acción 4

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A41	Análisis de los procesos actuales	3 semanas	Responsable de producción, procesos y consultoría externa
A42	Identificación de pasos innecesarios/obsoletos	2 semanas	Responsable de producción, procesos y calidad
A43	Desarrollo de nuevas estrategias de proceso	4 semanas	Responsable de producción y procesos
A44	Capacitación del personal	3 semanas	Recursos Humanos y responsable de producción
A45	Implementación del rediseño de proceso	6 semanas	Responsable de producción y operaciones
A46	Monitoreo y ajuste de procesos	4 semanas	Responsable de producción, operaciones y calidad

A continuación, se va a recopilar esta información en un diagrama de Gantt de la Ilustración 11. En esta se puede observar las duraciones de cada acción en base de sus tareas codificadas según las tablas, así como sus precedencias. Con la imagen se puede observar que A1 termina en 13 semanas y 4 días, la A2 en 14 semanas, la A3 en 17 semanas y la A4 en 14 semanas.

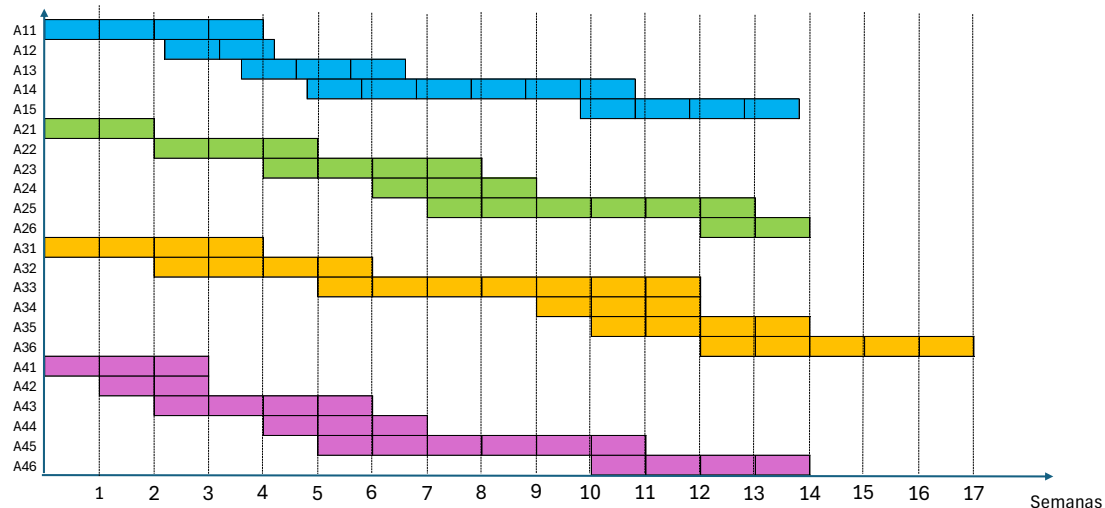


Ilustración 11. P5. Diagrama de GANTT

(Fuente: Elaboración propia)

Con esto se puede decir que para cumplir con el CSF correspondiente a P5, se tardaría 17 semanas desde el momento que inicia el proyecto de implementación.

4.3. Acciones para T4

Este es el CSF que se encuentra como el tercer mayor peso, aunque sus seguidores tienen un peso parecido, en el ranking global. Este T4, a diferencia de los otros dos anteriores, pertenece a C2 y se denominó como “Optimización de la producción mediante inteligencia artificial y sistemas resilientes”. A continuación, se va a comenzar con establecer estas acciones y su definición:

- A1T4. Implementación de algoritmos de inteligencia artificial (IA) para la planificación de la producción. Desarrollar e implementar algoritmos con IA que optimicen la secuencia de producción, asignación de recursos y programación de tareas en función de datos en tiempo real y patrones históricos. Eso le puede dar más flexibilidad a la empresa para responder a la demanda del mercado.
- A2T4. Desarrollo de un sistema predictivos de mantenimiento basados en IA. Utilizar herramientas de IA para predecir fallos en maquinaria y equipos antes de que estos ocurran. Para ello se debe de instalar tecnologías como es el Internet de las Cosas (IoT), para que monitorear las condiciones físicas a través de sensores para que el modelo puede predecir los mantenimientos.
- A3T4. Integración de sistemas resilientes en la cadena de suministro. Implementar sistemas que utilicen la IA con la finalidad de prevenir y mitigar riesgos en la cadena de suministro, como fluctuaciones en la disponibilidad de materiales o problemas logísticos.

- A4T4. Implementación de sistemas de simulaciones para la mejora continua. Desarrollar y utilizar simulaciones basadas en datos históricos y actuales para probar y analizar diferentes escenarios de producción. Esto permite identificar las configuraciones más eficientes y optimizar el rendimiento global de la planta.

Estas acciones de mejoras se han clasificado en el siguiente diagrama PACE, que se encuentra en la Ilustración 12, en función de la importancia o impacto que tendrían para la organización y los costes de ejecución que supondrían.

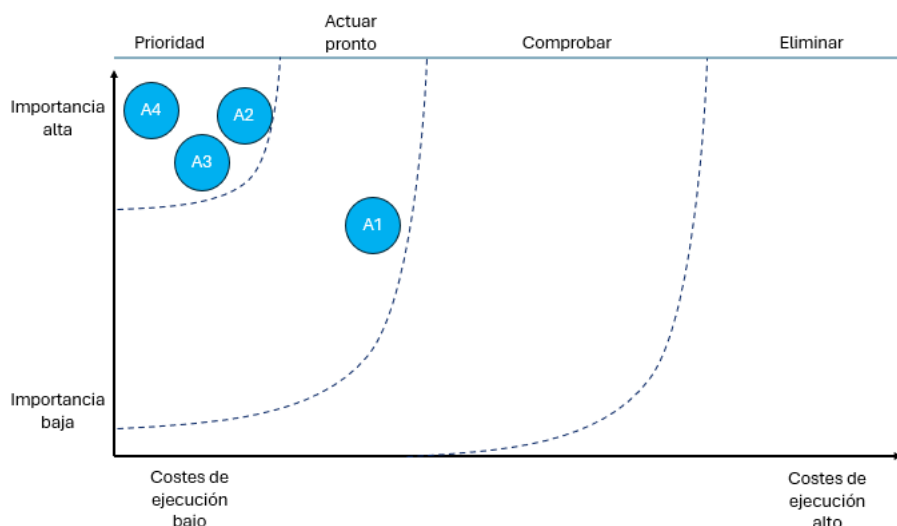


Ilustración 12. Diagrama PACE. T4

(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en el diagrama, las acciones 2, 3 y 4, se encuentra en posición de prioridad, debido a su importancia para la empresa y su coste de ejecución bajo. Por otro lado, tenemos la A1 en la zona de actuar pronto.

A continuación, se va a mostrar las actividades que corresponde con la implementación de estas acciones de mejora con su determinada duración.

Tabla 23. T4. Acción 1

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A11	Análisis de requerimientos	2 semanas	Responsable de producción y equipo de TI
A12	Desarrollo de algoritmos de IA	7 semanas	Equipo de TI y consultoría externa
A13	Integración con los sistemas existentes	4 semanas	Equipo de TI y consultoría externa

A14	Prueba piloto y ajustes	3 semana	Responsable de producción, equipo de TI y consultoría externa
A15	Implementación completa y formación del personal	3 semanas	Responsable de producción, equipo de TI, Recursos Humanos y consultoría externa

Tabla 24. T4. Acción 2

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A21	Establecer maquinarias y equipos que lleva mantenimiento preventivo	1 semana	Equipo de mantenimiento
A22	Instalación de sensores	4 semanas	Equipo de mantenimiento y consultoría externa
A23	Desarrollo de modelos predictivos	5 semanas	Departamento de TI y consultoría externa
A24	Integración del sistema de gestión de mantenimiento	3 semanas	Departamento de TI, equipo de mantenimiento y consultoría externa
A25	Pruebas y ajustes del sistema	2 semanas	Departamento de mantenimiento
A26	Formación del personal	1 semana	Recursos Humanos y departamentos de mantenimiento
A27	Implementación completa	3 semanas	Departamento de mantenimiento y de TI
A28	Monitoreo y ajustes	4 semanas	Departamento de mantenimiento y de TI

Tabla 25. T4. Acción 3

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A31	Evaluación de los riesgos en la cadena de suministro	3 semanas	Departamento de logística y consultoría externa
A32	Desarrollo de algoritmos para la gestión de riesgos	6 semanas	Departamento de TI y consultoría externa
A33	Integración de algoritmos en el sistema de gestión de la cadena de suministro	4 semanas	Departamento de TI y logística
A34	Simulaciones y ajustes del sistema	3 semanas	Departamento de TI y logística
A35	Capacitación	1 semana	Departamento de TI y Recursos Humanos
A36	Implementación completa	2 semanas	Departamento de logística

Tabla 26. T4. Acción 4

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A41	Recopilación de datos y análisis histórico	2 semanas	Departamento de producción y TI
A42	Desarrollo de modelos de simulación	5 semanas	Departamento de TI y consultoría externa
A43	Validación y pruebas de simulación	3 semanas	Departamento de producción y TI
A44	Capacitación del personal	2 semanas	Recursos Humanos y responsable de producción
A45	Integración completa	3 semanas	Departamento de producción y TI
A46	Monitoreo y ajuste de procesos	4 semanas	Departamento de producción

A continuación, se va a recopilar esta información en un diagrama de Gantt de la Ilustración 13. En esta se puede observar las duraciones de cada acción en base de sus tareas codificadas según las tablas, así como sus precedencias. Con la imagen se puede observar que A1 termina en 15 semanas, la A2 en 17 semanas, la A3 en 14 semanas y la A4 en 15 semanas.

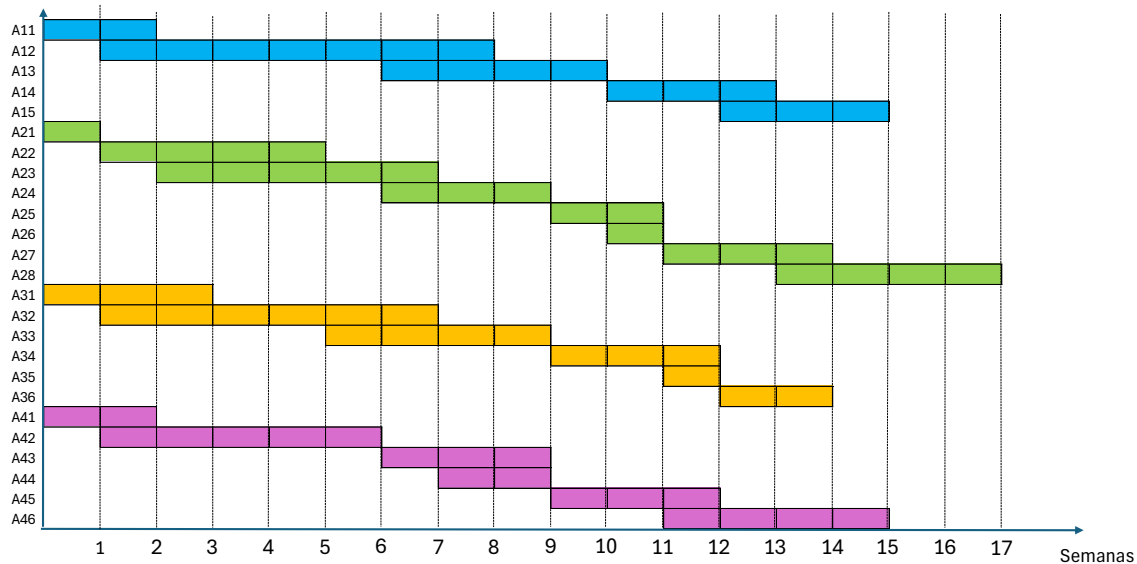


Ilustración 13. T4. Diagrama de GANTT

(Fuente: Elaboración propia)

Con esto se puede decir que para cumplir con el CSF correspondiente a T4, se tardaría 17 semanas desde el momento que inicia el proyecto de implementación.

4.4. Acciones para T2

Este es el CSF que se encuentra como el cuarto de mayor peso, aunque sus seguidores tienen un peso parecido al igual que su antecesor, en el ranking global. Este T2, que se denominó como “Tendencia de desarrollo de sistemas de producción mediante la industria 4.0.”. A continuación, se va a comenzar con establecer estas acciones y su definición:

- A1T2. Implementación de gemelos digitales. Desarrollar e implementar esta tecnología para que repliquen virtualmente las operaciones de producción, permitiendo un análisis en tiempo real para mejorar la toma de decisiones.
- A2T2. Capacitación en habilidades digitales. Implementar programas de capacitación para el personal en habilidades digitales y el manejo de tecnologías de la Industria 4.0, como la simulación, la gestión de datos, etc.

Estas acciones de mejoras se han clasificado en el siguiente diagrama PACE, que se encuentra en la Ilustración 14, en función de la importancia o impacto que tendrían para la organización y los costes de ejecución que supondrían.

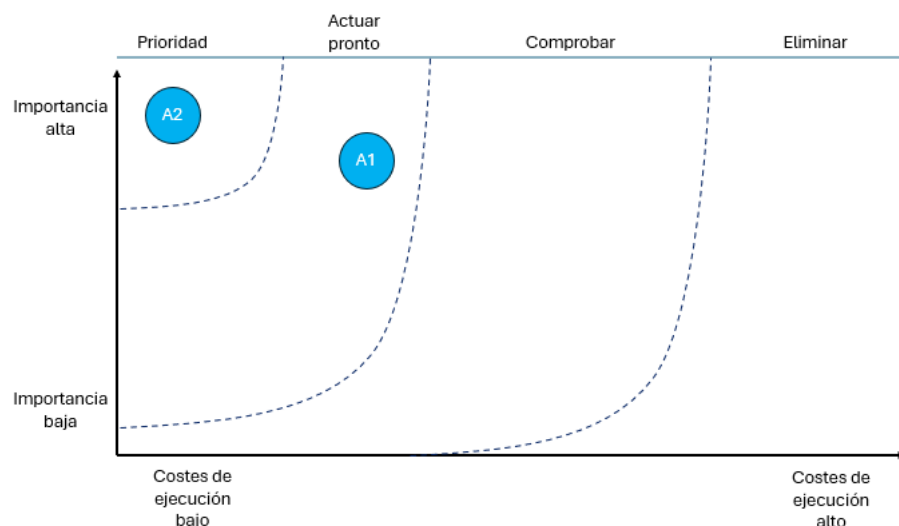


Ilustración 14. Diagrama PACE. T2

(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en el diagrama, la acción 2, se encuentra en posición de prioridad, y la A, en la zona de actuar pronto. A continuación, se va a mostrar las actividades que corresponde con la implementación de estas acciones de mejora con su determinada duración.

Tabla 27. T2. Acción 1

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A11	Análisis de requisitos	3 semanas	Responsable de producción y equipo de TI
A12	Selección de software y hardware	4 semanas	Equipo de TI y proveedores
A13	Desarrollo del gemelo digital	8 semanas	Equipo de TI, proveedores y consultoría externa
A14	Integración con el sistema existente	4 semanas	Equipo de calidad y TI
A15	Pruebas y ajustes	4 semanas	Responsable de producción y equipo de TI
A16	Capacitación personal	1 semana	Recursos Humanos y equipo de TI
A17	Implementación completa	3 semanas	Equipo de TI y producción

A18	Monitoreo y optimización	4 semanas	Departamento de ingeniería
-----	--------------------------	-----------	----------------------------

Tabla 28. T2. Acción 2

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A21	Evaluación de necesidades de capacitación	2 semanas	Recursos Humanos y departamento de TI
A22	Desarrollo de programa de formación	4 semanas	Recursos Humanos y departamento de TI
A23	Selección de instructores	2 semanas	Recursos Humanos
A24	Implementación de sesiones de formación	6 semanas	Recursos Humanos y departamento de TI
A25	Evaluación post-formación	2 semanas	Recursos Humanos

A continuación, se va a recopilar esta información en un diagrama de Gantt de la Ilustración 15. En esta se puede observar las duraciones de cada acción en base de sus tareas codificadas según las tablas, así como sus precedencias. Con la imagen se puede observar que A1 termina en 20 semanas y la A2 en 14 semanas.

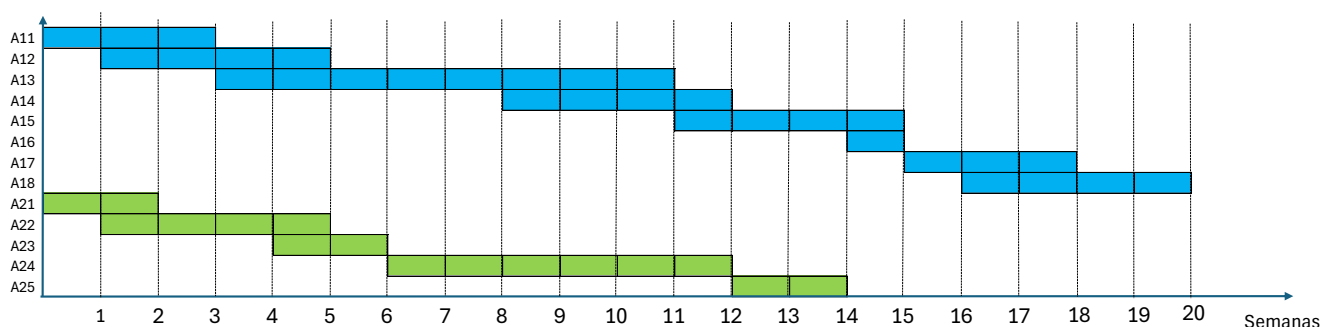


Ilustración 15. T2. Diagrama de GANTT

(Fuente: Elaboración propia)

Con esto se puede decir que para cumplir con el CSF correspondiente a T2, se tardaría 20 semanas desde el momento que inicia el proyecto de implementación.

4.5. Acciones para T1

Este es el CSF que se encuentra como el quinto de mayor peso en el ranking global. Este T1, que se denominó como “Aplicación de tecnologías de información y realidad

aumentada en la gestión lean para el desarrollo sostenible de las empresas”. A continuación, se va a comenzar con establecer estas acciones y su definición:

- A1T1. Implementación de un sistema de realidad aumentada para la formación. Desarrollar e implementar un sistema que permita formar a los trabajadores en tiempo real, a través de la realidad aumentada con el uso eficiente de los recursos y técnica de producción lean.
- A2T1. Integración de IoT para monitoreo ambiental. Se busca utilizar sensores para monitorear en tiempo real variables ambientales como el consumo de agua, energía y emisiones de gases.

Estas acciones de mejoras se han clasificado en el siguiente diagrama PACE, que se encuentra en la Ilustración 16, en función de la importancia o impacto que tendrían para la organización y los costes de ejecución que supondrían.

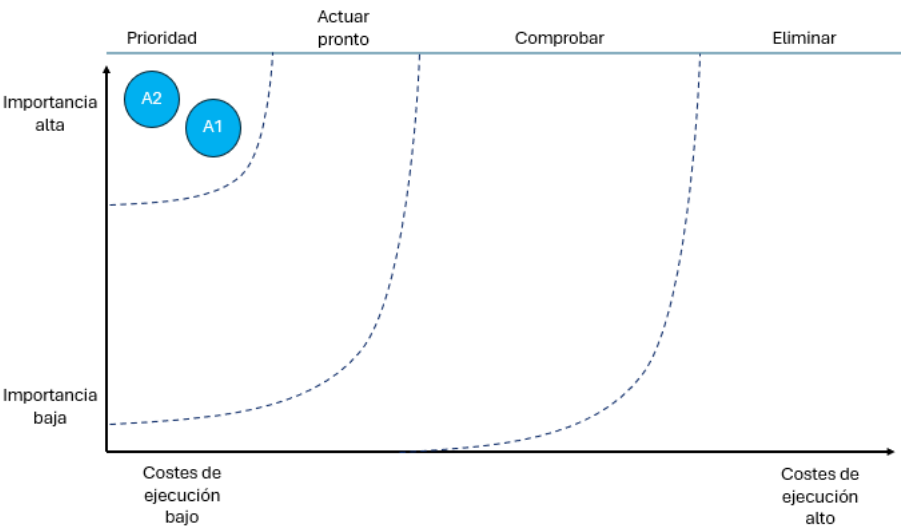


Ilustración 16. Diagrama PACE. T1

(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en el diagrama, las acciones 1 y 2, se encuentra en posición de prioridad. A continuación, se va a mostrar las actividades que corresponde con la implementación de estas acciones de mejora con su determinada duración.

Tabla 29. T1. Acción 1

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A11	Evaluación de necesidades	2 semanas	Responsable de producción y Recursos humanos
A12	Selección de proveedores y tecnología	3 semanas	Equipo de TI y departamento de compras

A13	Desarrollo del contenido de formación	6 semanas	Departamento de producción, recursos humanos y proveedor
A14	Implementación y pruebas piloto	4 semanas	Departamento de producción, equipo de TI y proveedor
A15	Despliegue completo	5 semanas	Departamento de producción, equipo de TI y Recursos Humanos
A16	Monitoreo y evaluación	4 semanas	Departamento de producción y recursos humanos

Tabla 30. T1. Acción 2

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A21	Definición de parámetros de monitoreo	2 semanas	Responsable ambiental y departamento de producción
A22	Selección e instalación de sensores IoT	6 semanas	Departamento de TI, compras y proveedor
A23	Integración con el sistema de gestión	3 semanas	Departamento de TI
A24	Pruebas y validación	3 semanas	Responsable ambiental, departamento de TI y proveedor
A25	Formación del personal	2 semanas	Recursos Humanos y responsable ambiental
A26	Implementación completa y monitoreo	4 semanas	Responsable ambiental, departamento de producción y TI

A continuación, se va a recopilar esta información en un diagrama de Gantt de la Ilustración 17. En esta se puede observar las duraciones de cada acción en base de sus tareas codificadas según las tablas, así como sus precedencias. Con la imagen se puede observar que A1 termina en 18 semanas y la A2 en 14 semanas.

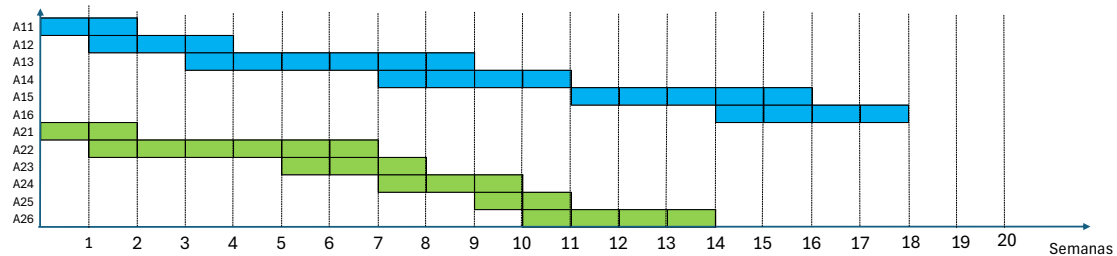


Ilustración 17. T1. Diagrama de GANTT

(Fuente: Elaboración propia)

Con esto se puede decir que para cumplir con el CSF correspondiente a T1, se tardaría 18 semanas desde el momento que inicia el proyecto de implementación.

4.6. Acciones para T3

Este es el CSF que se encuentra como el sexto de mayor peso en el ranking global y el último de C2. Este T3, que se denominó como “Utilizar datos en tiempo real para mejorar el rendimiento de producción”. A continuación, se va a comenzar con establecer estas acciones y su definición:

- A1T3. Análisis predictivo y modelado de datos. Utilizar técnicas de análisis predictivo para modelar los datos recopilados en tiempo real y prevenir posibles fallos o cuellos de botellas antes de que ocurran. Esto se centra en utilizar un software avanzado de análisis para mejora la toma de decisiones.
- A2T3. Optimización de procesos basado en datos. Implementar un sistema de optimización de procesos utilizando datos en tiempo real como basa para ajustes. Esto incluye la identificación de ineficiencias.

Estas acciones de mejoras se han clasificado en el siguiente diagrama PACE, que se encuentra en la Ilustración 18, en función de la importancia o impacto que tendrían para la organización y los costes de ejecución que supondrían.

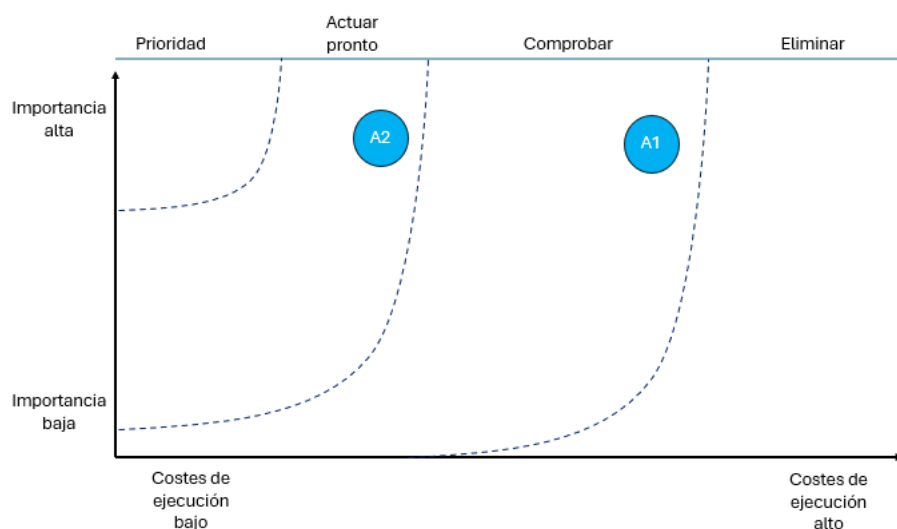


Ilustración 18. Diagrama PACE. T3

(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en el diagrama, la acción 1, se encuentra en posición de comprobar, y la acción 2 en actuar pronto. A continuación, se va a mostrar las actividades que corresponde con la implementación de estas acciones de mejora con su determinada duración.

Tabla 31. T3. Acción 1

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A11	Selección y adquisición de software de análisis predictivo	4 semanas	Responsable de producción y equipo de TI
A12	Integración del software con los sistemas existentes	5 semanas	Equipo de TI
A13	Configuración y personalización del modelo predictivo	4 semanas	Equipo de TI y responsable de producción
A14	Formación del personal	2 semanas	Equipo de TI, Recursos Humanos y proveedor
A15	Implementación	4 semanas	Departamento de producción y equipo de TI
A16	Monitoreo y ajustes	3 semanas	Departamento de producción y equipo de TI

Tabla 32. T3. Acción 2

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A21	Desarrollo de un sistema de recolección de datos en tiempo real	6 semanas	Responsable de producción y equipo de TI
A22	Análisis de los datos recopilados para identificar ineficiencias	3 semanas	Responsable de producción y equipo de TI
A23	Desarrollo de estrategias de optimización basadas en datos	5 semanas	Responsable de producción y equipo de TI
A24	Implementación de las estrategias de optimización	3 semanas	Responsable de producción
A25	Evaluación de resultados y ajustes	4 semanas	Responsable de producción

A continuación, se va a recopilar esta información en un diagrama de Gantt de la Ilustración 19. En esta se puede observar las duraciones de cada acción en base de sus tareas codificadas según las tablas, así como sus precedencias. Con la imagen se puede observar que A1 termina en 16 semanas y la A2 en 17 semanas.

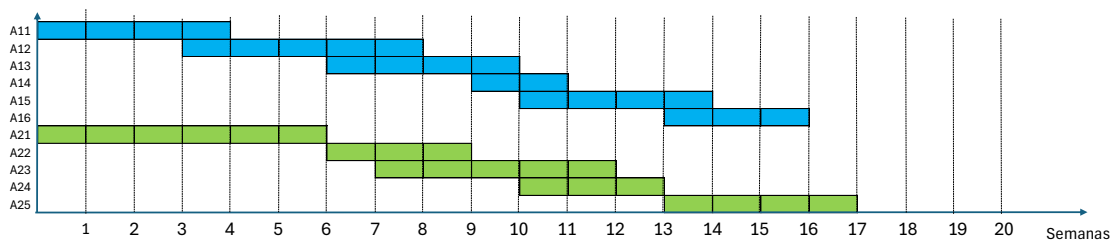


Ilustración 19. T3. Diagrama de Gantt

(Fuente: Elaboración propia)

Con esto se puede decir que para cumplir con el CSF correspondiente a T3, se tardaría 17 semanas desde el momento que inicia el proyecto de implementación.

4.7. Acciones para P2

Este es el CSF que tiene el séptimo mayor peso en el ranking global, regresando al C3, como los dos primeros. Este P2, se denominó como “Integración de la gestión de riesgos en la

mejora de procesos en centros de servicios compartidos (SSCs)”. A continuación, se va a comenzar con establecer estas acciones y su definición:

- A1P2. Implementación de un sistema integrado de gestión de riesgos. Desarrollar e implementar un sistema que pueda identificar, evaluar y disminuir los riesgos asociados a los procesos en los SCCs. Esto también incluye la creación de una plataforma que integre la gestión de riesgos en la mejora continua de procesos.
- A2P2. Formación en gestión de riesgos para el personal en SSCs. Se busca capacitar al personal en la identificación y gestión de riesgos dentro de los SSCs, proporcionando habilidades y conocimientos necesarios.

Estas acciones de mejoras se han clasificado en el siguiente diagrama PACE, que se encuentra en la Ilustración 20, en función de la importancia o impacto que tendrían para la organización y los costes de ejecución que supondrían.

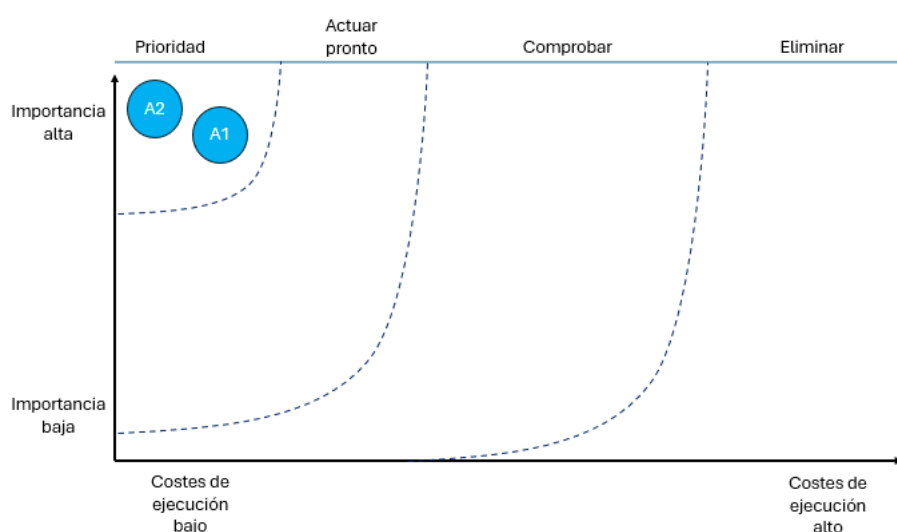


Ilustración 20. Diagrama PACE. P2

(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en el diagrama, las acciones 1 y 2, se encuentra en posición de prioridad, debido a su importancia para la empresa y su coste de ejecución bajo. A continuación, se va a mostrar las actividades que corresponde con la implementación de estas acciones de mejora con su determinada duración.

Tabla 33. P2. Acción 1

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A11	Análisis de riesgos iniciales y priorización	4 semanas	Responsable de los procesos de SSCs
A12	Selección e implementación de	6 semanas	Responsable de los procesos de

	plataforma de gestión de riesgos		SSCs y equipo de TI
A13	Integración de la plataforma con los procesos existentes	5 semanas	Responsable de los procesos de SSCs y equipo de TI
A14	Monitoreo y ajustes	4 semana	Responsable de los procesos de SSCs

Tabla 34. P2. Acción 2

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A21	Desarrollo de un programa de formación	3 semanas	Recursos Humanos y consultoría externa
A22	Implementación de seminarios de lecciones	6 semanas	Recursos Humanos y consultoría externa
A23	Evaluación de la efectividad de la formación	2 semanas	Recursos Humanos y responsables de procesos de SSC

A continuación, se va a recopilar esta información en un diagrama de Gantt de la Ilustración 21. En esta se puede observar las duraciones de cada acción en base de sus tareas codificadas según las tablas, así como sus precedencias. Con la imagen se puede observar que A1 termina en 16 semanas, la A2 en 11 semanas.

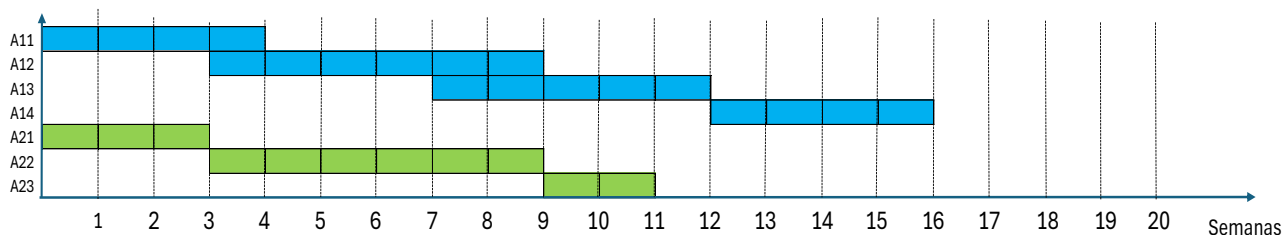


Ilustración 21. P2. Diagrama de GANTT

(Fuente: Elaboración propia)

Con esto se puede decir que para cumplir con el CSF correspondiente a P2, se tardaría 16 semanas desde el momento que inicia el proyecto de implementación.

4.8. Acciones para P1

Este es el CSF que tiene el octavo mayor peso en el ranking global, siendo el último que tiene un peso mayor del 5%. Este P1, se denominó como “Mecanismo de desarrollo ecológico para la organización y la producción ajustada”. A continuación, se va a comenzar con establecer estas acciones y su definición:

- A1P1. Implementación de un programa de eficiencia energética y reducción de desperdicios. Se busca un programa que optimice el uso de energía y minimice los desperdicios en los procesos de producción, utilizando tecnologías ecológicas y practicas sostenibles.
- A2P1. Evaluación y optimización de la cadena de suministro verde. Con esto se quiere evaluar y ajustar la cadena de suministro para asegurar que los proveedores y materiales utilizados sean sostenible. Esto significa que se tiene que colaborar con los proveedores para reducir el impacto ambiental y buscar alternativas.

Estas acciones de mejoras se han clasificado en el siguiente diagrama PACE, que se encuentra en la Ilustración 22, en función de la importancia o impacto que tendrían para la organización y los costes de ejecución que supondrían.

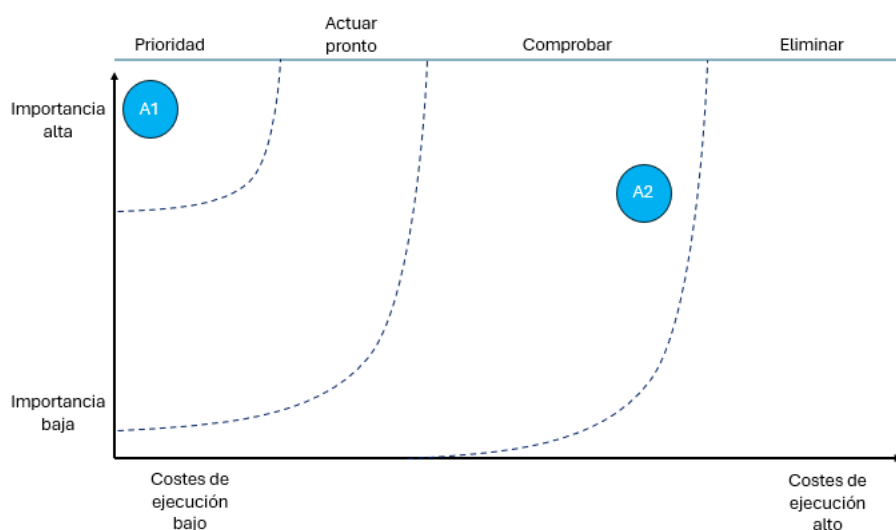


Ilustración 22. Diagrama PACE. P1

(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en el diagrama, la acción 1, se encuentra en posición de prioridad, y la acción 2 en la zona de comprobar. A continuación, se va a mostrar las actividades que corresponde con la implementación de estas acciones de mejora con su determinada duración.

Tabla 35. P1. Acción 1

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A11	Auditoria energética inicial	4 semanas	Responsable ambiental

A12	Desarrollo de programa de eficiencia energética	6 semanas	Responsable ambiental y de producción
A13	Implementación de iniciativas de reducción de desperdicios	5 semanas	Responsable ambiental y de producción
A14	Monitoreo y ajustes	4 semana	Responsable ambiental

Tabla 36. P1. Acción 2

(Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Duración	Responsables
A21	Evaluación de proveedores actuales	4 semanas	Responsable ambiental y compras
A22	Selección de proveedores sostenibles	5 semanas	Responsable de compras
A23	Desarrollo de relaciones de colaboración con proveedores	6 semanas	Responsable ambiental y compras
A24	Evaluación de resultados y ajustes	4 semanas	Responsable ambiental y compras

A continuación, se va a recopilar esta información en un diagrama de Gantt de la Ilustración 23. En esta se puede observar las duraciones de cada acción en base de sus tareas codificadas según las tablas, así como sus precedencias. Con la imagen se puede observar que A1 y A2 termina en 16 semanas.

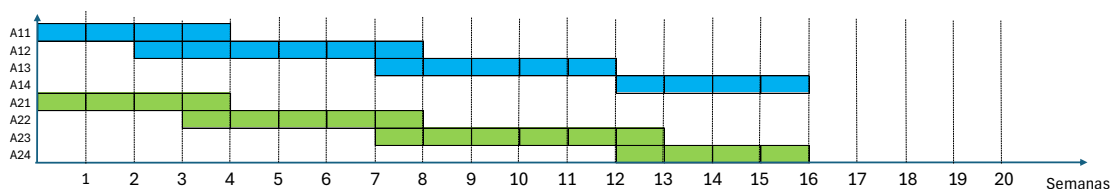


Ilustración 23. P1. Diagrama de GANTT

(Fuente: Elaboración propia)

Con esto se puede decir que para cumplir con el CSF correspondiente a P1, se tardaría 16 semanas desde el momento que inicia el proyecto de implementación.

Capítulo 5. Análisis económico

En este nuevo capítulo se va a realizar un análisis económico que abarca los diferentes costes que le supondría a la empresa implantar cada acción estratégica que se ha desarrollado en el capítulo anterior. Además, este análisis cuenta con un gran desglose de las acciones propuesta, detallando el presupuesto necesario para cada acción en diferentes aspectos que se necesita para cumplir con la ejecución de la acción. Para ello se va a definir una tabla con los diferentes costes, donde podemos destacar las siguientes columnas:

- Costes de Recursos Humanos (RRHH). En este se encuentra incluido los salarios o pagos a los responsables que llevan a cargos las tareas.
- Costes de consultoría. Se define el coste de contratar expertos externos a la empresa.
- Costes de implementación. En los que se incluyen todos los gastos que hace referencia a la implementación de la acción, como son software, equipos o materiales necesarios.
- Costes de formación. Son los gastos asociados a la formación del personal, como el material didáctico, la plataforma de formación, etc.
- Costes de monitoreo y evaluación. Esto se viene dado en el post implementación, donde recoger los gastos de las herramientas de seguimientos y auditorías.

Tabla 37. Inversión para cada acción

(Fuente: Elaboración propia)

Acciones	RRHH	Consultoría	Implementación	Formación	Monitoreo y evaluación	TOTAL	TOTAL CSF
A1P4	12.000,00 €	5.000,00 €	20.000,00 €	3.500,00 €	3.000,00 €	43.500,00 €	132.000,00 €
A2P4	10.000,00 €	4.000,00 €	15.000,00 €	3.000,00 €	2.000,00 €	34.000,00 €	
A4P4	8.000,00 €	2.000,00 €	11.000,00 €	1.000,00 €	500,00 €	22.500,00 €	
A5P4	8.500,00 €	6.000,00 €	15.000,00 €	2.000,00 €	500,00 €	32.000,00 €	
A1P5	11.000,00 €	7.000,00 €	21.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	45.000,00 €	152.500,00 €
A2P5	10.000,00 €	7.000,00 €	19.000,00 €	2.500,00 €	2.500,00 €	41.000,00 €	
A3P5	7.500,00 €	- €	16.000,00 €	4.000,00 €	1.000,00 €	28.500,00 €	
A4P5	9.500,00 €	4.500,00 €	17.500,00 €	4.500,00 €	2.000,00 €	38.000,00 €	
A1T4	13.000,00 €	6.000,00 €	21.500,00 €	5.000,00 €	2.500,00 €	48.000,00 €	185.000,00 €
A2T4	12.000,00 €	5.000,00 €	19.000,00 €	5.000,00 €	4.000,00 €	45.000,00 €	
A3T4	11.500,00 €	6.000,00 €	20.000,00 €	6.000,00 €	3.000,00 €	46.500,00 €	
A4T4	11.500,00 €	6.000,00 €	19.500,00 €	5.000,00 €	3.500,00 €	45.500,00 €	
A1T2	15.000,00 €	- €	25.000,00 €	7.000,00 €	4.000,00 €	51.000,00 €	70.000,00 €
A2T2	5.000,00 €	- €	8.000,00 €	4.000,00 €	2.000,00 €	19.000,00 €	
A1T1	10.000,00 €	- €	20.000,00 €	5.000,00 €	3.000,00 €	38.000,00 €	67.000,00 €
A2T1	7.000,00 €	- €	15.000,00 €	4.000,00 €	3.000,00 €	29.000,00 €	
A1T3	12.000,00 €	- €	20.000,00 €	6.000,00 €	3.000,00 €	41.000,00 €	74.000,00 €
A2T3	10.000,00 €	- €	15.000,00 €	5.000,00 €	3.000,00 €	33.000,00 €	
A1P2	8.000,00 €	- €	16.000,00 €	4.500,00 €	2.500,00 €	31.000,00 €	66.000,00 €
A2P2	7.500,00 €	5.500,00 €	14.000,00 €	5.000,00 €	3.000,00 €	35.000,00 €	
A1P1	10.000,00 €	- €	17.000,00 €	5.000,00 €	3.000,00 €	35.000,00 €	60.000,00 €
A2P1	7.000,00 €	- €	12.000,00 €	4.000,00 €	2.000,00 €	25.000,00 €	
TOTAL	216.000,00 €	64.000,00 €	376.500,00 €	94.000,00 €	56.000,00 €	806.500,00 €	

Teniendo en cuenta los costes que se han definidos por las categorías en la Tabla 37, la inversión total estimada, si va a aplicar todas las acciones estudiadas en el plan de acción,

sería de 806.500€. Por otro lado, si solo se quiere tomar alguna acción, tenemos su inversión individual en la columna de “TOTAL”. Si se busca completar todas las acciones de un CSF, basta con mirar la última columna.

En este sentido, hay que tener en cuenta que la empresa puede querer activar algunas de las acciones primero y otras posteriormente, habiendo recomendado el autor de este TFM que primero implementen las acciones asociadas a los criterios más importantes que son, tal como se ha comentado anteriormente en este trabajo, los siguientes ordenado de más a menos importante: A1P4, A2P4, A3P4, A4P4, A1P5, A2P5, A3P5, A4P5, etc.

Respecto a la distribución de costes, se puede observar que los costes más significativos vienen dados en la columna de la implementación. Esto viene debido a la necesidad de inversión en algunos equipos, software y tecnología. También si observamos las columnas de RRHH y formación, también se puede considerar una inversión importante, ya que en este caso se busca en la formación, que los trabajadores adquieran los nuevos conocimientos para que la implementación funcione correctamente.

Respecto el tema de consultoría, aunque tenga un coste menor en comparación con las otras áreas, su presencia tiene una gran importancia ya que puede aumentar su valor ya que hay acciones en la que no se han considerado la necesidad de contactar con una consultoría externa para ayudar en esos proyectos, pero esto no quita que en un futuro se puede buscar una consultoría, para tener consejos e ideas de expertos del área que se está trabajando, en actividades que no se tenía en cuenta

Por último, en lo que se refiere a la columna de monitoreo y evaluación, dicha columna presenta la inversión más baja, pero no significa que sea del todo real. Esto se debe que el monitoreo y la evaluación se ha establecido en un primer periodo para cada acción, pero no quita que, por motivo de su importancia, esto sea continuo mientras se esté utilizando esa acción.

Capítulo 6. Conclusiones y futuras líneas de investigación

Desde el punto de vista técnico, es posible afirmar que se ha conseguido cubrir los objetivos principales de este Trabajo Fin de Máster: Identificación y priorización de los factores críticos de éxito, basados en la documentación existente, en la implementación de Lean Management específicamente dentro del sector alimentario. También se ha analizado la relevancia de estos factores, para la implementación de Lean Management. A su vez, de una manera práctica se ha aplicado el método Bayesian Best-Worst, con algunos trabajadores de la empresa en que se está investigando, para priorizar estos factores críticos. Y por último se ha proporcionado recomendaciones prácticas y acciones basadas en los resultados del análisis, que puedan ser implementadas para mejorar la efectividad del Lean Management en el sector alimentario.

Así, primeramente, se identificaron 17 CSFs en relación con el sector alimentario a la implementación del LM, con la finalidad de mejorar el rendimiento de procesos, la sostenibilidad de las actividades y la eliminación de actividades con añadía valor.

En segundo lugar, estos CSFs, fueron sometidos a una agrupación en tres clústeres diferentes para la aplicación de la metodología Bayesian BWM, donde los expertos, en base de su conocimiento y experiencia para eliminar la subjetividad de esta metodología, priorizaron cada clúster y cada CSFs para obtener las matrices correspondientes para aplicar la herramienta.

En tercer lugar, se analizó los resultados obtenidos, viendo los diferentes pesos obtenidos cada CSFs y los niveles de confianza de los valores obtenidos. Esto llevaron a elegir los mejores CSFs que la empresa estaría dispuesta para implementar y por lo que se ha ofrecido diferentes acciones con un análisis detallado de cada uno, sin olvidar de su plan de acción donde se ofrece diferentes diagramas GANTT para saber la duración de los proyectos.

En cuarto lugar, se ha ofrecido un presupuesto de la inversión que le supondría implantar a la empresa las diferentes acciones, acorde con el plan de acción que se detalló con anterioridad.

Con esto se puede decir que la implementación de Lean Management en el sector alimentario ofrece beneficios considerables en términos de eficiencia y competitividad. No obstante, su éxito depende en gran medida de una adecuada gestión y priorización de los CSFs identificados. Este TFM proporciona una hoja de ruta clara para las empresas que buscan adoptar Lean Management, subrayando la importancia de una integración cuidadosa de estos factores en la estrategia corporativa.

Finalmente, se presentan algunas líneas futuras de trabajo, ya que en este TFM no se ha podido tratar todas o más bien esto puede cambiar en un futuro. Primero de todo habría que aclarar que este método de decisión tiene una fuerte connotación subjetiva, debido que la dirección que se tome en una empresa con esta metodología está influenciada por factores que han sido escogidos desde la opinión o la experiencia de ciertos expertos o

personas que han plasmado sus conocimientos en artículos científicos de diferentes bases de datos, por lo que estas opiniones y conocimientos pueden ir cambiando a lo largo de los años, por lo que se debería de implementar otra vez la metodología con un mayor número de expertos para tener más diversidades de opiniones y ver si el C2 consigue diferirse un poco más entre los CSFs que lo integran, ya que se ha obtenido pesos similares.

Bibliografía

- Ambit. (2020). *Lean Management, te explicamos qué es y sus ventajas*.
<https://www.ambit-bst.com/blog/lean-management-te-explicamos-qu%C3%A9-es-y-sus-ventajas>
- Arana-Landín, G., Uriarte-Gallastegi, N., Landeta-Manzano, B., & Laskurain-Iturbe, I. (2023). The Contribution of Lean Management—Industry 4.0 Technologies to Improving Energy Efficiency. *Energies*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/EN16052124>
- Chau, K. Y., Lin, C. H., Altantsetseg, P., Tufail, B., Pham, T. H. A., & Nguyen, T. T. H. (2023). Green supply chain, green leadership, consumer preferences, sustainability attitudes, and sustainable business advantage: a case of Vietnamese textile industry. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(54), 115003–115020. <https://doi.org/10.1007/S11356-023-30082-X>
- Debnath, B., Shakur, M. S., Bari, A. B. M. M., & Karmaker, C. L. (2023). A Bayesian Best–Worst approach for assessing the critical success factors in sustainable lean manufacturing. *Decision Analytics Journal*, 6, 100157. <https://doi.org/10.1016/J.DAJOUR.2022.100157>
- Del Monte, C., Zanchi, M., & Gaiardelli, P. (2021). Exploring the Link Between Lean Practices and Sources of Uncertainty in Supply Chain. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 630 IFIP, 748–757. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85874-2_82
- Escuela de Lean Management. (2015a). *Lean Management, ¿cosa de japoneses?* - *Escuela Lean Management*. <https://www.escuelalean.es/lean-management-cosa-de-japoneses/>
- Escuela de Lean Management. (2015b). *Qué es Lean Management - Escuela Lean Management*. <https://www.escuelalean.es/que-es-lean-management/>
- Florescu, A., & Barabas, S. (2022). Development Trends of Production Systems through the Integration of Lean Management and Industry 4.0. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/APP12104885>
- Hajmohammad, S., Vachon, S., Klassen, R. D., & Gavronski, I. (2013). Reprint of Lean management and supply management: their role in green practices and performance. *Journal of Cleaner Production*, 56, 86–93. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2013.06.038>
- Ince, M. N., Tasdemir, C., & Gazo, R. (2023). Lean and Sustainable Supplier Selection in the Furniture Industry. *Sustainability*, 15(22), 15891. <https://doi.org/10.3390/SU152215891>
- Kościelniak, H., Łęgowik-Matolepsza, M., & Łęgowik-Świacik, S. (2019). The application of information technologies in consideration of augmented reality and lean management of enterprises in the light of sustainable development. *Sustainability (Switzerland)*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/SU11072157>

- Laghoug, A., Zafrah, F. bin, Qureshi, M. R. N. M., & Sahli, A. A. (2024). Eliminating Non-Value-Added Activities and Optimizing Manufacturing Processes Using Process Mining: A Stock of Challenges for Family SMEs. *Sustainability (Switzerland)*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/SU16041694>
- Leitão, J., de Brito, S., & Cubico, S. (2019). Eco-innovation influencers: Unveiling the role of lean management principles adoption. *Sustainability (Switzerland)*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/SU11082225>
- Makysova, H., Galgoci, F., Babelova, Z. G., & Starecek, A. (2024). The improvement of the production process performance through material flow and storage efficiency increases serial production. *Acta Logistica*, 11(1), 57–65. <https://doi.org/10.22306/AL.V11I1.449>
- Orynycz, O., Tucki, K., & Prystasz, M. (2020). Implementation of lean management as a tool for decrease of energy consumption and CO2 emissions in the fast food restaurant. *Energies*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/EN13051184>
- Production Tools. (2024). ▷Ventajas y desventajas del lean manufacturing | Production Tools. <https://productiontools.es/lean/ventajas-y-desventajas-del-lean-manufacturing/>
- Qianqiu, Y., & Baoli, S. (2024). Research on the impact and mechanisms of lean management on the green development of traditional small and micro manufacturing enterprises. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. <https://doi.org/10.1002/CSR.2836>
- Rivera, F. M. La, Vielma, J. C., Herrera, R. F., & Gallardo, E. (2021). Waste identification in the operation of structural engineering companies (SEC) according to lean management. *Sustainability (Switzerland)*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/SU13084249>
- Saabye, H., Kristensen, T. B., & Wæhrens, B. V. (2020). Real-time data utilization barriers to improving production performance: An in-depth case study linking lean management and industry 4.0 from a learning organization perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 12(21), 1–21. <https://doi.org/10.3390/SU12218757>
- Stronczek, A. (2023). Barriers of Lean Accounting Implementation in Polish Enterprises: DEMATEL Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 15(15). <https://doi.org/10.3390/SU151512008>
- Wu, X., Zhao, W., Ma, T., & Yang, Z. (2019). Improving the efficiency of highway construction project management using lean management. *Sustainability (Switzerland)*, 11(13). <https://doi.org/10.3390/SU11133646>
- Zaporowska, Z., & Szczepański, M. (2022). Exploration of Lean Management Methods Used in Shared Services Centers, Drivers and Barriers to Process Selection for Improvements in the Light of Risk Management and ESG Reporting. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 4695, 14(8), 4695. <https://doi.org/10.3390/SU14084695>

Anexo. Programa MATLAB

Este anexo estará ocupado por capturas de pantalla de la programación que se ha realizado en el software MATLAB, para la obtención de los resultados analizados.

En primer lugar, se encuentra el código para que la función implementada en el programa funcione. Y en la demás, se encuentran las matrices de comparación entre clústeres y cada criterio.

```
1 function [w_final, wall] = BayesianBWM(A_B, A_W)
2     k = size(A_B, 1);
3     c = size(A_B, 2);
4     wStar_prior = (1/1000000) * ones(size(A_W, 2), 1);
5     w = 1/k * ones(k, c);
6     dataList = struct('AW', A_W, 'AB', A_B, 'wStarPrior', wStar_prior, 'n', sum(A_B'), 'm', sum(A_W')), 'k', k, 'c', c);
7     numSavedSteps = 300000;
8     nChains = 3;
9     thinSteps = 1;
10    burnInSteps = 50000;
11    parameters = {'wStar', 'w', 'beta', 'beta2', 'theta'};
12
13    wStar = 1/length(wStar_prior) * ones(length(wStar_prior), 1);
14    alpha = 1;
15    beta = 1;
16
17    for i = 1:nChains
18        temp = struct('wStar', wStar, 'alpha', alpha, 'beta', beta, 'w', w);
19        initsList(i) = temp;
20    end
21    model = fullfile(pwd, 'B2WME.txt');
22    [~, ~, mcmcChain] = matjags(...
23        dataList, ...
24        model, ...
25        initsList, ...
26        'monitorparams', parameters, ...
27        'doparallel', 1, ...
28        'nChains', nChains, ...
29        'nBurnin', burnInSteps, ...
30        'thin', thinSteps, ...
31        'verbosity', 1, ...
32        'nSamples', numSavedSteps);
33
34    wall = zeros(size(w));
35    wStarFinal = zeros(size(wStar));
36    for i = 1:nChains
37        for j = 1:numSavedSteps
38            for k = 1:size(w, 1)
39                for l = 1:size(w, 2)
40                    wall(k, l) = wall(k, l) + mcmcChain(i).w(j, k, l);
41                end
42            end
43        end
44    end
45
46    wall = wall / (nChains * numSavedSteps);
47    mcmcChain = mbe_restructChains(mcmcChain);
48    mcmcChain = mbe_concChains(mcmcChain);
49
50    w_final = [];
51    for i = 1:size(A_B, 2)
52        w_final = [w_final eval(['mcmcChain.wStar' num2str(i)]]);
53    end
54 end
```

```

1 clear
2 close
3 clc
4
5 nameOfCriteria = {'Sostenibilidad y gestión ambiental','Tecnología en producción','Mejora de procesos'};
6 A_B = [9 8 1;
7        9 1 3;
8        3 7 1;
9        1 4 8;];
10
11 A_W = [ 1    6    7;
12        1    5    8;
13        5    1    9;
14        9    8    1;];
15
16
17 [w_final,wall] = BayesianBWM(A_B,A_W);
18
19 averageWeight = mean(w_final)
20
21 probability = plotGraph(w_final,nameOfCriteria)

```

```

1 clear
2 close
3 clc
4
5 nameOfCriteria = {'S1','S2','S3','S4','S5','S6','S7','S8'};
6 A_B = [3 6 1 5 2 7 4 9;
7        1 5 4 2 6 3 6 8;
8        4 2 6 1 4 8 5 3;
9        6 1 3 7 8 4 9 2;];
10
11 A_W = [ 9 4 7 8 6 3 6 1;
12        8 5 4 4 9 5 7 1;
13        3 8 4 8 5 1 6 7;
14        2 8 9 7 3 4 1 6;];
15
16
17 [w_final,wall] = BayesianBWM(A_B,A_W);
18
19 averageWeight = mean(w_final)
20
21 probability = plotGraph(w_final,nameOfCriteria)

```

```

1 clear
2 close
3 clc
4
5 nameOfCriteria = {'T1','T2','T3','T4'};
6 A_B = [1 3 9 6;
7        4 2 1 6;
8        3 5 7 1;
9        1 4 6 8;];
10
11 A_W = [ 1 3 9 6;
12        4 2 1 6;
13        3 5 7 1;
14        1 4 6 8;];
15
16
17 [w_final,wall] = BayesianBWM(A_B,A_W);
18
19 averageWeight = mean(w_final)
20
21 probability = plotGraph(w_final,nameOfCriteria)

```

```

1 clear
2 close
3 clc
4
5
6 nameOfCriteria = {'P1','P2','P3','P4','P5'};
7 A_B = [9 5 8 1 3;
8         4 1 9 2 6;
9         5 8 9 1 2;
10        2 4 5 7 1;];
11
12 |
13 A_W = [ 1 4 3 8 7;
14         5 8 1 9 3;
15         4 1 3 8 9;
16         1 6 4 3 8;];
17
18 [w_final,wall] = BayesianBWM(A_B,A_W);
19
20 averageWeight = mean(w_final)
21
22 probability = plotGraph(w_final,nameOfCriteria)

```