

Trabajo Fin de Grado

Ingeniería de Organización Industrial

Estudio para la renovación de un equipo de envoltura de palets.

Autor: Marco Montero Ayllón

Tutor: María Rodríguez Palero

**Dpto. Organización Industrial y Gestión de
Empresas II**
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024



Trabajo de Fin de Grado
Ingeniería de Organización Industrial

Estudio para la renovación de un equipo de envoltura de palets.

Autor:

Marco Montero Ayllón

Tutor:

María Rodríguez Palero

Profesor Ayudante Doctor

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Proyecto Fin de Grado: Estudio para la renovación de un equipo de envoltura de palets.

Autor: Marco Montero Ayllón

Tutor: María Rodríguez Palero

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2024

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

Es aquí mi oportunidad de agradecer a todo el mundo que ha estado conmigo en este camino. Muchas son las personas que han estado presente de alguna manera u otra, y a todas debo este espacio permanente que refleja un punto y seguido.

Echando la vista atrás son muchos los pensamientos negativos que te merodean por la cabeza y muchos tropiezos; pero este documento demuestra que una gran meta está por ser alcanzada.

Agradezco a mis compañeros y amigos su compañía durante este recorrido. Todo es más fácil y ameno cuando compartes rutina y tiempo libre con tus iguales. Son el aliento del día a día con quienes compartí y comparto mis sensaciones en cada momento.

A mis maestros y mis mentores; unos antes y otros durante, porque lo habéis hecho un poco más fácil. Cuando ves en alguien su desparpajo, interés y emoción por lo que hace, es capaz de transmitirme e inspirarme en cuanto a modo de moverte por la vida. Se activa en tí una inquietud constante de avanzar y progresar como persona.

Por último, quiero hacer especial mención a toda mi familia. Aún más especial a mi madre, padre y hermano; por soportar y empujarme hacia delante en los momentos de enojo y desesperación. Me muestran siempre su incesable apoyo y cariño; aunque no siempre acogido de buenas ganas. Merecéis mucho más que estas líneas. Fuente de fuerza y ánimo para seguir creando una mejor versión de uno mismo. Trabajo y constancia son los valores que aprendo cada día de vosotros.

Muchas gracias

Marco Montero Ayllón

Sevilla, 2024

Resumen

El estudio para la renovación de un equipo de envoltura de palets es un proceso de análisis en el que se deben tener en cuenta muchos factores que influyen en su alcance. Durante este estudio pueden surgir numerosos contratiempos y nuevos factores que hasta el momento no se estaban tomando en cuenta, y además muchos cálculos estarán basados en un histórico que variará en el futuro.

En este documento se verá de una manera sencilla, accesible y estructurada, el estudio de los diferentes aspectos a considerar para la sustitución de un equipo de envoltura de palets en una fábrica de envasado de aceitunas. En él, se verá brevemente el surgimiento del palet y la importancia de envolverlo de manera correcta; se presentará la tecnología usada para tal fin en la actualidad más reciente; se indagará más profundamente en una máquina en concreto; y por último se irán comparando en los escenarios de compra de nueva máquina y mantenimiento de la máquina actual los costes asociados a la inversión, como son el coste de adquisición, costes de mantenimiento, operativos, de oportunidad, de film y financiero.

A modo de conclusión, se comprobará cuál de las dos alternativas planteadas: compra de nueva máquina o continuación de la máquina actual, sería la opción más correcta para continuar con el trabajo productivo de la fábrica, desde el punto de vista económico y técnico.

Abstract

The study of the renovation of a palet wrapping machine consists in an analytical process in which many factors that influence its scope must be considered. During this study, numerous setbacks and new factors may arise that were not considered until a future moment, and many calculations will also be based on a historic database that will vary in the future.

In this document, the investment study for the replacement of pallet wrapping equipment in an olive packaging factory will be seen in a simple, accessible and structured way. It will briefly describe the emergence of the pallet and the importance of wrapping it correctly; then will present the most recent technology used for this purpose. After that, a deeper description will be made about a specific machine; and finally, in the scenarios of purchasing a new machine and maintaining the current machine, the costs associated with the investment will be compared, such as the acquisition cost, maintenance, operational, opportunity, film and financial costs.

In conclusion, it will be verified which of the two alternatives proposed: purchase of a new machine or continuation of the current machine, would be the most correct option to continue with the productive work of the factory, from an economic and technical point of view.

Índice

Agradecimientos	7
Resumen	9
Abstract	11
Índice	12
Índice de Tablas	13
Índice de Figuras	14
1 Objetivo	15
2 Introducción Histórica	17
2.1. <i>Origen del palet</i>	17
2.2. <i>La importancia del film</i>	18
3 Máquinas Envolvedoras	21
3.1 <i>Máquina Semi-Manual</i>	22
3.2 <i>Máquina Semi-Automática</i>	22
3.3 <i>Máquina Automática</i>	23
3.3.1 Mesa Giratoria	23
3.3.2 Brazo Giratorio	24
3.3.3 Anillo	25
3.4 <i>Elementos adicionales de las máquinas automáticas</i>	26
3.4.1 Sistema Cubrepalet	26
3.4.2 Sistema Corte y Soldadura por contraste	27
3.4.3 Elevador de palets	28
4 Caso De Estudio	31
4.1 <i>Análisis Situación Actual</i>	33
4.2 <i>Análisis Económico del Proyecto</i>	39
4.2.1 Costes de adquisición	43
4.2.2 Costes de Mantenimiento	45
4.2.3 Costes Operativos	51
4.2.4 Costes de Oportunidad	56
4.2.5 Costes de Film	64
4.2.6 Análisis de Flujos de Caja y Acumulados anuales	69
5 Conclusiones	73
6 Bibliografía	75
7 Anexo	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de producción. Elaboración propia.	35
Tabla 2. Datos de producción. Elaboración propia.	35
Tabla 3. Datos de producción. Elaboración propia.	36
Tabla 4. Datos de producción. Elaboración propia.	36
Tabla 5. Resumen económico oferta Rotoplat 3000HD. Elaboración propia.	40
Tabla 6. Coste de adquisición. Elaboración propia.	43
Tabla 7. Coste de adquisición. Sistema francés. Elaboración propia	44
Tabla 8. Tarifa servicio mantenimiento fabricante. Elaboración propia	45
Tabla 9. Resumen costes mantenimiento escenario máquina nueva. Elaboración propia.	46
Tabla 10. Coste laboral mantenimiento. Elaboración propia.	48
Tabla 11. Coste intervenciones de mantenimiento preventivo adicional. Elaboración propia.	48
Tabla 12. Coste por avería. Elaboración propia.	49
Tabla 13. Resumen costes mantenimiento escenario máquina actual. Elaboración propia	50
Tabla 14. Comparativo costes mantenimiento de ambos ecenarios. Elaboración propia.	50
Tabla 15. Tiempo de producción anual. Elaboración propia.	51
Tabla 16. Tiempo de uso envolvedora nueva. Elaboración propia.	52
Tabla 17. Coste energético anual escenario máquina nueva. Elaboración propia.	53
Tabla 18. Tiempo de uso envolvedora actual. Elaboración propia.	54
Tabla 19. Coste energético anual escenario máquina actual. Elaboración propia.	55
Tabla 20. Comparativo de costes operativos ambos escenarios. Elaboración propia.	55
Tabla 21. Margen comercial. Elaboración propia.	58
Tabla 22. Coste de oportunidad por no fabricación. Elaboración propia.	59
Tabla 23. Unidades de oportunidad. Elaboración propia.	62
Tabla 24. Unidades de oportunidad. Elaboración propia.	63
Tabla 25. Coste de oportunidad por aprovechamiento de tiempo ocioso. Elaboración propia.	63
Tabla 26. Estudio film envolvedora. Elaboración propia.	67
Tabla 27. Análisis de cash flows y acumulados anuales. Elaboración propia.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Códigos de Indentificación de los plástios. Fuente: (AM GROUP, s.f.)	19
Figura 2. Envoltura manual. Fuente: (PALEBLOG, 2017)	21
Figura 3. Máquina semi-manual. Fuente: (Packmore, s.f.)	22
Figura 4. Máquina semi-automática. Fuente: (Controlpack, 2019)	23
Figura 5. Máquina mesa giratoria. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	24
Figura 6. Máquina brazo giratorio. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	25
Figura 7. Máquina anillo. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	26
Figura 8. Sistema Cubrepalets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	27
Figura 9. Sistema Cubrepalets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	27
Figura 10. Sistema Cubrepalets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	27
Figura 11. Sistema Cubrepalets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	27
Figura 12. Sistema corte y soldadura por contraste. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	28
Figura 13. Sistema corte y soldadura por contraste. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	28
Figura 14. Sistema corte y soldadura por contraste. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	28
Figura 15. Sistema corte y soldadura por contraste. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	28
Figura 16. Elevador de palets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	29
Figura 17. Elevador de palets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	29
Figura 18. Elevador de palets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	29
Figura 19. Esquema sistema de producción. Elaboración propia.	32
Figura 20. Curva de Berg. Fuente: (Villalba López, 2017)	38
Figura 21. Ejemplo acumulación envases. Fuente: (TAHFER, s.f.)	39
Figura 22. Mesa vibratoria. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	65
Figura 23. Lanzadera de aceleración. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	66
Figura 24. Deformación plástica. Fuente: (Aetna Group, s.f.)	66
Figura 25. Fórmula del VAN. Fuente: (Navarro, 2019)	71
Figura 26. Fórmula TIR. Fuente: (Fernández, 2021)	71

1 OBJETIVO

En este documento se va a realizar el análisis de una inversión: sustituir una máquina industrial para envolver palets de forma automática en una empresa del sector alimentación y bebidas por otra con tecnología renovada y de mayor capacidad. Para ello es necesario conocer de manera muy breve la historia de la industrialización en España. Después, se indagará en conocer qué es una máquina de envolver palets y cuáles son sus principales características técnicas. Por último, se realizará el análisis de inversión para acometer un proyecto de este tipo, poniendo como ejemplo el caso de una empresa dedicada a la elaboración, envasado y comercialización de aceitunas. Los datos mostrados serán aproximaciones a la realidad, basados en datos históricos de los últimos años.

El objetivo es que este estudio sirva de guía y/o modelo para cualquier empresa del sector o que se dedique al envasado de cualquier tipo de producto, que se plantee hacer una inversión y pretenda obtener una primera evaluación para después hacer un análisis interno con mayor profundidad y nivel de detalle.

2 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

Las nuevas tecnologías han sido protagonistas a la hora de la evolución de la industrialización en España. Como se ha adelantado en el objetivo del proyecto, se va a estudiar la inversión en nuevo equipo de envoltura de palets. Esto conlleva invertir en las tecnologías más recientes, buscando así mejorar rendimientos y abaratar los costes de producción de una línea de envasado.

Si se consulta sobre la historia reciente de España, saltan como pioneras y más destacadas en la industrialización y automatización la industria textil en Cataluña y Andalucía; así como la industria siderúrgica en Asturias. Éstas fueron las primeras en incorporar máquinas de vapor que ayudaban a las tareas manuales.

La automatización de los procesos surge de la necesidad de encontrar soluciones para hacer más fácil ciertas tareas que hasta el momento se hacían de manera manual. La evolución industrial ha traído grandes avances tecnológicos que hacen a las fábricas cada vez más competitivas.

Fue la industria automovilística la más sobresaliente a nivel global en el sentido de encontrar soluciones y aplicaciones para simplificar y mejorar procesos. De hecho, se exponen sus métodos y experiencias en las universidades para que los futuros profesionales conozcan casos reales de éxito y puedan aplicar estos conocimientos en el mundo de la industria. Más específicamente, en el grado de organización industrial, se forma a los estudiantes a implementar las metodologías que surgieron en un primer momento en este sector (5g, lean manufacturing, reingeniería de procesos, eficiencia, mejora continua, ...) y se les da las herramientas técnicas para poder diseñar y explorar nuevas metodologías que quizás puedan ser complementarias a las ya actuales o incluso se mejoren.

En cuanto a envolvedoras de palets, fueron Bill y Pal Lancaster a quienes se les atribuye la primera envolvedora de palets en el 1972. Fue una máquina semiautomática que utilizaba bobinas de polietileno, estirándolas mecánicamente para mejorar la envoltura de los palets, creando altas retenciones en la carga, asegurando la estabilidad de los palets y optimizando el uso del film (Valle, 2023). Con la globalización, las empresas empezaron a comerciar con productos con destinos cada vez más lejanos, y debido a la competitividad que se iba generando, debían encontrar herramientas para conseguir ser más eficientes durante sus procesos. Rápidamente, surgieron más fabricantes de envolvedoras de palets, y comenzaron a surgir diseños y elementos de máquinas envolvedoras que tenían el fin de modernizar y mejorar el propio proceso de envoltura de palets y así llegar a más empresas que necesitaran envolver sus mercancías para enviarlas a cualquier parte del mundo. Hoy en día existe una gran variedad de tipos de máquinas, cada una de ellas más apropiada a las diferentes necesidades que se puedan encontrar en el mercado y que reclamen los usuarios de las máquinas. Más adelante se profundizará en los tipos de máquinas envolvedoras que existen y en los elementos más actuales que ayudan a la eficiencia y rentabilidad de las empresas usuarias.

2.1. Origen del palet

Es curioso que la carretilla elevadora fue inventada antes que el palet como es conocido hoy en día (Mescht, 2018), más exactamente cinco años antes. Aunque anteriormente hubiera plataformas de almacenaje, la patente oficial del palet fue concedida en 1939 mientras que la de la carretilla más parecida a la que se usa actualmente fue en 1917.

El palet surge de la necesidad de transportar grandes cantidades de mercancía de forma rápida, efectiva y en un espacio compacto. El diseño de George Raymond (Itepal, s.f.) era simple y además su estructura de

madera encajaba perfectamente con el funcionamiento de las carretillas elevadoras que ya se veían trabajando en las estaciones de ferrocarriles de los Estados Unidos.

El uso de esta plataforma para colocar y transportar productos se extendió a lo largo de todo el globo a causa de la segunda guerra mundial ya que facilitaba el transporte de los materiales, armamentos, alimentos, ... que eran requeridos por los soldados en diferentes lugares. Al principio, se empezaron a fabricar de distintas medidas según convenía para almacenar sobre ellos todo lo que iba a ser transportado a otro lugar. Tras la guerra, llegó a Europa el impulso del ferrocarril, y con él la necesidad de estandarizar de alguna manera las medidas de los palets para optimizar el espacio en los vagones. La medida escogida para la superficie fue 1200x800 mm teniendo en mente la optimización del espacio interno de los contenedores destinados al transporte.

Actualmente, existen diversos diseños y tamaños. Además, se usan diferentes tipos de materiales dependiendo del producto final a transportar, las medidas, el peso, el destino e incluso la vía de transporte destinada al mismo. El más habitual es el construido mediante listones o tablones de madera debido a su fácil manejo, su alta disponibilidad y su gran resistencia tanto a golpes como a los agentes atmosféricos. Otra característica de los palets construidos en madera es que se limpian y desinfectan con relativa facilidad y rapidez, de nuevo debido a su naturaleza resistente y homogénea superficie.

2.2. La importancia del film

En un mundo globalizado como el actual, la capacidad de adaptación para conseguir mayores rentabilidades y ser más competitivos en el mercado es una de las principales preocupaciones de las empresas y uno de los focos de atención más importante para mejorar y conseguir sus objetivos.

Todos los días se mueven millones de palets destinados a todos los rincones del mundo. Para llegar a su destino, son trasladados por cielo, mar y tierra, exponiéndose a cientos de movimientos bruscos, diferentes climatologías y diferentes puntos intermedios de tránsito. Es por ello que surge la necesidad de sujetar la mercancía de estos palets. Dependiendo de la mercancía que se esté moviendo, también es necesario protegerlo de los agentes externos que puedan influir en los embalajes primarios y secundarios del producto. Tomando el ejemplo de una empresa que se dedique a envasar aceitunas, el envase primario será el envase contenedor (ya sea plástico, cristal o lata) y el secundario la caja o bandeja que agrupa un determinado número de envases primarios.

La solución más conocida para dar estabilidad a la composición y proteger los palets contra agentes externos es el film plástico envolvente. El plástico es un material con propiedades que lo hacen ideal para esta finalidad; y, a la hora de su elección, se deben tener en cuenta las siguientes características:

- **Elasticidad:** el film es aplicado sobre la estructura del palet dando vueltas de manera que abarque todas las alturas que lo conforman. A la vez que se van dando vueltas, se va haciendo fuerza para estirarlo, de manera que cuando el film intente volver a su posición original debido a su elasticidad, éste apriete con cierta consistencia y fuerza de contención los productos envueltos. De esta manera, se aporta estabilidad al conjunto de los productos sobre el palet.
- **Aptos para productos alimentarios:** existen numerosos tipos de plásticos; y según su materia prima, composición, aditivos, grado de migración de componentes y otras especificaciones técnicas; pueden establecerse aptos o no para uso alimentario. Cuando un plástico es considerado apto, entonces quiere decir que puede utilizarse como embalaje de cualquier tipo al poder entrar en contacto con los alimentos. Como este material no entra en contacto directo con el alimento, no hay riesgo de consumirse con ellos, por lo que debe cumplir únicamente con el reglamento (CE) N° 1935/2004. (Parlamento Europeo, 2004)

En la Figura 1 se muestran los plásticos que son seguros para la salud y cuáles son los que se deben evitar.



Figura 1. Códigos de Identificación de los plásticos. Fuente: (AM GROUP, s.f.)

En el caso de estudio que se presentará más adelante, este punto no será esencial, ya que el film a utilizar para envolver los palets no estará en contacto directo con los alimentos, sino que se aplicará sobre el envase secundario. Se tendrán en cuenta las demás características que se están describiendo.

- **Impermeables:** Aunque a simple vista parezca que todos los plásticos son impermeables, esto no es así. Dependiendo del plástico en sí, y su composición y proceso de fabricación, se puede analizar la cantidad de gases y agua que va a traspasar el film en cuestión en un tiempo de vida determinado (Ainia, s.f.). De este modo, se logran fabricar diferentes calidades de film destinados a salvaguardar a los palets del agua que pueda caer sobre ellos y evitar daños en los embalajes secundarios.
- **Resistentes a la corrosión:** Esta característica, además de ser un requisito para su uso alimentario, también es ideal para cumplir con la función de protección frente a agentes externos.
- **Bajo coste de adquisición:** Al existir una gran variedad de films, se encuentran diferentes precios de compra. No obstante, el coste que supone proteger un palet con film, es bastante económico, comparándolo con el coste del material que sujeta y al que ofrece protección. Más adelante, en el caso de estudio se verá en detalle el coste del film sobre los palets.

3 MÁQUINAS ENVOLVEDORAS

Una vez descrita la importancia que presenta el film para embalar, es necesario que sea aplicado sobre el palet para cumplir con su función protectora. En la gran mayoría de las empresas en las que se necesita envolver palets, este proceso se hace de forma manual. Este proceso manual se puede desglosar en los siguientes pasos:

1. Encontrar el cabo de la bobina de film y sostenerlo entre los productos del palet.
2. Agarrar la bobina por los dos extremos, de manera que se va liberando el film de la bobina conforme se aleja del cabo ya sujeto.
3. Aplicar el film dando vueltas al palet de manera que abrace todas las caras y alturas de la estructura.
4. Al encontrar una esquina, se aplica mayor fuerza al film para estirarlo y darle fuerza de contención, con cuidado de no dañar las cajas.
5. Aplicar mayor fuerza en la parte inferior ya que es la parte más crítica y soporte de las cajas superiores. Al ser la primera altura de cajas, es la que soporta todo el peso de la estructura. Es una buena práctica el unir la carga con el palet de madera a través del film. El palet de madera es la estructura por donde se maneja toda la carga; por ello, al unirla a los productos mediante el film, se consigue mayor control y estabilidad de la carga.
6. Una vez el palet queda envuelto, cortar el film de la bobina e introducir el cabo entre las últimas capas del film aplicado de manera que este cabo no se afloje y se pierda la fuerza de contención.



Figura 2. Envoltura manual. Fuente: (PALEBLOG, 2017)

Este método, ilustrado en la Figura 2, cuenta con un elevado margen de mejora en cuanto a velocidad de aplicación, fuerza aplicada en las diferentes alturas, cantidad de film aplicado en el palet y seguridad en la sujeción final del plástico.

Para ayudar a la realización de esta tarea, se han inventado numerosas tecnologías que mejoran la calidad de la envoltura y facilitan al operador en la actividad de aplicar el film.

El presente proyecto se centra en las máquinas envolvedoras que realizan la actividad antes descrita de manera automática, es decir, sin la necesidad de que un operador interactúe con el palet ni con el film.

Antes de introducir el caso de estudio, se han de conocer los tipos de máquinas y saber distinguir entre máquina semi-manual, semi-automática y automática.

3.1 Máquina Semi-Manual

La máquina semi-manual es una herramienta que ayuda al operador en la tarea de envolver palets. El operario tiene que hacer un esfuerzo físico mínimo a la hora de aplicar el film sobre el palet, pero sigue teniendo que dar vueltas alrededor del palet. El operario es quien maneja el equipo: va ajustando el estiramiento, cambia la altura de aplicación y finalmente corta el plástico. En esta categoría de máquinas se encuentran tecnologías más avanzadas que otras. En la Figura 3 se puede ver un ejemplo de máquina semi-manual bastante moderna y completa. Desde el manillar de control, el operario controla la dirección de avance con el eje de dirección, regula la altura de aplicación de la bobina mediante una polea y aplica diferente fuerza de estiramiento gracias a un freno que acciona desde el manillar y se conecta con el desbobinador. Existen otras máquinas dentro de la tipología semi-manual en la que el operario cuenta con menor capacidad de control y regulación sobre los parámetros de aplicación de film.



Figura 3. Máquina semi-manual. Fuente: (Packmore, s.f.)

3.2 Máquina Semi-Automática

Las máquinas semi-automáticas envuelven de manera automática el palet una vez el operario coloca el palet sobre un lugar determinado y acciona el botón de arranque. Estas máquinas por lo general, están programadas con un número pequeño de recetas disponibles. En cada receta, el usuario puede programar un conjunto de parámetros preestablecidos para personalizar cada receta. Estos parámetros son el número de vueltas, la fuerza de estiramiento de film y la altura del palet a envolver. Es tipo de máquinas se consideran semi-automáticas porque el operador tiene la necesidad de interactuar con el palet, el film y con la máquina para dar comienzo y concluir con el proceso de envoltura.

Antes de accionar el botón que da comienzo al ciclo de envoltura de la máquina, el operador, primero debe colocar el palet en una zona específica. Luego debe asegurar el cabo del film en la estructura del palet (por ejemplo, entre dos cajas de alturas contiguas). Al acabar el ciclo de envoltura, el operario ha de cortar el film manualmente. Una vez envuelto el palet, debe retirarlo con la ayuda de una carretilla o

transpaleta. Debido a todas estas interacciones entre operador y máquina que ubicamos este tipo de máquina en la familia semi-automática. El funcionamiento habitual consiste en que el palet da vueltas sobre una plataforma giratoria mientras que arrastra el film situado en una columna vertical. La bobina de film tiene capacidad de movimiento en el eje vertical de la columna para poder cubrir todas las alturas del palet. Además, este tipo de equipos cuentan con un sistema de freno por poleas responsable de dar tensión al film. En la figura 4 se observa un ejemplo de máquina semi-automática, con una plataforma de giro, y el film sujeto a la madera del palet. En este caso, el operador está accionando el botón de marcha de la máquina para dar comienzo al ciclo de envoltura.



Figura 4. Máquina semi-automática. Fuente: (Controlpack, 2019)

3.3 Máquina Automática

En el caso de una máquina automática, el usuario no tiene que interactuar con el palet ni con la máquina en el proceso de envoltura. Los palets formados son transportados desde un transportador de palets motorizado que lo sitúa en la zona de envoltura. Una vez llega al tramo donde se envuelve, la máquina recibe una señal para comenzar el proceso de envoltura. Al finalizar el ciclo de envoltura, las máquinas automáticas cuentan con un sistema de corte del film y fijación del mismo al palet. Tras este último proceso, el palet continúa su camino de forma automática por el transportador, liberando la posición de enfardado para el próximo palet que necesite ser envuelto. Como en las anteriores dos categorías de máquinas, dentro de éstas existen multitud de tipos y configuraciones posibles, así como una memoria de recetas más amplia y completa que las anteriores. Además, existe la posibilidad de añadir determinados procesos automáticos adicionales que completan y personalizan la aplicación de cada proyecto. Algunos de estos procesos serán descritos a continuación. Según las necesidades de la aplicación, se contempla un tipo de máquina u otro.

Dentro de la categoría de máquinas automáticas se encuentran los siguientes tipos:

3.3.1 Mesa Giratoria

Las máquinas envolventoras de mesa giratoria son aquellas en las que el palet es envuelto mientras gira sobre sí mismo encima de una mesa giratoria. En la Figura 5 se puede apreciar un ejemplo de este tipo de máquina. La mesa de giro, que es el tramo donde se lleva a cabo el proceso de envoltura, está compuesta por rodillos ya que también hace de transportador de palets al recibir y evacuar los palets. En el lateral más próximo a la columna de la máquina, hay un sistema de pinza que agarra el film de la bobina. La bobina está acoplada a la columna de manera que cuando la mesa comienza a girar, la bobina comienza a dispensar film y el palet comienza a ser envuelto. A la vez que la mesa gira sobre sí misma, la bobina asciende y desciende sobre el eje vertical de la

columna según la altura del palet que se desea envolver y el programa de envoltura en el que se encuentre. Además, dependiendo del fabricante y el modelo de máquina, también existe la posibilidad de ejercer una presión determinada de pre estiro al plástico. Una vez completadas las primeras vueltas, la pinza mencionada antes, suelta el cabo inicial de la bobina y un flujo de aire a presión lo dirige hacia el palet para que las próximas capas de film que se dispensan lo recojan y lo fijen al palet. Por último, la bobina vuelve a su posición inicial, la pinza agarra el plástico de nuevo para que el tramo que queda entre la pinza y el palet sea cortado y soldado al film que envuelve el palet mediante una resistencia de calor. De este modo, se deja liberado el producto completamente paletizado y envuelto para liberar el tramo de envoltura; y poder continuar hacia el siguiente destino.

Este tipo de máquina es idónea para perfiles de empresas que necesitan un final de línea automatizado y de baja inversión económica. El modelo de la Figura 5 se conoce como Rotoplat 3000 y cuenta con una capacidad de producción de hasta 50 palets/hora.



Figura 5. Máquina mesa giratoria. Fuente: (Aetna Group, s.f.)

3.3.2 Brazo Giratorio

Las máquinas de brazo como la que se puede observar en la Figura 6, trabajan del siguiente modo. Una vez el palet llega a la posición de trabajo o centro máquina, la estructura con forma de brazo que sostiene la bobina de film recibe una señal para comenzar el proceso. En este tipo de máquinas, la pinza que agarra el cabo inicial de la bobina se encuentra en la misma estructura que sostiene la bobina. A diferencia de la máquina de mesa giratoria, esta estructura entera se mueve alrededor del palet aplicando el film sobre el mismo. De igual manera, la estructura que sujeta la bobina tiene capacidad de movimiento por la vertical de la columna para poder aplicar film en diferentes alturas. De igual forma que en la anterior aplicación, la pinza suelta el cabo de film en las primeras vueltas para que las siguientes capas lo atrapen junto con la carga y quede integrado en el palet. Una vez el brazo termina su movimiento de giro, la pinza vuelve a sostener el film para que el sistema de corte y soldadura actúe, completando así el ciclo de envoltura y liberando al palet para dejar la posición al siguiente palet que necesita ser envuelto.

Este tipo de máquinas son idóneas para cargas poco estables y/o ligeras ya que es la máquina quien ejerce sobre la carga la fuerza de aplicación de film, mientras que en la de mesa giratoria es la propia carga la que ejerce la fuerza sobre el plástico al moverse con la propia mesa de giro.

Las máquinas de brazo de Robopac, como la de la Figura 6, tienen una capacidad de 70-90 palets/hora. Este

valor es relativo debido a que puede aumentarse incorporando una segunda bobina al brazo; pero también puede disminuir al incorporar el sistema cubrepalet por ejemplo o tener que aumentar el número de vueltas a dar sobre el palet mediante una receta de envoltura que lo requiera. Más adelante se describirá el sistema de cubrepalet.



Figura 6. Máquina brazo giratorio. Fuente: (Aetna Group, s.f.)

3.3.3 Anillo

Las máquinas de anillo son el tipo de máquinas envolventoras de mayor capacidad de producción. El modelo más veloz llega a alcanzar los 200 palets/hora. Esta cifra depende del número de vueltas de film para que el palet quede envuelto, el número de cabezales con bobinas de envoltura que pueden actuar al mismo tiempo; y de la necesidad de incorporar otros procesos en la aplicación adicionales a la mera envoltura. Un ejemplo de estos procesos, como se describirá más adelante, es el sistema de cordón. La filosofía de trabajo de las máquinas de anillo es la siguiente. Como se puede apreciar en la Figura 7, la máquina está compuesta por una estructura en forma de anillo que rodea al palet. Esta estructura sostiene la bobina, la pinza de sujeción y el sistema de corte y soldadura. Cuando el palet está situado en la posición de trabajo, la pinza se queda fija mientras que la bobina comienza a envolver el palet siguiendo la guía circular del anillo que rodea al palet. Ahora el palet es envuelto desde la parte superior hacia la inferior, cubriendo así todo su cuerpo hasta volver de nuevo a la parte superior donde se lleva a cabo el proceso de corte y soldadura. La bobina asciende y desciende con toda la estructura del anillo, que lo hace sobre las vigas verticales que soportan toda la estructura del anillo. El proceso de envoltura es muy similar al de las anteriores máquinas automáticas, únicamente variando entre ellas el recorrido que sigue el cabezal con la bobina de film. Otro punto de similitud entre las máquinas automáticas es que los sistemas de pre estiro, corte y soldadura de film son semejantes, pero están situados en diferentes lugares: en la estructura de anillo, en el extremo del brazo de giro y formando parte del transportador de palets.

En las máquinas de anillo, al igual que ocurre en las de brazo giratorio, también sería necesario incluir un sistema elevador de palets en caso de tener que aplicar el cordón de film en la parte inferior del palet. De lo contrario, el cabezal que sujeta la bobina podría ser dañado con el transportador de palets.

Con las máquinas de anillo se consiguen velocidades mayores a las anteriores aplicaciones.



Figura 7. Máquina anillo. Fuente: (Aetna Group, s.f.)

3.4 Elementos adicionales de las máquinas automáticas

Las aplicaciones y proyectos en los que se requieren máquinas automáticas, suelen presentar tres necesidades que deben cumplirse también de forma automática. Estas necesidades son:

- La colocación de un cubrepalet para proteger la cara superior de los mismos ya que no se puede envolver mediante el proceso habitual.
- Un sistema de corte y soldadura que no presente riesgo a dañar los productos del palet debido al calentamiento que se produce al soldar el film mediante resistencias.
- La mejora de estabilización de los palets mediante el sistema de cordón y/o unión de los productos del palet con la estructura de madera del palet evitando el riesgo de colisión del cabezal que soporta la bobina con el transportador de palets.

Estas tres necesidades se resuelven de forma automática gracias a la incorporación de una serie de elementos y sistemas en las máquinas automáticas descritas en los apartados anteriores.

Los elementos y sistemas a incorporar en las máquinas automáticas se describen en los apartados que continúan.

3.4.1 Sistema Cubrepalet

Es un sistema de colocación automática de cubrepalets. Los cubrepalets son láminas de plástico que se colocan sobre la cara superior de los palets para protegerlos de la suciedad, el agua y los agentes externos. Este sistema de colocación comienza desbobinando mediante un juego de pinzas la bobina de plástico cubrepalet que tiran del plástico hasta una longitud predeterminada, capaz de cubrir el área de la cara superior del palet a envolver. Una vez se consigue esa longitud, se corta y las mismas pinzas que desbobinaron, colocan la lámina sobre el palet para que el proceso de envoltura continúe. Dependiendo de cada proyecto y tipo de máquina, este sistema es desarrollado de una manera u otra, siempre siguiendo la filosofía de cubrir el palet y llegar a la velocidad que el proyecto requiera.

En las Figuras 8, 9, 10 y 11, se puede ver este proceso de desbobinado, corte y colocación del cubrepalet en una máquina automática de brazo giratorio. En este tipo de máquinas, como se puede ver en las figuras mencionadas, se aprovecha la misma estructura de soporte del brazo giratorio para incorporar en ella el sistema

de colocación de cubrepalet automático. Primero se desbobina en vertical y una vez cortada la lámina, las pinzas que agarran la lámina generada se desplazan horizontalmente por encima del palet para, una vez cubierto el palet con la lámina, soltar la lámina sobre él. Después, el juego de pinzas vuelve a la posición inicial para agarrar de nuevo el cabo de la bobina por los extremos y poder desbobinar de nuevo en el siguiente ciclo.



Figura 8. Sistema Cubrepalets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)



Figura 9. Sistema Cubrepalets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)



Figura 10. Sistema Cubrepalets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)

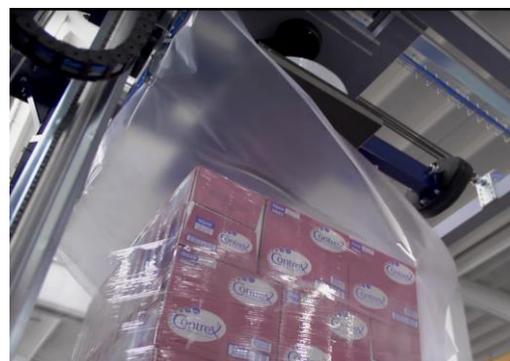


Figura 11. Sistema Cubrepalets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)

3.4.2 Sistema Corte y Soldadura por contraste

Este sistema permite cortar y después soldar el plástico de envoltura al cuerpo del palet sin riesgo de dañar la carga por el calor generado en el proceso. Este sistema también es interesante para aplicaciones donde la sensibilidad al calor de la carga a envolver no es un riesgo sino por una cuestión de estética de los palets. Este sistema de soldadura no deja colas de film cuando acaba el ciclo de envoltura. Esta cuestión es también un requisito exigido en numerosos proyectos debido a los posibles procesos automatizados que va a sufrir el palet tras ser envuelto; por ejemplo, un almacenado automático que no puede trabajar con las colas de film que se generan si no se implementa este sistema de corte y soldadura.

El sistema consiste en una placa de dos caras independientes. Tal y como se ve en las Figuras 12 y 13, una de ellas se levanta mientras se envuelve la penúltima vuelta de manera que la última capa de film se superpone sobre ella. Una vez se termina de envolver, como se puede observar en la Figuras 14 y 15, la segunda cara del sistema se activa para entrar en contacto con la primera. Llegada esta situación, se aplica el calor entre las caras o placas del sistema soldador para soldar el film de las últimas dos vueltas de envoltura. Por último, entra en acción el muelle que actúa como pinza para agarrar el film que queda entre la bobina y la soldadura; y se corta el film mediante la resistencia ubicada en el sistema de corte y soldadura. De este modo, se evita el contacto directo entre la resistencia de corte y el cuerpo del palet. En cambio, el sistema de soldadura por resistencia estándar, como el descrito durante el apartado de las máquinas de mesa, la resistencia sí entra en contacto directo con la carga en el proceso de corte y soldadura, añadiendo así el riesgo de dañar los productos que conforman el palet.



Figura 12. Sistema corte y soldadura por contraste. Fuente: (Aetna Group, s.f.)



Figura 13. Sistema corte y soldadura por contraste. Fuente: (Aetna Group, s.f.)



Figura 14. Sistema corte y soldadura por contraste. Fuente: (Aetna Group, s.f.)



Figura 15. Sistema corte y soldadura por contraste. Fuente: (Aetna Group, s.f.)

3.4.3 Elevador de palets

El elevador de palets es un sistema que permite alzar el conjunto del palet sobre la altura del transportador de rodillos sobre el que es transportado en el punto o tramo donde se pone en marcha el proceso de envoltura. Existen diferentes sistemas de elevación de palets.

Las Figuras 16, 17 y 18, muestran un sistema elevador de palets con forma de peine o cuchillas que sobresale entre los rodillos que transportan el palet. Otro sistema alternativo consiste en elevar de forma completa el tramo de transportador que sostiene el palet (rodillos, cinta o cadena según el peso, tipología y sentido de marcha del palet procesado). El sistema con forma de peine o cuchillas, es una estructura independiente que se eleva para sujetar al palet por encima de la altura del transportador. De esta manera, se consigue que la bobina llegue a incluir en su recorrido de envoltura inferior la madera del propio palet sin tropezar con la estructura de los transportadores de palets. Este sistema es frecuente encontrarlo en aplicaciones en las que los palets se envuelven con máquinas de brazo o de anillo como se indicaba en sus correspondientes apartados. Además, es necesario elevar los palets para realizar el cordón de film en la parte más baja del palet, que es donde aguanta todo el peso de las capas superiores. Con este cordón se refuerza la envoltura y se le da la consistencia y estabilidad adecuada al palet. El sistema de cordón consiste en reducir el ancho de film de manera que se genera una especie de cordón que aporta una resistencia superior a la lámina del ancho de bobina sin ser reducida.



Figura 16. Elevador de palets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)



Figura 17. Elevador de palets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)



Figura 18. Elevador de palets. Fuente: (Aetna Group, s.f.)

4 CASO DE ESTUDIO

Según se ha expuesto en el resumen del proyecto, en este texto se está analizando la ejecución de un proyecto de inversión, consistente en la renovación de la máquina encargada del proceso de envoltura de palets. Este es un proceso que se realiza en el final de una línea de producción de una empresa dedicada al envasado de aceitunas.

Los anteriores apartados se han dedicado a explicar el origen histórico del palet, por qué y de qué modo se envuelven los mismos. En este apartado se va a describir el proceso de estudio en una empresa, y servirá de ejemplo para otras empresas que deseen contar con un estudio preliminar para abrir su propio análisis de inversión particular.

Cada empresa tiene sus procesos internos, y pueden existir numerosas diferencias entre ellas; pero la gran mayoría de empresas que envasan productos en el sector de alimentación, coinciden con que transportan sus productos terminados en palets y además los envuelven con film.

La línea de envasado de la empresa en estudio se puede resumir de la siguiente manera. Es una línea de producción totalmente automatizada, y se divide en los siguientes procesos. En primer lugar, un operador debe situar los palets de envases vacíos en la posición de inicio del despaletizador automático. A continuación, el despaletizador posiciona los envases en el transportador que alimenta a la llenadora de producto. La llenadora de aceitunas funciona como una cascada, los envases vacíos van avanzando a lo largo de la cascada hasta que la superan. Una vez la superan, los envases ya están llenos de aceitunas del mismo tipo y calibre. Inmediatamente después, los envases pasan bajo una lluvia de salmuera, que consiste en una mezcla de agua y sal que hace de conservante de las aceitunas. Una vez el envase queda totalmente lleno, sigue avanzando por el transportador y llega a la fase de tapado. Para este proceso un operador previamente ha tenido que preparar los parámetros y piezas de la máquina según el tipo de envase: cristal o lata; y según el propio tamaño del envase. Posterior al proceso de tapado, los envases se hacen pasar por un pasteurizador o esterilizador en caso de la aceituna negra; donde, gracias a una combinación de tiempo, temperatura y presión controlada, se garantiza que la aceituna mantiene todas sus propiedades nutritivas, sabor y color; además de eliminar cualquier microorganismo no deseado. A continuación, el envase se seca para poder pasar al proceso de etiquetado garantizando que la etiqueta quede adherida en una superficie seca. Al igual que con las demás máquinas automáticas, un operador ha debido realizar todos los cambios y ajustes necesarios a la etiquetadora según el envase a trabajar previo a dar marcha a la línea productiva. Después de ser etiquetados, estos siguen su camino sobre los transportadores que los guían a la encajadora automática. Para el proceso de encajado, nuevamente un operador debe preparar la máquina para el formato de envase y agrupación que deba procesar. Los envases, que en este punto avanzan en masa; es decir, acumulados en tresbolillo, son distribuidos en las diferentes calles de la máquina encajadora. Luego, se hace la separación de la agrupación de forma automática y una plancha de cartón es plegada y pegada alrededor de la agrupación de envases mientras estos avanzan a lo largo de la máquina. De este modo, sale de la máquina una caja completa y cerrada, lista para continuar hacia el siguiente proceso ya en un transportador de cajas.

Siguiendo la línea de producción, las cajas enfrentan la entrada a un paletizador automático, donde se van girando automáticamente o dejando pasar siguiendo el formato de mosaico que el operador haya seleccionado en la pantalla de la máquina previamente. El paletizador va formando hileras de cajas que después son empujadas una a una para formar una capa del palet. La primera capa del palet se deposita sobre el palet de madera mediante un sistema de apertura de la superficie donde se ha formado la capa en el paso anterior. Siguiendo la misma dinámica de formación de capas, el paletizador va conformando las diferentes alturas del palet hasta alcanzar la totalidad de cajas y capas que forman el palet.

Finalmente, el palet sigue un camino de rodillos hasta llegar a la máquina envolvente de mesa giratoria, donde se detecta la presencia del palet y éste es envuelto para poder ser situado en la ubicación de almacén que le corresponda con la ayuda de la intervención de un operador carretillero.

En la figura 19 se encuentra un esquema que representa los procesos que siguen los envases en la línea de envasado de la empresa en estudio. Los nombres de los procesos representan dónde están ubicadas las máquinas en la planta y las flechas representan el flujo de producción.

Si se observa en detalle, se distingue que se trata de una disposición en U, girada a la izquierda. Esta disposición, en la que el primer y último proceso quedan en la misma vertical, favorece a la optimización del almacén. De esta manera, el almacén de materias primas y auxiliares, así como el de producto terminado se encuentran uno al lado del otro, ambos cercanos a los muelles de carga y descarga de camiones. En esos muelles, se reciben las materias auxiliares necesarias para el envasado: envases vacíos, tapas, etiquetas, cartones, palets y film; y por los mismos se cargan los palets de producto terminados en los camiones para su distribución al canal de venta.

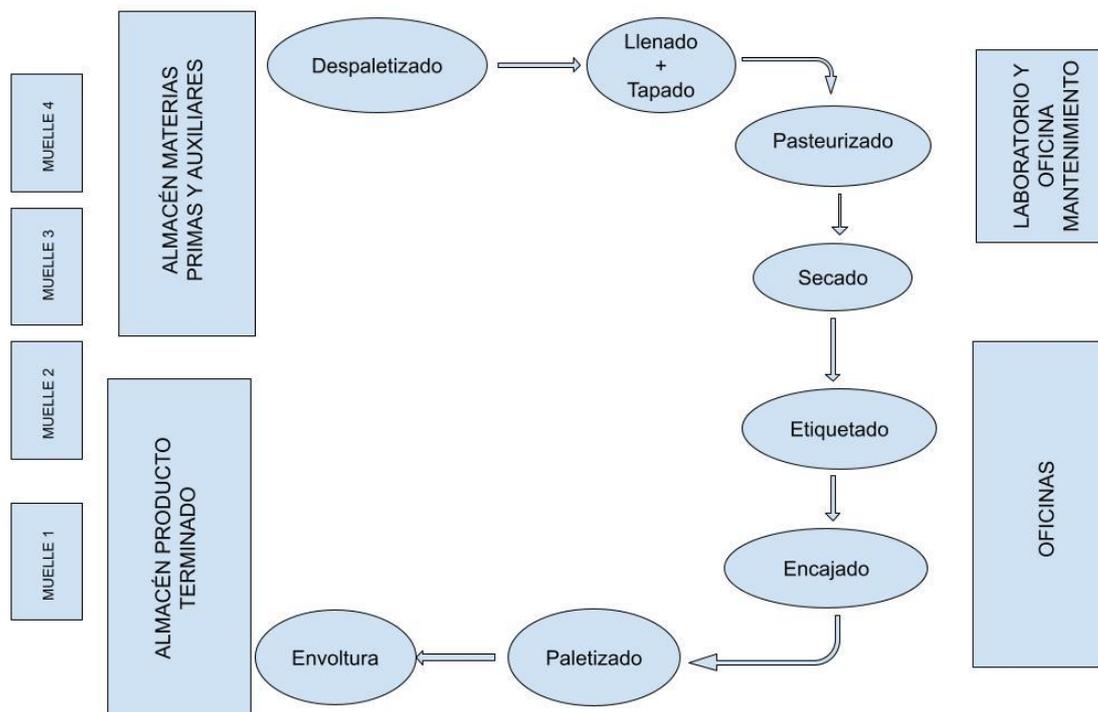


Figura 19. Esquema sistema de producción. Elaboración propia.

De los procesos descritos durante este apartado, no se profundizará en el pasteurizado, secado y etiquetado porque no van a aportar datos relevantes para el objeto del estudio.

La empresa tiene como objetivo mejorar la productividad y eficiencia de su línea de envasado, y así poder optar a conseguir mayores contratos con clientes ya consolidados y nuevos contratos con clientes potenciales. Si se aumenta la capacidad productiva, se obtendrá mayor cantidad de producto terminado en el mismo tiempo de producción. Además, se conseguirá mayor competitividad en el mercado ya que podrían reducir los costes unitarios de fabricación y así ofrecer mejores precios de venta y/o elaborar nuevas estrategias comerciales hacia sus clientes frente a sus competidores.

Partiendo de la premisa de que en la situación actual ya se ha conseguido la mejor eficiencia de línea posible con la maquinaria disponible, se lleva a cabo un estudio que se detallará en los próximos apartados para definir qué proceso es el cuello de botella de la línea y plantear un escenario de renovación de maquinaria ligada a tal proceso.

4.1 Análisis Situación Actual

En este apartado se va a realizar un análisis de la situación actual de la empresa en estudio del siguiente modo.

En primer lugar, se hace una recopilación de los productos que se producen en la fábrica junto con los datos de producción de las máquinas más significativas. En las Tablas 1, 2, 3 y 4 se puede ver como se han ordenado los datos, dividiendo las columnas en diferentes grupos: Productos, Llenadora+Tapadora, Agrupadora, Paletizador y Envolvedora.

En el grupo de Productos se encuentran:

- **Formato:** son los nombres de los envases en los que la fábrica presenta sus aceitunas. Han sido sacados del Anexo 1. No todos los formatos que aparecen en dicho anexo son fabricados por la fábrica en estudio.
- **Envase:** es el tipo de envase correspondiente al nombre del formato. Se diferencia entre lata y cristal.
- **Capacidad:** es la capacidad del envase medida en mililitros (ml).
- **Diámetro:** es la medida del envase en milímetros (mm). Todos los envases que se procesan en esta fábrica tienen forma cilíndrica.
- **Altura:** es la medida de la altura del envase en milímetros (mm).

En el grupo de Llenadora+Tapadora se encuentra:

- **Velocidad de llenado máxima real:** es la velocidad máxima en continuo que alcanza la llenadora y tapadora actual. Medida en número de envases llenos y tapados a la hora.

En el grupo de Agrupadora se encuentra:

- **Agrupación:** es la distribución de filas y columnas en la que se agrupan los envases en una caja cerrada.
- **Nº de envases:** es la suma de envases que se encuentran por cada agrupación.
- **Ancho:** es la suma de los diámetros de los envases que se hayan en el lado ancho de la agrupación.
- **Largo:** es la suma de los diámetros de los envases que se hayan en el lado largo de la agrupación.
- **Alto:** es la altura de la agrupación. En este caso es igual a la altura del envase.
- **Velocidad** = $\frac{\text{Velocidad llenado máxima real} / \text{Nº de envases}}{60}$. Es la velocidad a la que los packs o cajas se formarían si todas las máquinas estuvieran sincronizadas y no hubiera paradas por ningún motivo en ninguna de las máquinas aguas arriba. Se mide en packs/min.
- **Overspeed:** es el porcentaje de sobredimensionamiento sobre la velocidad definida justo en el punto anterior. Más adelante se verá el por qué de este sobredimensionamiento sobre la velocidad a la que deberían marchar las máquinas.
- **Velocidad ideal** = Velocidad * Overspeed. Es la velocidad resultante de sobredimensionar la velocidad de sincronización por el porcentaje de overspeed indicado. Se mide en packs/min.
- **Velocidad máxima real:** es la velocidad máxima que alcanza la máquina agrupadora en continuo. Se mide los packs que es capaz de formar en un minuto.

En el grupo de Paletizador se encuentra:

- **Tamaño de palet:** es la medida del palet de madera sobre el que se paletiza dicho formato para servir a los clientes. Esta empresa trabaja con dos medidas diferentes. Se expresa con Largo x Ancho en milímetros.
- **Cajas/capa:** es el número de cajas que recoge cada capa del palet a formar. Puede variar según el formato a producir, la agrupación en la que se formen y el tamaño del palet. Además, las cajas o packs tienen una disposición determinada en cada capa, formando un mosaico optimizado de tal manera que cubren la mayor superficie de palet posible y se fortalece su estabilidad.
- **Capas/palet:** es la cantidad de capas o alturas que conforman el palet en cuestión.
- **Capas/min** = $\frac{\text{Velocidad llenado máxima real} / 60}{\text{Nº de envases} / \left(\frac{\text{Cajas}}{\text{capa}}\right)}$. Es la velocidad a la que deberían paletizarse las cajas o packs si toda la línea estuviera sincronizada y no hubieran paradas por ningún motivo. Se mide en el número de capas o alturas del palet que se paletizan en un minuto.

- **Packs/palet** = Cajas/capa * Capas/palet. Es la cantidad de cajas o packs que conforman el palet en cuestión.
- **Velocidad** = Velocidad de agrupadora. Es la velocidad medida en packs por minuto a la que debería funcionar el paletizador si toda la línea estuviera sincronizada y no hubieran paradas por ningún motivo.
- **Overspeed:** es el porcentaje de sobredimensionamiento sobre la velocidad definida justo en el punto anterior. Más adelante se verá el por qué de este sobredimensionado sobre la velocidad a la que deberían marchar las máquinas.
- **Velocidad ideal** = Velocidad * Overspeed. Es la velocidad resultante de sobredimensionar la velocidad de sincronización por el porcentaje de overspeed indicado. Se mide en packs/min.
- **Velocidad máxima real:** es la velocidad máxima que alcanza la máquina paletizadora en continuo. Se mide en los packs que es capaz de procesar en un minuto.

Por último, en el grupo de Envolvedora se encuentra:

- **Velocidad** = $\frac{\text{Velocidad paletizador}}{(\text{packs/palet}) * 60}$. Es la velocidad medida en palets por hora a la que debería funcionar la máquina envolvedora si toda la línea estuviera sincronizada y no hubieran paradas por ningún motivo.
- **Overspeed:** es el porcentaje de sobredimensionamiento sobre la velocidad definida justo en el punto anterior. Más adelante se verá el por qué de este sobredimensionado sobre la velocidad a la que deberían marchar las máquinas.
- **Velocidad ideal** = Velocidad * Overspeed. Es la velocidad resultante de sobredimensionar la velocidad de sincronización por el porcentaje de overspeed indicado. Se mide en palets por hora.
- **Velocidad real:** es la velocidad máxima que alcanza la máquina envolvedora en continuo. Se mide los palets que es capaz de procesar en una hora.

PRODUCTOS					LLENADORA + TAPADORA
Formato	Envase	Capacidad (ml)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Velocidad llenado máxima real (envases/hora)
8 ref	Cristal	250	70,5	86	40.200
8 ref	Cristal	250	70,5	86	40.200
8 par	Cristal	280	57,6	129	39.000
8 par	Cristal	280	57,6	129	39.000
12 ref	Cristal	340	80,2	89,8	39.600
12 ref	Cristal	340	80,2	89,8	39.600
16 ref	Cristal	450	80	114,5	31.050
16 ref	Cristal	450	80	114,5	31.050
barril 820	Cristal	820	97	150,7	11.880
barril 820	Cristal	820	97	150,7	11.880
1/2 galon	Cristal	1966	122,7	207	7.150
1/2 galon	Cristal	1966	122,7	207	7.150
a314	Lata	314	68	104	39.600
a314	Lata	314	68	104	39.600
a300	Lata	425	77	112	39.600
a300	Lata	425	77	112	39.600
1k	Lata	850	102,5	120	11.880
1k	Lata	850	102,5	120	11.880
a1500	Lata	1455	102,5	202	8.800
a1500	Lata	1455	102,5	202	8.800
a10	Lata	3100	157,5	179	3.850
a10	Lata	3100	157,5	179	3.850
a15	Lata	4250	158	246	2.750
a15	Lata	4250	158	246	2.750

Tabla 1. Datos de producción. Elaboración propia.

AGRUPADORA										
Agrupación			Nº de envases	Ancho (mm)	Largo (mm)	Alto (mm)	Velocidad (packs/min)	Overspeed	Velocidad ideal (packs/min)	Velocidad máxima real (packs/min)
3	X	4	12	211,5	282	86	56	20%	67	40
3	X	4	12	211,5	282	86	56	20%	67	40
3	X	4	12	172,8	230,4	129	54	20%	65	40
3	X	4	12	172,8	230,4	129	54	20%	65	40
3	X	4	12	240,6	320,8	89,8	55	20%	66	40
3	X	4	12	240,6	320,8	89,8	55	20%	66	40
3	X	4	12	240	320	114,5	43	20%	52	40
3	X	4	12	240	320	114,5	43	20%	52	40
2	X	3	6	194	291	150,7	33	20%	40	40
2	X	3	6	194	291	150,7	33	20%	40	40
2	X	3	6	245,4	368,1	207	20	20%	24	40
2	X	3	6	245,4	368,1	207	20	20%	24	40
3	X	4	12	204	272	104	55	20%	66	40
3	X	4	12	204	272	104	55	20%	66	40
3	X	4	12	231	308	112	55	20%	66	40
3	X	4	12	231	308	112	55	20%	66	40
2	X	3	6	205	307,5	120	33	20%	40	40
2	X	3	6	205	307,5	120	33	20%	40	40
2	X	3	6	205	307,5	202	24	20%	29	40
2	X	3	6	205	307,5	202	24	20%	29	40
2	X	3	6	315	472,5	179	11	20%	13	40
2	X	3	6	315	472,5	179	11	20%	13	40
1	X	3	3	158	474	246	15	20%	18	40
1	X	3	3	158	474	246	15	20%	18	40

Tabla 2. Datos de producción. Elaboración propia.

PALETIZADOR								
Tamaño palet (mmXmm)	cajas/capa	capas/palet	capas/min	packs/palet	Velocidad (pack/min)	Overspeed	Velocidad ideal (packs/min)	Velocidad máxima real (packs/min)
1200x800	13	12	4.29	156	56	25%	70	45
1200x1000	17	12	3.28	204	56	25%	70	45
1200x800	19	7	2.85	133	54	25%	68	45
1200x1000	25	7	2.17	175	54	25%	68	45
1200x800	18	6	3.06	108	55	25%	69	45
1200x1000	24	6	2.29	144	55	25%	69	45
1200x800	10	10	4.31	100	43	25%	54	45
1200x1000	14	8	3.08	112	43	25%	54	45
1200x800	14	6	2.36	84	33	25%	41	45
1200x1000	20	6	1.65	120	33	25%	41	45
1200x800	9	5	2.21	45	20	25%	25	45
1200x1000	12	5	1.66	60	20	25%	25	45
1200x800	14	12	3.93	168	55	25%	69	45
1200x1000	19	13	2.89	247	55	25%	69	45
1200x800	12	10	4.58	120	55	25%	69	45
1200x1000	16	11	3.44	176	55	25%	69	45
1200x800	12	11	2.75	132	33	25%	41	45
1200x1000	16	12	2.06	192	33	25%	41	45
1200x800	14	6	1.75	84	24	25%	31	45
1200x1000	16	6	1.53	96	24	25%	31	45
1200x800	5	8	2.14	40	11	25%	13	45
1200x1000	7	7	1.53	49	11	25%	13	45
1200x800	11	5	1.39	55	15	25%	19	45
1200x1000	14	5	1.09	70	15	25%	19	45

Tabla 3. Datos de producción. Elaboración propia.

ENVOLVEDORA			
Velocidad (palets/hora)	Overspeed	Velocidad ideal (palets/hora)	Velocidad real (palets/hora)
21	30%	28	20
16	30%	21	20
24	30%	32	20
19	30%	24	20
31	30%	40	20
23	30%	30	20
26	30%	34	20
23	30%	30	20
24	30%	31	20
17	30%	21	20
26	30%	34	20
20	30%	26	20
20	30%	26	20
13	30%	17	20
28	30%	36	20
19	30%	24	20
15	30%	20	20
10	30%	13	20
17	30%	23	20
15	30%	20	20
16	30%	21	20
13	30%	17	20
17	30%	22	20
13	30%	17	20

Tabla 4. Datos de producción. Elaboración propia.

Si se analizan las mismas Tablas (1, 2, 3 y 4), se puede detectar que se han eliminado los procesos de despaletizado, pasteurizado, secado y etiquetado que aparecían en la Figura 19. Esto es debido a que estas máquinas son las más recientes en la empresa de estudio y se ha descartado su reemplazamiento. Por ello son eliminadas de este estudio, simplificando así las tablas de datos de producción y los posteriores cálculos del proceso de análisis.

Las líneas de envasado deben diseñarse con vista al rendimiento que se pretende conseguir con ellas. El rendimiento de una línea de envasado se mide en la cantidad de envases acabados que se procesan cada hora, es decir, en el número de envases que conforman los palets acabados y envueltos que se obtienen a final de un día dividido entre el número de horas de trabajo.

Si se toma esta definición de rendimiento, se puede llegar a la conclusión de que; un envase que no se llena, nunca podrá ser procesado de forma completa para ser contabilizado en la fórmula del rendimiento al final de la jornada. Es por este motivo que la llenadora siempre debe ser la máquina limitante y todas las máquinas que cubran los procesos aguas arriba y aguas abajo deben ser dimensionadas de manera que la llenadora tenga un flujo de trabajo continuo y no sufra paradas por causas ajenas a su funcionamiento.

Para diseñar una línea de envasado desde cero, habría que decidir cuál sería el envase “estrella” sobre el que hacer el dimensionamiento de las máquinas en función del rendimiento objetivo a lograr. El tiempo de llenado varía en función de la capacidad del envase. Por ejemplo, para llenar envases de 3000 ml se necesita más tiempo que para llenar uno de 200 ml. Sin embargo, para agrupar, paletizar y envolver se necesita el mismo tiempo sin entrar en juego la dimensión o tamaño del envase. En el proceso de etiquetado, el tamaño del envase no interviene en la velocidad de etiquetado. La velocidad en este proceso variaría en función de la longitud de la etiqueta a aplicar sobre el envase. Normalmente a mayor volumen o tamaño de envases, mayor es la longitud de su etiqueta. No obstante, la diferencia de tiempo que pudiera generarse entre el etiquetado de un envase de 3000 ml y otro de 200 ml es insignificante respecto a la diferencia del tiempo de llenado entre esos dos mismos envases. Es por estos motivos que se debe tener identificado un envase, que se ha denominado “estrella” para poder dimensionar la velocidad de las máquinas que se necesiten para completar el envasado.

Una vez se tiene identificado el formato estrella y el rendimiento o velocidad que se pretende alcanzar partiendo desde la llenadora, se tiene que tener en cuenta el siguiente análisis para dimensionar el resto de máquinas del proceso de envasado.

Las máquinas aguas abajo y aguas arriba de la llenadora deben estar sobredimensionadas sobre su velocidad para que el flujo de envases sea óptimo en toda la línea y; si ocurre alguna parada por cualquier motivo, no se vea interrumpida la actividad de la llenadora. El objetivo del sobredimensionado o “overspeed” es conseguir que, en caso de parada (se define parada como paradas no programadas causadas por fallos momentáneos de tiempos escasos), la llenadora no tenga que parar (como mucho disminuir su velocidad) y que cuando rearme la marcha de la máquina parada, ésta pueda procesar el trabajo de manera más rápida que la llenadora para adelantar el trabajo no realizado durante el tiempo de paro; y luego volver a la velocidad normal de la línea y conseguir el rendimiento pensado para ella.

En este proyecto no se contemplará lo que ocurre aguas arriba de la llenadora. En el caso de la empresa en estudio, sólo existe un despaletizador y ya se ha mencionado anteriormente que se descarta del análisis debido a su reciente incorporación. Las máquinas aguas arriba a la llenadora están debidamente dimensionadas y no hay problemas de abastecimiento de producto a la tolva de alimentación de la llenadora de aceitunas.

Volviendo de nuevo a las tablas de datos de producción de la empresa (Tablas 1, 2, 3 y 4), se observa que se ha considerado un overspeed del 20% para la velocidad ideal de la agrupadora, uno del 25% para el paletizador y un 30% para la envolvente de palets. Estos porcentajes utilizados coinciden con los propuestos por López Villalba (Villalba López, 2017) en la Figura 20, exceptuando la envolvente ya que no aparece en el diagrama.

El overspeed considerado en la envolvente es un 5% superior al del paletizador, siguiendo así con la tendencia de la curva que presenta López Villalba.

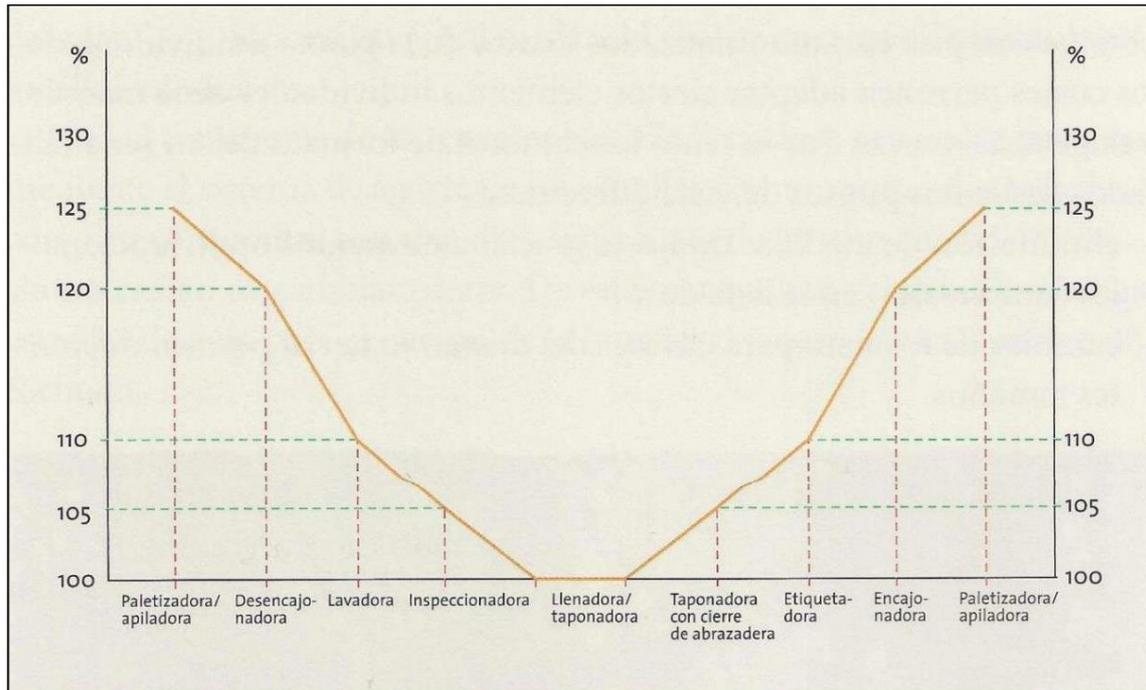


Figura 20. Curva de Berg. Fuente: (Villalba López, 2017)

Otro elemento que habría que tener en cuenta durante el diseño de las líneas de envasado son los transportadores. Es fundamental considerar tramos de acumulación o también conocidos como “pulmones”. Los tramos de acumulación de envases son necesarios antes y después de las máquinas para evitar en la medida de lo posible las interrupciones de las máquinas por paradas de otras máquinas aguas abajo o aguas arriba, según se explicaba anteriormente junto con el overspeed.

Volviendo a esa explicación de la página 38; póngase de ejemplo el caso en el que una máquina aguas abajo de la llenadora se para. Con unas acumulaciones adecuadas y bien dimensionadas, la llenadora no tendría ni que disminuir la velocidad, si no que podría seguir llenando envases a la velocidad normal mientras que se van acumulando en los transportadores de acumulación a la salida de la llenadora y; una vez se rearme la marcha de la máquina que ha hecho la parada, ésta será capaz de procesar el trabajo acumulado antes de que no quepan más envases en los tramos de acumulación entre la salida de la llenadora y la entrada de la máquina en cuestión.

Para el caso contrario; en el que la llenadora sufra una parada, los transportadores aguas arriba de ella deben estar correctamente dimensionados y diseñados para que una máquina previa a la llenadora pueda seguir trabajando a su ritmo habitual, llenando en este caso la acumulación previa a la llenadora. El objetivo aquí sería que las máquinas aguas arriba de la llenadora no paren, como mucho disminuyan su velocidad hasta que el problema de la llenadora sea resuelto y todo vuelva a la normalidad.

En la Figura 21, se encuentra un ejemplo de un tramo de acumulación. Se observa que desde la esquina inferior izquierda llegan los envases unifilarmente y comienza un ensanchamiento gradual del transportador en el que se pueden llevar los envases en una masa en lugar de en una sola fila. En los tramos de transporte donde se llevan los envases en masa, se puede reducir la velocidad lineal del transportador sin reducir la velocidad de la línea, ya que en un mismo tramo se transporta una mayor cantidad de envases que en ese mismo tramo llevando envases en fila de uno. Esto supone un mejor trato al envase, evitando problemas de golpes fuertes entre ellos, roturas y ruidos; y a la misma vez se soluciona el poder hacer una acumulación o “pulmón”.

Además, en la misma imagen se puede observar una mesa de acumulación, que puede variar su superficie útil a demanda de la línea. En la imagen se ve completo, pero se le pueden incorporar unos limitadores de espacio para reducir su tamaño.



Figura 21. Ejemplo acumulación envases. Fuente: (TAHFER, s.f.)

Siguiendo con las tablas de datos de la empresa (Tablas 1, 2, 3 y 4), póngase ahora el foco en las columnas “Velocidad máxima real”. Estas columnas corresponden con los datos de velocidad reales que se consiguen en los momentos de mayor producción con las máquinas actuales de forma continua en el tiempo. No corresponde con la velocidad límite que puede llegar a conseguir la máquina en momentos puntuales. La velocidad máxima real no es frecuente alcanzarla, pero es el mejor dato que pueden ofrecer las máquinas actuales de la línea.

Entrando en un análisis de las velocidades, se han marcado en amarillo aquellas velocidades máximas reales que se quedan por debajo de las velocidades ideales para cada referencia de producto a fabricar. El resultado por máquina es el siguiente:

- En la máquina agrupadora se obtienen 12 referencias que no se pueden procesar a la velocidad ideal.
- En la máquina paletizadora se obtienen 12 referencias que no se pueden procesar a la velocidad ideal.
- En la máquina envolvente se obtienen 18 referencias que no se pueden procesar a la velocidad ideal.

Este análisis determina que el cambio de envolvente conlleva un mayor grado de mejora que el cambio de agrupadora o paletizador, únicamente teniendo en cuenta el número de referencias que tienen capacidad de mejora en cuanto a velocidad máxima real frente a la velocidad ideal que debería alcanzar la máquina de cada proceso; y esto es un indicador de que la envolvente es un elemento sobre el que invertir.

Si se incorpora una nueva envolvente cuya capacidad consiga que todas las referencias se envuelvan a la velocidad ideal, se estará incurriendo en una mejora de la producción de la fábrica en su conjunto. La nueva máquina sería capaz de envolver más cantidad de palets en el mismo tiempo de trabajo que la máquina envolvente actual; por tanto, el rendimiento según se definió anteriormente, aumentaría.

4.2 Análisis Económico del Proyecto

El análisis económico del proyecto consiste en estudiar y comparar de forma económica el impacto de incorporar una nueva máquina de envoltura de palets. Para ello, en los próximos apartados se

profundizará sobre el coste de adquisición de una nueva máquina, los costes de mantenimiento, los costes operativos, los costes de oportunidad, los costes de consumo de film y; por último, se calcularán los índices de VAN y TIR; así como el plazo de recuperación de la inversión, para poder determinar la viabilidad de la inversión en la nueva máquina.

En primer lugar, la empresa debe elegir a la empresa proveedora. Tras analizar diferentes ofertas de fabricantes de maquinaria y compararlas técnica y económicamente en base a una serie de requisitos; resulta que la empresa decide que, en caso de invertir en una nueva máquina, sería un modelo actualizado de Rotoplat 3000. Se puede ver el detalle de la oferta en la Tabla 5 para el equipo seleccionado.

ROTOPLAT 3000HD	Precio	Opcional
Envolvedora según descripción	62.905€	
Copia documentación en papel	475€	
Armario eléctrico grande con iluminación	2.750€	
Rodillos de conexión	1.750€	
Mot. De todos los rodillos de la mesa giratoria	1.800€	
Kit de autocentrado	1.375€	
Soldador de resistencias	2.550€	
Carro pre-estiro PGSA	3.150€	
Dispositivo cordón desde abajo	2.450€	
Comunicaciones	3.250€	
Total	82.455€	
Vallado de seguridad	2.900€	
Pareja de barreras fotoeléctricas de seguridad	3.100€	
Pulsador de paro emergencia (2)	950€	
Total	6.950€	
Transportadores de CARGA según descripción	6.350€	
Transportadores de ENTRADA según descripción	6.400€	
Transportadores de SALIDA según descripción	6.200€	
Transportadores de DESCARGA según descripción	6.350€	
Total	25.300€	
OPCIONALES		
Soldadura con contraste		7.050 €
Kit Tpm máquina envolvedora		1.050€
R-connect	2.400€	
Porcentaje Film restante + columna tricolor		800€
Dispositivo SAI para alimentación 24 v dc	1.650€	
Aire acondicionado para armario eléctrico	1.250€	
Total	5.300 €	
Instalación y Puesta en Marcha	15.550€	
Fat con fotos y videos	650€	
Embalaje y transporte	4.200€	
Recambios aconsejados	1.500€	
Total	21.900€	
Total Rotoplat	141.905€	

Tabla 5. Resumen económico oferta Rotoplat 3000HD. Elaboración propia.

La oferta está constituida por una serie de elementos estándar y otros que se consideran opcionales, a elección de incorporación de la empresa cliente. En el caso que se está analizando, únicamente suman al total los elementos que se suministrarán y en la columna de opcionales se encuentran los que quedan fuera del alcance del suministro.

A continuación, se describen los diferentes elementos de la oferta:

- **Envolvedora según descripción:** mesa rotativa con plano de rodillos motorizados para envoltura y estabilización de cargas sobre palet con film estirable para la automatización del final de línea. Las máquinas envolvedoras Rotoplat se caracterizan por el sistema de rotación de mesa formado por una rangua dentada sostenida mediante cojinetes de bolas de alta capacidad de carga y transmisión del movimiento por medio de piñón de acero de alta resistencia. Esta solución asegura fiabilidad operativa y duradera bajo condiciones de gran esfuerzo. La velocidad de rotación de mesa y de las relativas rampas de aceleración y desaceleración se efectúan mediante variador de frecuencia; esto garantiza que la mesa se detenga siempre en fase, independientemente del peso de la carga, y esté en perfecta alineación con los transportadores de entrada y salida asegurando la correcta alimentación y descarga de los palets.
- **Copia de documentación en papel:** es un manual en papel del funcionamiento; guía y recomendaciones de mantenimiento; despiece y demás información de interés acerca de la máquina. Este item está separado y se le pone un precio ya que desde la empresa fabricante se fomenta el cuidado del medioambiente. Toda la información que se encuentra en esta copia se suministra en formato digital sin coste adicional, pero se sigue ofreciendo en formato de cuaderno físico para los clientes que lo deseen.
- **Armario eléctrico con iluminación:** armario donde está ubicado el cuadro eléctrico necesario para todas las conexiones requeridas para el correcto funcionamiento y control de la máquina. Además, está dotado de un equipo de iluminación para facilitar la visibilidad y accesibilidad de todos los componentes ubicados en él.
- **Mesa giratoria con rodillos:** mesa de giro construida con rodillos correspondiente al centro de la máquina; donde se posicionará el palet para su envoltura. Las dimensiones de los rodillos son las indicadas en la tabla resumen: Diámetro=89 mm; Paso= 120 mm; Longitud=1100 mm. El paso corresponde a la distancia entre dos centros de rodillos contiguos.
- **Rodillos de conexión:** son cuatro rodillos más cortos que conectan la mesa de giro con los tramos anterior y posterior. Dos rodillos al inicio y dos al final, formando así la forma circular que debe tener la mesa para poder girar.
- **Motorización de los rodillos:** motores de los rodillos encargados del avance de los palets sobre los mismos. Estos rodillos giran sobre sí mismos y mueven el palet debido a la fricción entre ambas superficies.
- **Kit de autocentrado:** sistema de fotocélulas que sirven para determinar la posición en la que debe quedar el palet en la mesa giratoria antes de comenzar el ciclo de envoltura. Estas fotocélulas dan señal de mover el palet en una dirección u otro hasta que queda ubicado en el centro del tramo, asegurando así que no haya riesgos de caída o vuelco del palet a envolver por el movimiento de rotación.
- **Soldador de resistencias:** sistema de corte y soldadura del film tras envolver el palet. Se corta y pinza para poder envolver el siguiente, mientras que la cola del actual se suelda al film del palet envuelto mediante el calor emitido por una resistencia eléctrica. Las placas de soldadura están fijadas sobre muelles para adaptarse a la superficie del producto y el tiempo de soldadura puede configurarse desde el panel de control.
- **Carro pre-estiro PGSA:** carro de pre-estiro con doble motorización patentado por fabricante Robopac con selección automática desde el panel táctil del cuadro eléctrico. Cuenta con regulación de valor de pre-estiro desde 180% a 300%. El grupo de pre-estiro P.G.S.A. está equipado con una célula de carga para la regulación de la tensión sobre el palet y sus ángulos. Los parámetros principales de envoltura como la tensión, el número de vueltas y la graduación de solape son ajustables hasta 12 niveles a lo largo de la altura del palet y ciclo de envoltura.
- **Dispositivo cordón desde abajo:** sistema para reducir la banda de film que se está aplicando al palet con el objeto de aumentar la fuerza de contención en la altura que se programe.

Normalmente se utiliza en la altura de unión entre el producto paletizado y la madera del propio palet.

- **Comunicaciones:** entradas y salidas asociadas a la recopilación y transmisión de datos, comunicación via ethernet, router propio y software asociado. También sirve para la conexión cliente-proveedor para dar soporte técnico en remoto.
- **Vallado de seguridad:** estructura perimetral metálica electrosoldada para impedir el acceso directo al área operativa durante el funcionamiento de la envolvedora. Puerta de acceso controlada con micro de seguridad y electrocerradura.
- **Pareja de barreras fotoeléctricas de seguridad:** barreras fotoeléctricas posicionadas a la entrada y salida de los tramos de transportadores, permitiendo únicamente el paso de palets de dimensiones preestablecidas. Las funciones de la máquina se detendrán en caso de acceso de personas o de objetos no reconocidos por el sistema.
- **2 pulsadores de paro emergencia:** botoneras en color rojo para activar el paro de emergencia de las funciones de la máquina desde el panel de control o desde un punto en vallado de seguridad que se establezca por el cliente.
- **Transportadores de carga, entrada, salida y descarga:** todos son transportadores de rodillos motorizados con sensores de posicionamiento de palet. Cuentan con inverter trifásico estándar para los transportadores que controlan los motores instalados en ellos. Los transportadores de carga y descarga están equipados con sistemas guarda-rail para evitar la colisión entre las palas de la carretilla elevadora y la estructura funcional del transportador; así como fotocélulas que, al detectar las palas de la carretilla, impide la llegada de otro palet al tramo de recogida y evitar una colisión con las mismas.
- **Opcionales:** son elementos que no suman en el montante total de la oferta. No obstante, existe la opción de incorporarlos con el fin de cubrir preferencias del cliente: ya sea como elementos adicionales para mejorar el rendimiento de la aplicación; elementos para abaratar la aplicación en sustitución de otros que están añadidos en la oferta de manera estándar; o preferencia en marcas comerciales específicas para ciertos componentes concretos. En este caso, se han incorporado en la oferta los siguientes:
 - **Soldadura con contraste:** dispositivo con pinzas, corte y soldadura de film que trabaja sin contacto con el producto que forma el palet. Consiste en un muelle de discos de nylon que reduce proporcionalmente el ancho de banda de film y; mediante un soplador de aire, coloca la solapa inicial de film dentro de la envoltura. El dispositivo está diseñado específicamente para garantizar un acabado perfecto de la solapa final del film con soldadura por impulso controlado con sistema electrónico en espesor constante de film. La soldadura final del film se realiza en un contraste mecánico, evitando absolutamente el contacto directo con el producto.
 - **Kit TPM máquina envolvedora:** consiste en un juego de manómetro para el sistema neumático con indicadores de estado por colores (naranja, rojo y verde), así como la centralización de los puntos de lubricación manual para una tarea de mantenimiento más rápida y sencilla. Además, incluye una herramienta software que permite la visualización en la pantalla HMI de diferentes parámetros y métricas que facilitan y mejoran el mantenimiento preventivo de la máquina a la empresa cliente.
 - **R-connect:** es un sistema de conexión remota al portal en la nube para la recogida, monitorización, y procesamiento de grandes cantidades de datos generados por las máquinas. Herramienta para crear informes de datos de producción y estadísticas de eficiencia de la línea. Además, la contratación de este opcional se incluye la teleasistencia con técnicos especialistas durante un año. Todo ello sin la necesidad de la

red LAN de la empresa cliente. El importe incluye la activación del servicio de suscripción durante 12 meses.

- **Porcentaje film restante + columna tricolor:** kit de aviso de consumo de film. Es capaz de detectar cuando la bobina en uso está cerca de agotarse mediante fotocélula. Una vez detectada una cantidad de film restante preestablecida por el cliente, el sistema activa una alarma acústica de aviso para que el operador esté atento a la necesidad de cambio de bobina. Además, se incluye una columna luminosa tricolor (naranja, rojo y verde) como indicador de estado de la bobina.
- **Dispositivo SAI:** Sistema de Alimentación Ininterrumpida. Dispositivo que permite mantener la alimentación de corriente eléctrica a la máquina mediante baterías en caso de fallo en la instalación del cliente durante un tiempo máximo de 10 minutos. Es un sistema de protección contra cortes repentinos de corriente.
- **Aire acondicionado para armario eléctrico:** Sistema de refrigeración/calefacción para asegurar una temperatura estable en el armario eléctrico.
- **Instalación y Puesta en Marcha:** Un total de 14 días en los que 1 técnico especialista se encarga del montaje mecánico y eléctrico, así como la puesta en marcha de la instalación. Durante el montaje será necesaria la ayuda de personal del cliente para aquellas tareas que lo requieran. Durante la puesta en marcha, el cliente deberá proporcionar todos los recursos necesarios que no se incluyan en el contrato, además de tener preparado producto con los que hacer las pruebas. Esta partida incluye desplazamiento, dietas y alojamiento del técnico.
- **FAT con fotos y vídeos:** Factory Acceptance Test. Esto es la validación del montaje y funcionamiento de la máquina por parte del cliente en las instalaciones del proveedor para poder proceder a enviarla a las instalaciones del cliente. En esta prueba, el cliente debe dar su validación a todo lo contratado. Incluye fotos del proceso y videos del funcionamiento de todos los puntos que estime oportuno el cliente durante el periodo de fabricación. Si el cliente lo desea, también se puede coordinar una prueba de manera presencial en la que personal de la empresa cliente revise de forma presencial en las instalaciones del proveedor lo que se estime necesario.
- **Embalaje y transporte:** Servicio de embalaje, protección y transporte con seguro hasta las instalaciones del cliente.
- **Recambios aconsejados:** kit de recambios de primera necesidad recomendados por el proveedor.

Una vez planteada la situación de mejora y seleccionada la máquina a incorporar, se debe hacer un análisis de las situaciones contempladas para determinar si es viable realizar la inversión:

- ¿Qué pasaría si se lleva a cabo la incorporación de la nueva máquina envolvedora?
- ¿Qué pasaría si dejamos la fábrica en la misma situación actual?

4.2.1 Costes de adquisición

El coste de adquisición se define como la cantidad económica que la empresa debe desembolsar para obtener la máquina y ponerla a funcionar en sus instalaciones. Según el resumen de la oferta de la empresa Robpac que se contempla en la Tabla 5, se plasma en la Tabla 6 el coste de la compra de la envolvedora Rotoplat 3000 HD con los opcionales escogidos por la empresa.

Concepto	Cantidad	Valor Neto
Rotoplat 3000 HD	1	141.905,00 €

Tabla 6. Coste de adquisición. Elaboración propia.

La empresa no dispone del capital suficiente para hacer un único desembolso de valor total calculado, por lo que debería conseguir un préstamo con alguna entidad bancaria. Para determinar la cantidad a solicitar, se basa en su índice de endeudamiento. Según se explica (BBVA), el ratio de endeudamiento es la relación existente entre los recursos propios de una empresa sobre los recursos ajenos. Es decir, la proporción de activos que se aportan desde entidades terceras y los que aporta la propia empresa. Se conoce que el nivel de endeudamiento que dispone la empresa durante el estudio de este proyecto es del 60%. Esto quiere decir que puede pedir un préstamo por el 60% del valor de la inversión sin incurrir en un riesgo para afrontar la deuda que se va a generar. Por tanto, la empresa evaluará su coste financiero para la incorporación de la nueva máquina envolvente asumiendo un pago inicial correspondiente al 40% del valor neto de la máquina.

Los préstamos tienen un coste financiero, que se debe incorporar al análisis de costes del proyecto. Por tanto, con la ayuda de la Tabla 7, se calcula el coste financiero y la cantidad que deberá pagar la empresa para amortizar el préstamo. La dirección de la empresa ha determinado que el periodo en el que se debe recuperar la inversión debe ser de 4 años o inferior. Si el periodo de recuperación es mayor a ese intervalo de tiempo, la empresa no aprobará la inversión y aplazará el estudio para el siguiente año. Es por ello que el análisis de todos los costes implicados en el proyecto se va a estudiar para un periodo de 4 años vista; incluyendo este coste de adquisición.

Existen diferentes métodos para calcular el coste financiero que supone contratar un préstamo, siendo el más habitual en España el método francés. Para realizar el cálculo, primero se ha de tener en cuenta que la empresa contrataría un préstamo amortizativo constante, anual y pospagable; de una cantidad de 85.143,00 € (el 60% del valor neto de la máquina), con una tasa de interés del 4,5% anual y deberá ser amortizado en 4 años desde la fecha de su contratación. Se ha escogido dicha tasa de interés según el criterio del artículo de la revista GD Empresa (GESDOCUMENT Y GESTIÓN, S.A., 2023) en el que se indica que según datos del Banco Central Europeo, a las empresas que piden créditos de hasta 250.000 € el coste de la deuda es del 4,5% y para créditos entre 250.000 € y 1.000.000 €, llega al 4,2%.

COSTE ADQUISICIÓN ROTOPLAT 3000 HD					
Año	Pago Anual	Cuota Intereses	Cuota Amortizada	Total Amortizado	Pendiente pago
0					85.143,00 €
1	23.733,07 €	3.831,44 €	19.901,64 €	19.901,64 €	65.241,36 €
2	23.733,07 €	2.935,86 €	20.797,21 €	40.698,84 €	44.444,16 €
3	23.733,07 €	1.999,99 €	21.733,08 €	62.431,93 €	22.711,07 €
4	23.733,07 €	1.022,00 €	22.711,07 €	85.143,00 €	0,00 €
Total	94.932,28 €	9.789,28 €	85.143,00 €		

Tabla 7. Coste de adquisición. Sistema francés. Elaboración propia

El sistema francés consiste en un sistema de amortización en el que las cuotas que debe pagar el solicitante son constantes. Es decir, la cantidad a pagar en cada cuota es la misma. Para ello, se definen los siguientes conceptos:

- **Año:** es el número de periodos en los que se pretende amortizar el crédito solicitado a la entidad bancaria. El año 0 se necesita como cota de inicio, en el que se determina el valor total del préstamo como pendiente de pago.
- **Valor Total:** es la cantidad de euros solicitada a la entidad bancaria. En este caso, se trata del 60% del valor de la máquina, ya que se ha determinado que el 40% lo abonará la empresa con sus fondos propios.
- **Pago Anual** = $\frac{\text{Valor Total}}{1 - (1+i)^{-N}}$. Es la cuota anual que debe pagar la empresa solicitante a la entidad

bancaria. Se aprecia que es la misma cantidad en cada periodo. Realizando la suma, se llega a un valor de 94.932,28 €; mayor que el Valor Total. Esto es porque el banco presta dinero por un

coste. La diferencia entre lo prestado y lo pagado es ese coste.

- **N**: es el número de periodos en los que se debe completar la devolución del crédito solicitado. En este caso, N=4 periodos anuales. El pago anual se completa al final de cada año.
- **i**: es la tasa de interés anual en %.
- **Cuota Interés** = $i \cdot$ Pendiente pago del periodo anterior. Es la cantidad de € que se está pagando en el periodo actual en concepto de intereses. Se aprecia que va disminuyendo en cada periodo. Realizando la suma se obtiene 9.789,28 €, que coincide con la diferencia entre Valor Total y la suma de todos los Pagos Anual.
- **Cuota Amortizada** = Pago Anual – Cuota Interés. Es la cantidad del total del crédito que ha sido amortizada en ese periodo.
- **Total Amortizado** = Cuota Amortizada + Total Amortizado del año anterior. Para el año 1, el total amortizado del año anterior es 0. Es la cantidad que se ha logrado amortizar hasta ese periodo.
- **Pendiente pago** = Valor Total – Total Amortizado. Es la cantidad del Valor Total que queda por pagar por parte del solicitante, incluyendo los intereses. Como es normal, al final del cuarto periodo, la cantidad pendiente de pago es 0; ya que ha llegado el fin del periodo de devolución y el solicitante habría cumplido con todos sus pagos.

4.2.2 Costes de Mantenimiento

4.2.2.1 Escenario de compra

A continuación, se van a analizar los costes de mantenimiento que se deben realizar anualmente para que la nueva máquina trabaje en las condiciones apropiadas y no surjan averías inesperadas que puedan perjudicar el ritmo normal o esperado de la producción; o incluso pararlo por un periodo determinado de tiempo. Un correcto mantenimiento también previene a la máquina de averías que pueden ser irreparables.

Debido a la complejidad del funcionamiento y la cantidad de elementos a tener en cuenta en las máquinas de nueva fabricación, lo habitual es contratar un servicio de mantenimiento llevado a cabo por la propia empresa fabricante de la máquina en cuestión durante los primeros años; hasta que el equipo de mantenimiento de la empresa usuaria haya obtenido todos los conocimientos necesarios. Con este servicio, la empresa se asegura con garantías que las revisiones de su equipo se realicen en profundidad por técnicos expertos y conocedores de la máquina. El fabricante cuenta con una tarifa de contratación de servicios de mantenimiento que se estructura según la Tabla 8.

Coste visita	Nº visitas por año	% Descuento	Coste anual
2.500 €	1	0%	2.500 €
2.500 €	2	10%	4.500 €
2.500 €	3	15%	6.375 €

Tabla 8. Tarifa servicio mantenimiento fabricante. Elaboración propia

El coste de la visita es un valor estimado en base a otros contratos de mantenimientos de maquinaria industrial que la empresa ha negociado en años anteriores. Se tiene que, para el valor expuesto de 2.500 €, la visita del técnico incluye el desplazamiento dentro de la península ibérica, dieta para un día y un servicio completo de mantenimiento preventivo a la máquina envolvente durante una jornada laboral de máximo 8 horas. Además, si hubiera que cambiar o reponer cualquier pieza dentro de la garantía, la misma se suministraría y montaría sin coste adicional. Los trabajos de mantenimiento preventivo a realizar por el técnico del fabricante consisten en examinar los puntos de mayor desgaste mecánico, eléctrico y electrónico de la máquina; realizar las tareas de desmontaje, limpieza, reparación o sustitución de piezas en caso necesario, nivelamiento de piezas, ajustes, engrase y montaje. Por último, el técnico

entregaría a la empresa un informe con los trabajos realizados, incluyendo recomendaciones de uso o mantenimiento básico a realizar en base a la situación de máquina que haya encontrado.

Un factor influyente para la decisión de la empresa a la hora de escoger el número de visitas a contratar para que un técnico de la empresa fabricante realice tareas de mantenimiento preventivo especializado es el ambiente de trabajo donde se ubicará la máquina. La empresa, como se ha indicado, se dedica al envasado de aceitunas; que, entre los ingredientes de sus productos se encuentra la salmuera. La salmuera es una mezcla de agua y sal que se puede combinar en diferentes proporciones según la receta de la referencia de producto a envasar. Este ingrediente es elaborado en la misma fábrica para después almacenarlo en depósitos industriales desde donde se alimentará a la máquina de dosificado de salmura. El dosificado de la salmuera se lleva a cabo en la misma sala donde se ubicaría la máquina envolvente, provocando en toda la sala un ambiente de húmedo y con alto grado de salinidad que afecta a la mecánica de las máquinas llegando a oxidar y corroer piezas si no se realiza un mantenimiento de forma adecuada. Es por este motivo que la empresa decidiría contratar dos visitas anuales para realizar un mantenimiento preventivo especializado por técnico de la empresa fabricante. En la primera visita, el técnico ya sería capaz de detectar si se están realizando correctamente las tareas de mantenimiento básicas y podría dar instrucciones para hacer otras tareas que ayuden a la empresa prolongar la vida útil de la máquina teniendo en cuenta su ambiente de trabajo. Las tareas de mantenimiento básicas son aquellas que se deben realizar sin tener un conocimiento profundo de la máquina, como son la limpieza superficial con los productos aconsejados por el manual de la máquina y uso correcto de sus funcionalidades para las que está diseñada, que es envolver los palets que fábrica la empresa.

A estos costes por contrato de mantenimiento se le debe añadir:

- Coste anual de insumos para operaciones de mantenimiento ordinarias: 250 €. Este coste se basa en los datos que tiene la empresa según los presupuestos de años anteriores en materiales como elementos de limpieza y lubricantes para la máquina actual durante sus primeros años de vida.
- Coste de piezas de repuestos. En este punto se considera el coste de reposición de los recambios aconsejados por el fabricante del equipo igual al valor detallado en el resumen de oferta. Esto supone una cantidad de 1.500 €. Esta cantidad se asigna para el año 3, ya que la garantía finaliza en el mes 24 y es cuando se estima que se podrían consumir dichos recambios debido a la cantidad de horas que sumaría la máquina en tal periodo.

A continuación, se resume con la ayuda de la Tabla 9 los costes de mantenimiento a tener en cuenta en el escenario de incorporar una nueva máquina envolvente. La tabla está dividida en los cuatro años que se han establecido como periodo para conseguir un retorno de la inversión. A su vez, los costes se separan en Coste Visita técnica, Coste insumos ordinarios y Coste material repuestos; sumando así un total anual durante los cuatro años.

Año	Coste Visita técnico (mantenimiento preventivo)	Coste insumos ordinarios	Coste material repuestos	Total
1	4.500 €	250 €	0 €	4.750 €
2	4.500 €	250 €	0 €	4.750 €
3	4.500 €	250 €	1.500 €	6.250 €
4	4.500 €	250 €	0 €	4.750 €
			Total	20.500 €

Tabla 9. Resumen costes mantenimiento escenario máquina nueva. Elaboración propia.

4.2.2.2 Escenario actual

En este apartado se va a analizar los costes de mantenimiento para el caso de no realizar la inversión. Esto significa que se van a definir los costes mantenimiento asociados a la máquina actual. La empresa, actualmente no cuenta con ningún contrato de mantenimiento proporcionado por el fabricante de la máquina en vigencia. La máquina actual cuenta con 20 años de vida; y es normal dejar de renovar este tipo de contratos una vez pasados tres años del fin de la garantía de la máquina. La garantía de la máquina actual venció hace 18 años. En este punto de la vida de la máquina, los fabricantes ofertan contratos muy costosos ya que es probable que aparezcan problemas más frecuentemente en la máquina y los costes de reparaciones sean cada vez más elevados. Además, la empresa cuenta con un departamento de mantenimiento propio, cuyos trabajadores están preparados para realizar las tareas de mantenimiento necesarias. Con el paso del tiempo conocen en profundidad todos los elementos de la máquina y cuentan con la formación que recibieron durante las diferentes intervenciones que hicieron los técnicos del fabricante en el pasado.

En esta situación, sumarán en el coste total de mantenimiento los gastos asociados a paradas de mantenimiento preventivo y paradas por averías; además de los costes de insumos ordinarios y costes de materiales de repuestos como en la situación de inversión.

Los tiempos de paradas para mantenimiento por averías son imprevisibles, pero se deben considerar en el análisis. En ambas situaciones (compra de envolvente y mantener la misma) se tienen en consideración tiempos de paradas programadas para realizar tareas de mantenimiento preventivo, pero debido a la antigüedad de la máquina en el escenario de mantener la misma máquina, estas tareas deberán tener lugar más a menudo; serán más costosas y además es más probable que aparezcan averías inesperadas que incurrirán en un coste adicional.

Como se ha indicado anteriormente, se debe hacer una hipótesis para calcular el tiempo de paradas por averías. Según la experiencia de la empresa, en este análisis se va a incluir el coste de 4 paradas programadas para realizar tareas de mantenimiento preventivo cada año y 2 paradas no esperadas provocadas por averías durante los cuatro años de estudio. En el escenario anterior también se programan paradas de mantenimiento preventivo a parte de las visitas del técnico del fabricante, pero estas 6 paradas se consideran adicionales y por tanto deben sumar en el análisis del presente escenario. Son las que hacen la diferencia entre los dos escenarios de estudio. En ambos casos, se imputarán un coste laboral achacado al tiempo de las personas involucradas en las tareas, así como un coste de no fabricación asociado a los productos que se podrían haber acabado en los tiempos de parada adicionales a los estipulados en el escenario de inversión. Este último coste se analizará con mayor profundidad en un apartado más adelante.

Para las paradas programadas estarían implicadas a las siguientes personas de la empresa:

- **Encargado de mantenimiento:** responsable de programar las paradas de mantenimiento dentro del horario laboral; definir y detallar las tareas a realizar en cada parada; asignar a las personas para la realización de dichas tareas; supervisar la correcta realización de las tareas asignadas y elaborar un informe de la situación.
- **Oficial de mantenimiento:** responsable de la correcta realización de las tareas encomendadas y ayuda en las tareas de gestión. Es una persona técnica y conocedora de la máquina, del despiece, del funcionamiento y los elementos expuestos a desgaste.
- **Peón de mantenimiento:** ayudante para la realización de las tareas de mantenimiento.

En la Tabla 10 se realiza el cálculo de coste laboral para una revisión de mantenimiento preventivo. El número de involucrados de cada rango de trabajador y el tiempo dedicado es el suficiente para realizar un mantenimiento preventivo de la máquina envolvente actual según el registro de datos de la empresa. Son cifras medias, ya que cada intervención es diferente y no siempre las realizan las mismas personas, pero sí personas del mismo tipo de rango.

Trabajador	Involucrados	Salario (€/hora)	Tiempo dedicado (horas)	Coste (€)
Encargado de mantenimiento	1	17,79	1	17,79
Oficial de mantenimiento	1	12,34	1,5	18,51
Peón de mantenimiento	1	8,86	1,5	13,29
			Total	49,59 €

Tabla 10. Coste laboral mantenimiento. Elaboración propia.

Como se ha indicado anteriormente, se asume que serán cuatro las paradas programadas las que suman como coste en este escenario. El tiempo dedicado se estima del registro de la hoja de tareas de mantenimiento de la empresa, en la que se describe la tarea realizada por cada persona implicada y el tiempo en el que la ha realizado. Los tiempos varían dependiendo del tipo de tarea y la persona que la realiza, haciendo la estimación que aparece en la Tabla 11. Entonces, el cálculo del coste anual de mantenimiento preventivo adicional que representaría el escenario de continuidad de la máquina actual es el resumido en la Tabla 11.

- Coste 1 revisión mantenimiento preventivo programada = Total Coste calculado en Tabla 10.
- Nº total de revisiones = 4 (estipuladas)
- Total €/año = Coste 1 revisión mantenimiento preventivo programada * Nº total de revisiones.

Coste intervenciones de mantenimiento preventivo adicional	
Coste 1 revisión mantenimiento preventivo programada	49,59 €
Nº total de revisiones	4
Total €/año	198,36 €

Tabla 11. Coste intervenciones de mantenimiento preventivo adicional. Elaboración propia.

Para la definición de los costes salariales se ha revisado la tabla del 2023 del convenio colectivo correspondiente al sector de conservas (Asesoría Jurídica Laboral, 2022), usando el siguiente criterio:

- Encargado de mantenimiento = Con título superior perteneciente al grupo de personal técnico.
- Oficial de mantenimiento = Oficial de primera perteneciente al grupo de personal administrativo y de mecanización.
- Peón de mantenimiento = Peón perteneciente al grupo de oficios varios.

Siguiendo con el análisis de costes de mantenimiento, se aplican los mismos pasos para el cálculo del coste de una parada no esperada causada por avería reflejada en la Tabla 12. No se incluye en este punto el coste de materiales de repuestos porque se tendrán en cuenta más adelante.

Trabajador	Involucrados	Salario (€/hora)	Tiempo dedicado (horas)	Coste (€)
Encargado de mantenimiento	1	17,79	2	35,58
Oficial de mantenimiento	1	12,34	3,5	43,19
Peón de mantenimiento	2	8,86	5	88,6
			Total	167,37 €

Tabla 12. Coste por avería. Elaboración propia.

Como se ha indicado anteriormente, se asume que habrá 2 averías en 4 años. Se imputan de forma aleatoria a los años 2 y 4 por ser paradas no esperadas y causadas por accidente. El tiempo dedicado por cada tipo de trabajador es una estimación en base a los registros de que tiene la empresa cuando sucede una avería en la máquina envolvente, en el que se anota cuál ha sido la avería, la raíz si se conoce en ese momento y el tiempo en el que se ha resuelto. En el tiempo se especifica el tiempo de cada persona que interviene en la avería. Cada avería es distinta y sucede en diferentes momentos. Depende del equipo de trabajo y el tipo de avería la cantidad de tiempo registrado.

En la Tabla 13 se añade el total de 167,37 € a los años mencionados.

Como se hizo en el escenario anterior, a estos costes se deben añadir los siguientes:

- Coste anual de insumos para operaciones de mantenimiento ordinarias: 1.200 €. Este coste se basa en los datos que tiene la empresa según los presupuestos de años anteriores en materiales como elementos de limpieza y lubricantes para la máquina actual durante los últimos años. Cada año el presupuesto crece debido al estado de empeoramiento y desgaste que sufre la máquina.
- Coste de piezas de repuestos. En este punto se consideran costes de repuestos involucrados en el total de las revisiones: 3.500 €. Esta cifra se reparte en los 4 años de estudio (875 €/año) porque al asumir cuatro paradas adicionales programadas, deben ser repartidos los costes de repuestos entre las cuatro paradas; asumiendo a su vez que dichas paradas serían una por año. Además, durante los años 2 y 4 se suma un coste de repuestos por avería de 3.500 €. Estas cifras son basadas en el registro de la empresa de las partidas asociadas a diferentes averías, tanto de la máquina en estudio como de otras máquinas con las que comparten elementos y componentes iguales y similares.

La Tabla 13 refleja a modo de resumen el coste de mantenimiento del escenario de no inversión. En ella se indica por cada año el coste en intervenciones de mantenimiento preventivo adicionales al escenario contrario, el coste de intervenciones por averías, el coste de insumos ordinarios y el coste de los materiales de repuestos. Por último, se suman todos estos costes de años en año; y luego un coste total para los cuatro años que dura el estudio.

Año	Coste intervenciones mantenimiento preventivo	Coste intervenciones por averías	Coste insumos ordinarios	Coste material repuestos	Total
1	198,36 €	0 €	1.200 €	875 €	2.273,36 €
2	198,36 €	167,37 €	1.200 €	4.375 €	5.940,73 €
3	198,26 €	0 €	1.200 €	875 €	2.273,36 €
4	198,36 €	167,37 €	1.200 €	4.375 €	5.940,73 €
				Total	16.428,18 €

Tabla 13. Resumen costes mantenimiento escenario máquina actual. Elaboración propia

4.2.2.3 Comparativo escenarios

En este apartado se presenta la comparativa entre los costes de mantenimiento de forma visual y resumida. En la Tabla 14 se muestra la diferencia total de cada uno de los costes que suman al total de los costes de mantenimiento tal y como se ha analizado en los apartados anteriores para ambos escenarios. Además, se calcula también la diferencia del total de los costes de mantenimiento para cada año de estudio, así como la diferencia global que abarca el total de la temporalidad del estudio.

Se observa que la diferencia entre los costes de intervenciones de mantenimiento preventivo y averías para la suma de los cuatro años es de 16.871,82 €, a favor de la situación actual. Sin embargo, para los costes de insumos ordinarios y materiales de repuestos, las diferencias son de 3.800 € y 9.000 € respectivamente, pero a favor de la situación de inversión.

Si se hace el análisis año a año con el total de todos los costes individualizados, se observa que en los años 1 y 3 la diferencia es a favor de la situación actual; y en los años 2 y 4 las diferencia es favorable a la situación de inversión.

En conjunto global, por ambos análisis: diferencia total año a año y diferencia total de costes individualizados; se concluye que, para los costes de mantenimiento, se genera una situación favorable cuantificada en 4.701,82 € para el escenario de seguir trabajando con la máquina actual.

Comparativo Costes Mantenimiento	Coste intervenciones mantenimiento preventivo + averías		Coste insumos ordinarios		Coste material repuestos		Total		Diferencia
	Situación Actual	Situación Inversión	Situación Actual	Situación Inversión	Situación Actual	Situación Inversión	Situación Actual	Situación Inversión	
AÑO									
1	198,36 €	4.500 €	1.200 €	250 €	875 €	0 €	2.273,36 €	4.750 €	-2.476,64 €
2	365,73 €	4.500 €	1.200 €	250 €	4.375 €	0 €	5.940,73 €	4.750 €	+1.190,73 €
3	198,36 €	4.500 €	1.200 €	250 €	875 €	1.500 €	2.273,36 €	6.250 €	-3.976,64 €
4	365,73 €	4.500 €	1.200 €	250 €	4.375 €	0 €	5.940,73 €	4.750 €	+1.190,73 €
Total	1.128,18 €	18.000 €	4.800 €	1.000 €	10.500 €	1.500 €	16.428,18 €	20.500 €	-4.071,82 €
Diferencia	-16.871,82 €		+3.800 €		+9.000 €		-4.071,82 €		

Tabla 14. Comparativo costes mantenimiento de ambos escenarios. Elaboración propia.

4.2.3 Costes Operativos

En este apartado se realizará un análisis de costes asociados a las operaciones de la propia máquina para los escenarios de compra y de continuidad de la máquina envolvente actual.

Entrarán en el análisis el coste de funcionamiento, así como el coste de personal para que la producción siga su curso con normalidad.

4.2.3.1 Escenario de compra

El coste operativo es desglosado en coste energético más el coste humano del siguiente modo para la situación de inversión. Por un lado, se calcula el coste energético de manera aproximada ya que no se puede predecir el coste de la energía en el futuro. Para ello, en primer lugar, se debe conocer la potencia de la máquina. En el caso de la máquina seleccionada, se tiene una potencia nominal de 4,5 KW.

En segundo lugar, se calcula el tiempo total que está la máquina en funcionamiento. Para ello, se toma de referencia la previsión de la demanda anual que tiene contemplada la empresa para los próximos cuatro años. Esto es 5.000.000 kg de aceitunas o 15.000.000 de tarros. Para hacer el cálculo de número de horas de trabajo de la máquina, se ha tomado el dato de capacidad en tarros anuales, y se han distribuido entre los diferentes formatos según los porcentajes a fabricar en base al estudio de la previsión de la demanda media para cada formato de presentación que tiene registrada la empresa de los años anteriores.

A continuación, se debe estimar el tiempo de trabajo real de la máquina envolvente para el cálculo del coste energético. Este tiempo es distinto del tiempo de producción. La máquina se mantendrá conectada a la red eléctrica durante la jornada laboral, pero el consumo de energía es despreciable en comparación al consumo cuando la máquina se encuentra realizando el proceso de envoltura. Se define como tiempo de producción al tiempo total de la jornada laboral. En esta empresa, el tiempo de producción anual sería de 2.976 horas, según se describe en la Tabla 15. Esta tabla se divide por periodos de fabricación: de enero a marzo, de abril a junio, de julio a septiembre y de octubre a diciembre. En cada periodo se determina la cantidad de turnos de producción de 8 horas que se trabajan al día. Los datos han sido tomados sobre el año 2023. Se tiene que no es un año bisiesto, por lo que el año cuenta con 365 días. Hay 52 sábados y 53 domingos que deben ser eliminados de la suma ya que no se trabaja en fines de semana. Quedan 260 días tras esta resta. Ahora, se eliminan 12 días festivos fechados fuera de fin de semana y se obtienen 248 días hábiles en el año. Se puede aproximar que cada mes tiene 21 días hábiles menos febrero y diciembre que tienen 19 cada uno. Con esta información, se tiene que la suma de días hábiles en el periodo de enero a marzo es de 61 días, de abril a junio 63 días, de julio a septiembre 63 días y de octubre a diciembre 61 días.

Periodo	Total días del periodo	Cantidad horas producción por día	Total horas producción
Enero-Marzo	61	8	488
Abril-Junio	63	16	1.008
Julio-Septiembre	63	8	504
Octubre-Diciembre	61	16	976
		Total	2.976 h

Tabla 15. Tiempo de producción anual. Elaboración propia.

Por otro lado, el tiempo de trabajo real de la máquina es definido como el tiempo de ciclo de envoltura. Este tiempo es el que está comprendido entre el instante en el que un palet alcanza el transportador de mesa giratoria y el instante cuando ese mismo transportador queda totalmente libre. Cronometrando ese tiempo en un caso real con una máquina de mismas prestaciones que la que está en estudio, mismas dimensiones de palets y realizando 12 vueltas sobre la mesa giratoria; se obtiene un total de 78 segundos de tiempo de ciclo.

Para continuar con la explicación del cálculo del tiempo de funcionamiento anual de la máquina, se debe observar la Tabla 16. Partiendo de los datos aportados en las Tablas 1, 2, 3 y 4, se obtiene:

- **Formato:** son los nombres de los envases en los que la fábrica presenta sus aceitunas.
- **Agrupación:** es la distribución de filas y columnas en la que se agrupan los envases en una caja cerrada.
- **Nº de envases:** es la suma de envases que se encuentran por cada agrupación.
- **Tamaño de palet:** es la medida del palet de madera sobre el que se paletiza dicho formato para servir a los clientes. Esta empresa trabaja con dos medidas diferentes. Se expresa con Largo x Ancho en milímetros.
- **Cajas/capa:** es el número de cajas que recoge cada capa del palet a formar. Puede variar según el formato a producir, la agrupación en la que se formen y el tamaño del palet. Además, las cajas o packs tienen una disposición determinada en cada capa, formando un mosaico optimizado de tal manera que cubren la mayor superficie de palet posible y se fortalece su estabilidad.
- **Capas/palet:** es la cantidad de capas o alturas que conforman el palet en cuestión.
- **Uds/palet** = Nº de envases * Cajas/capa * Capas/palet. Es la cantidad de unidades del formato de envase que contiene el palet en cuestión.
- **% producción anual:** es el porcentaje resultado de la distribución del número de tarros de capacidad de envasado que tiene la empresa entre la demanda de cada formato, según datos de años anteriores.
- **Unidades por año** = % producción anual * 15.000.000. Es la cantidad de envases del formato en cuestión que envasa la empresa de estudio.
- **Palets por año** = Unidades por año / (uds/palet). Es la cantidad de palets en cuestión que fabrica la empresa de estudio.
- **Tiempo de ciclo envolvente (s):** 78 segundos. Es el dato generado en una prueba real en una empresa del sector que cuenta con la misma máquina que refleja la oferta de nueva máquina en este estudio. El tiempo comienza a contar desde que el palet llega al transportador de mesa giratoria hasta que ese mismo transportador queda totalmente libre para que pueda recibir el siguiente palet.
- **Tiempo uso envolvente (h)** = (Palets por año * Tiempo de ciclo envolvente (s)) / 3.600 segundos que tiene 1 hora. Es la cantidad de horas anuales que la máquina envolvente estará en uso y envolviendo palets.

PRODUCTOS	AGRUPACIÓN				PALET				PRODUCCIÓN ENVOLVEDORA				
	Formato	Agrupación			Nº de envases	Tamaño palet (mmXmm)	cajas/capa	capas/palet	uds/palet	% producción anual	unidades por año	palets por año	tiempo de ciclo envolvente (s)
8 ref	3	X	4	12	1200x800	13	12	1.872	3%	448.445	240	78	5
8 ref	3	X	4	12	1200x1000	17	12	2.448	6%	916.507	374	78	8
8 par	3	X	4	12	1200x800	19	7	1.596	2%	343.263	215	78	5
8 par	3	X	4	12	1200x1000	25	7	2.100	3%	400.182	191	78	4
12 ref	3	X	4	12	1200x800	18	6	1.296	5%	721.000	556	78	12
12 ref	3	X	4	12	1200x1000	24	6	1.728	3%	492.846	285	78	6
16 ref	3	X	4	12	1200x800	10	10	1.200	4%	593.900	495	78	11
16 ref	3	X	4	12	1200x1000	14	8	1.344	4%	602.296	448	78	10
barril 820	2	X	3	6	1200x800	14	6	504	7%	987.230	1.959	78	42
barril 820	2	X	3	6	1200x1000	20	6	720	4%	531.850	739	78	16
1/2 galon	2	X	3	6	1200x800	9	5	270	6%	859.540	3.183	78	69
1/2 galon	2	X	3	6	1200x1000	12	5	360	3%	473.671	1.316	78	29
a314	3	X	4	12	1200x800	14	12	2.016	5%	741.873	368	78	8
a314	3	X	4	12	1200x1000	19	13	2.964	2%	318.755	108	78	2
a300	3	X	4	12	1200x800	12	10	1.440	4%	583.062	405	78	9
a300	3	X	4	12	1200x1000	16	11	2.112	7%	1.122.821	532	78	12
1k	2	X	3	6	1200x800	12	11	792	1%	126.205	159	78	3
1k	2	X	3	6	1200x1000	16	12	1.152	2%	364.312	316	78	7
a1500	2	X	3	6	1200x800	14	6	504	5%	710.058	1.409	78	31
a1500	2	X	3	6	1200x1000	16	6	576	7%	1.026.744	1.783	78	39
a10	2	X	3	6	1200x800	5	8	240	5%	785.573	3.273	78	71
a10	2	X	3	6	1200x1000	7	7	294	6%	941.067	3.201	78	69
a15	1	X	3	3	1200x800	11	5	165	5%	740.906	4.490	78	97
a15	1	X	3	3	1200x1000	14	5	210	1%	167.895	799	78	17
								Total	100%	15.000.000	26.844		582

Tabla 16. Tiempo de uso envolvente nueva. Elaboración propia.

Una vez explicada la Tabla 16, fijese que la suma de la columna del tiempo de uso de la envolvedora hace un total de 582 horas. Este dato es coherente, ya que, si se divide el total de palets a envolver en un año entre este número de horas (26.844/582), se obtiene una velocidad teórica de 46 palets/hora. Hay que tener en cuenta que la velocidad ideal no es la velocidad real, ni tampoco la teórica. La velocidad teórica es la que se ha indicado en el apartado de descripción de los tipos de máquinas envolvedoras que existen en el mercado. En la fábrica de la empresa en estudio se tienen tiempos de espera entre palet y palet. Además, según especificaciones del fabricante con el que se está haciendo el estudio, la máquina ofertada llega a los 50 palets/hora, lo que significa que la máquina alcanzaría la velocidad necesaria para no ser el cuello de botella de la línea.

En términos de horas de trabajo, se tienen un total de 2.976 horas de producción, es decir, que si se le restan las 582 horas en las que está en marcha la máquina, quedarían un total de 2.394 horas en las que no se estaría usando la envolvedora cada año. Este número de horas se verá más adelante que es mayor que si se mantiene la máquina actual, precisamente porque será capaz de envolver la misma cantidad de palets en menor tiempo de uso. En ese tiempo que restante que se genera, se presenta la oportunidad de poder envolver más palets con la máquina nueva de los que se pueden envolver con la máquina actual. Es una oportunidad de procesar más trabajo, lo cual se puede traducir en mayor cantidad de producto terminado a ofrecer a clientes y, por consiguiente, mayores ingresos para la empresa. El resto de tiempo ocioso es debido a que en estos cálculos no se están metiendo en la ecuación los tiempos de parada de personal por descansos, tiempos de cambios de formato, tiempos de paradas por averías de máquinas, tiempos de paradas por mantenimientos, ...

Finalmente, recogiendo los datos anteriores y teniendo en cuenta que el coste medio de la luz en España durante el 2023 ha sido de 0,299 €/KWh (Fusión Ingeniería Eficiente, 2023), se puede calcular el coste energético del siguiente modo. Se muestra en la Tabla 17 el resultado de 783 € al año.

- €/KWh = precio en euros por Kilovatio hora medio según el cálculo realizado en el anterior artículo.
- KW = Potencia nominal de la máquina en kilovatios.
- Total €/año = €/KWh * KW * Horas de funcionamiento

COSTE ENERGÉTICO	
€/KWh	0,299
KW	4,5
Horas funcionamiento	582
Total €/año	783 €

Tabla 17. Coste energético anual escenario máquina nueva. Elaboración propia.

4.2.3.2 Escenario actual

En este apartado se calculará el coste energético para el escenario de no inversión. Siguiendo con el mismo procedimiento que el mostrado en el anterior apartado, se tiene que la máquina actual tiene una potencia nominal de 6,5 KW. En este escenario, el tiempo de ciclo de envoltura para las mismas 12 vueltas por palet, se mide en 102 segundos con la máquina actual de la empresa en estudio. Con este dato, se obtienen los valores de la Tabla 18.

PRODUCTOS		AGRUPACIÓN			PALET				PRODUCCIÓN ENVOLVEDORA				
Formato	Agrupación			Nº de envases	Tamaño palet (mmXmm)	cajas/capa	capas/palet	uds/palet	% producción anual	unidades por año	palets por año	tiempo de ciclo envolvente (s)	tiempo uso envolvente (h)
8 ref	3	X	4	12	1200x800	13	12	1.872	3%	448.445	240	102	7
8 ref	3	X	4	12	1200x1000	17	12	2.448	6%	916.507	374	102	11
8 par	3	X	4	12	1200x800	19	7	1.596	2%	343.263	215	102	6
8 par	3	X	4	12	1200x1000	25	7	2.100	3%	400.182	191	102	5
12 ref	3	X	4	12	1200x800	18	6	1.296	5%	721.000	556	102	16
12 ref	3	X	4	12	1200x1000	24	6	1.728	3%	492.846	285	102	8
16 ref	3	X	4	12	1200x800	10	10	1.200	4%	593.900	495	102	14
16 ref	3	X	4	12	1200x1000	14	8	1.344	4%	602.296	448	102	13
barril 820	2	X	3	6	1200x800	14	6	504	7%	987.230	1.959	102	55
barril 820	2	X	3	6	1200x1000	20	6	720	4%	531.850	739	102	21
1/2 galon	2	X	3	6	1200x800	9	5	270	6%	859.540	3.183	102	90
1/2 galon	2	X	3	6	1200x1000	12	5	360	3%	473.671	1.316	102	37
a314	3	X	4	12	1200x800	14	12	2.016	5%	741.873	368	102	10
a314	3	X	4	12	1200x1000	19	13	2.964	2%	318.755	108	102	3
a300	3	X	4	12	1200x800	12	10	1.440	4%	583.062	405	102	11
a300	3	X	4	12	1200x1000	16	11	2.112	7%	1.122.821	532	102	15
1k	2	X	3	6	1200x800	12	11	792	1%	126.205	159	102	5
1k	2	X	3	6	1200x1000	16	12	1.152	2%	364.312	316	102	9
a1500	2	X	3	6	1200x800	14	6	504	5%	710.058	1.409	102	40
a1500	2	X	3	6	1200x1000	16	6	576	7%	1.026.744	1.783	102	51
a10	2	X	3	6	1200x800	5	8	240	5%	785.573	3.273	102	93
a10	2	X	3	6	1200x1000	7	7	294	6%	941.067	3.201	102	91
a15	1	X	3	3	1200x800	11	5	165	5%	740.906	4.490	102	127
a15	1	X	3	3	1200x1000	14	5	210	1%	167.895	799	102	23
								Total	100%	15.000.000	26.844		761

Tabla 18. Tiempo de uso envolvente actual. Elaboración propia.

Como se había adelantado antes, ahora la suma anual de los tiempos de uso de la envolvente es de 761 horas en 1 año, lo cual son 179 horas más que en el escenario de compra de nueva máquina. Al igual que se calculó anteriormente, ahora son $2.976-761=2.215$ horas que la máquina está en desuso dentro de las horas totales de producción. Esto tiene dos implicaciones:

- **Ratio Mejora de Tiempo de Uso de la Envolvente =**

$$\frac{(\text{Tiempo Uso Envolvente (h) Escenario Actual} - \text{Tiempo Uso Envolvente (h) Escenario Inversión})}{\text{Tiempo Uso Envolvente (h) Escenario Actual}} =$$

$\frac{(761 - 582)}{582} = 30,7 \%$. Es la cantidad en términos porcentuales de la diferencia del tiempo uso de la máquina envolvente en ambos escenarios frente al tiempo de uso de la nueva máquina. Este es un resultado positivo para el escenario de compra ya que significa que se envolvería la misma cantidad de palets un 30,7 % más rápido. Esa cantidad de tiempo significa un ahorro energético ya que no cuenta en la suma de tiempo para el cálculo del coste energético.

- **Ratio de Mejora de Tiempo Disponible para Envolvente =** $\left(\left(\text{Total Tiempo de Producción} - \text{Tiempo Uso Envolvente (h) Escenario Inversión} \right) - \left(\text{Total Tiempo de Producción} - \text{Tiempo Uso Envolvente (h) Escenario Actual} \right) \right) / \left(\text{Total Tiempo de Producción} - \text{Tiempo Uso Envolvente (h) Escenario Actual} \right) = \frac{(2350 - 582) - (2350 - 761)}{(2350 - 761)} = 11,2 \%$.

Es la cantidad en términos porcentuales de la diferencia de tiempos ociosos generados en ambos escenarios respecto al tiempo ocioso generado con el uso de la máquina actual. Se traduce en que habría un 11,2 % más de tiempo ocioso en caso de incorporar una nueva máquina, que podría ser utilizado para envolver mayor cantidad de palets.

Si se hace el cálculo de dividir la suma total de palets a envolver entre el total de horas de uso de la máquina envolvente en el escenario actual ($26.844/761$), se llega a una velocidad teórica de 35

palets/hora. Volviendo hacia arriba, en la Tabla 4 se indica que la velocidad real de la envolvedora es de 20 palets/hora. Se llega a la conclusión que es un dato lógico porque, de nuevo, hay que indicar que en este cálculo de velocidad teórica no se están teniendo en cuenta los tiempos de espera entre palet y palet, los tiempos de parada de personal por descansos, tiempos de cambios de formato, tiempos de paradas por averías de máquinas, tiempos de paradas por mantenimientos, ...

La Tabla 19 de más abajo, recoge el coste anual energético en el escenario de la máquina actual.

- €/KWh = precio en euros por Kilovatio hora medio según el cálculo realizado en el anterior artículo.
- KW = Potencia nominal de la máquina en kilovatios.
- Total €/año = €/KWh * KW * Horas de funcionamiento.

COSTE ENERGÉTICO	
€/KWh	0,299
KW	6,5
Horas funcionamiento	761
Total €/año	1.479

Tabla 19. Coste energético anual escenario máquina actual. Elaboración propia.

4.2.3.3 Comparativo escenarios

En este apartado se comparan los resultados obtenidos en ambos escenarios de estudio de forma análoga a lo realizado para los costes de mantenimiento y operativos. Como se observa en la siguiente Tabla (Tabla 20) el escenario de compra de nueva máquina tiene un menor coste en todas las anualidades. Esta diferencia supone un importe de 696 € anuales.

En la comparativa global de la suma de los 4 años, la diferencia asciende a 2.784 € en favor del escenario indicado.

Comparativo Costes Operativos	Coste Energético		Total		Diferencia
	Situación Actual	Situación Inversión	Situación Actual	Situación Inversión	
AÑO					
1	1.479 €	783 €	1.479 €	783 €	696 €
2	1.479 €	783 €	1.479 €	783 €	696 €
3	1.479 €	783 €	1.479 €	783 €	696 €
4	1.479 €	783 €	1.479 €	783 €	696 €
Total	5.916 €	3.132 €	5.916 €	3.132 €	2.784 €
Diferencia	2.784 €		2.784 €		

Tabla 20. Comparativo de costes operativos ambos escenarios. Elaboración propia.

Tal y como se ha definido al inicio de este apartado, los costes operativos engloban los costes de funcionamiento y los costes de personal. En relación al coste de funcionamiento se ha estimado y comparado el coste energético en ambos escenarios.

En relación al coste de personal, en ambos escenarios sería necesario el mismo personal. Debido a esto no existe ningún incremento o decremento en dicho coste, por lo que resulta innecesario su cálculo para la toma de la decisión. La empresa necesitaría los mismos recursos humanos en ambos escenarios para atender a la máquina y garantizar un correcto funcionamiento del proceso de envoltura, ya que se estaría renovando una máquina automática de plato giratorio por un modelo modernizado y adaptado a las tecnologías actuales.

Un ejemplo en el que el coste humano tomaría relevancia a la hora de tomar una decisión de inversión, sería la situación de reemplazar de una máquina semiautomática por una máquina automática. En este escenario, sería necesaria la presencia de un trabajador para operar el paletizador y un segundo para trasladar con una carretilla o transpaleta el palet que sale del paletizador hacia la máquina envolvente semiautomática. Además, también sería necesaria su presencia para realizar todas las tareas descritas en el apartado de máquinas semiautomáticas y garantizar que el palet queda envuelto de forma correcta. Por último, un tercer trabajador sería encargado de llevar el palet terminado a la ubicación de almacén que corresponda. Debido a que la tarea de envoltura conlleva mucho tiempo, lo habitual en estos escenarios es que existan al menos dos trabajadores encargados de realizar dichas tareas de forma compartida para evitar que el paletizador se pare por no poder proseguir debido a que el transportador de salida esté ocupado por un palet que no haya sido recogido.

Debido al motivo expuesto, si se invierte en una máquina envolvente automática en una situación donde se trabaja con una semi-manual, las empresas se encuentran con que sería suficiente contar con un solo trabajador encargado de operar las máquinas de paletizado y envoltura y otro para recoger y ubicar en el almacén los palets terminados.

Cada empresa es diferente y cada una sigue procesos distintos, por lo que habría que estudiar caso por caso y analizar si realmente sería factible no disponer de algún recurso humano sin empeorar el rendimiento de la línea de producción. De ser factible dejar de consumir un recurso humano, habría que calcular el coste que conlleva esa persona anualmente y presentar la diferencia de coste anual en este apartado.

4.2.4 Costes de Oportunidad

Los costes de oportunidad son el coste que suponen no haber realizado una inversión. Se puede decir que es el dinero que se deja de ingresar al no haber acometido una inversión en concreto.

En este estudio se van a analizar dos costes asociados a la oportunidad que estaría rechazando la empresa si no hiciera el esfuerzo de invertir en la adquisición de una nueva máquina envolvente de palets. Estos dos costes de oportunidad serán definidos como:

- Coste de oportunidad por no fabricación
- Coste de oportunidad por aprovechamiento de tiempo ocioso

4.2.4.1 Coste Oportunidad por No Fabricación

El coste de oportunidad por no fabricación es definido por la empresa como el dinero asociado a no poder fabricar durante los tiempos de parada adicionales que se generarían en el escenario de mantener la máquina actual. Cuando se hace mención a adicionales, quiere decir que en el escenario de compra de nueva máquina se hacen paradas por mantenimiento, pero en el caso de mantener la misma máquina de la actualidad, se incurrirán en tiempos de mantenimiento y/o reparaciones mayores a los estipulados en el escenario de inversión; por tanto, esa diferencia de tiempo por encima del tiempo destinado en el escenario de inversión se considera tiempo adicional.

En la explicación del desglose de los costes de mantenimiento, se presupuestó que, en el escenario de no inversión iban a sumar dos paradas no esperadas por averías. Ahora, en este punto del proyecto, se estipula que, de las cuatro paradas presupuestadas en el escenario de no inversión para mantenimiento preventivo, dos de ellas se consideran como tiempo de parada adicional al tiempo de mantenimiento preventivo estipulado en el escenario de inversión. Por tanto, estos tiempos de parada conllevan un coste por no estar produciendo que no se generaría en el caso de invertir en una nueva máquina. En el caso de escenario de compra de nuevo equipo, en ese tiempo se estaría produciendo con normalidad en la línea, lo cual se traduce en una diferencia de cantidad total de productos fabricados en un año.

Lo expuesto en el párrafo anterior refleja un coste de oportunidad en caso de escoger la opción de continuar sin hacer la inversión en una nueva máquina. Sería muy complicado calcular este coste con exactitud, por ello se realiza un cálculo aproximado que será suficiente e ilustrativo para este estudio. Para poder hacerlo con exactitud, se deberían conocer los datos que se van a usar más adelante de forma precisa para llevar a cabo el cálculo con mayor cercanía a la realidad. En cualquier caso, el tiempo de parada, siempre será un dato estimado, ya que no se puede conocer el futuro.

En la estimación del cálculo, primero, se calcula el peso neto escurrido medio según las fichas logísticas (véase Anexo 1). Para ello, se tiene en cuenta la tipología de las presentaciones habituales en el envasado de aceitunas (aceituna entera, rellena, deshuesada, en rodajas). Se agrupan estas tipologías en dos grupos según la similitud de sus pesos escurridos dentro de los envases que se están tomando de referencia:

En un primer grupo se encuentran las aceitunas enteras y rellenas, y un segundo grupo que está formado por aceitunas deshuesadas y en rodajas. Con esta información, se comienza a construir la Tabla 21.

Posteriormente, se debe fijar un margen medio comercial de cada referencia para poder atribuir un coste a lo que se ha dejado de producir durante los tiempos de parada. Este es un punto crítico. Como ya se ha mencionado en alguna ocasión durante el texto, cada empresa es única y lleva a cabo una estrategia y política comercial diferente según el proyecto, mercado y cliente. Además, se tiene que tener en cuenta que en cada referencia o formato de envase se pueden envasar diferentes referencias de productos: diferente variedad de aceituna y diferente procesado con diferentes costes de producción. En este estudio, a modo de simplificar, se va a estimar un margen medio para cada referencia o formato de envase para calcular con él el valor de la producción que se podría haber procesado de no tener que hacer 2 operaciones de arreglo por avería. Como orientación para escoger un margen comercial, se toma como referencia el estudio de la Junta de Andalucía (Junta de Andalucía, 2010) en el que se indica que el margen de las empresas entamadoras-avasadoras es de:

- 0,20 €/kg para la aceituna variedad manzanilla, verde y rellena de anchoa.
- 0,25 €/kg para la aceituna variedad hojiblanca, negra oxidada y con hueso.

Una vez consultados los datos aportados por el estudio de La Junta de Andalucía, el margen medio a usar en el cálculo del coste de oportunidad por no fabricación es de 0,23 €/kg. Luego, para calcular el margen que se atribuye a cada tipo de envase, véase la Tabla 21.

En la Tabla 21 aparece de forma visual y resumida cómo se llega hasta el cálculo del margen comercial de cada formato que envasa la empresa del estudio. A continuación, se describe cada ítem de la tabla:

- **Formato:** son los nombres de los envases en los que la fábrica presenta sus aceitunas.
- **Peso neto escurrido enteras o rellenas (g):** es el peso neto escurrido medio medido en gramos, resultante de los pesos indicados en la ficha logística para las aceitunas enteras y rellenas en el formato en cuestión. Véase Anexo 1.
- **Peso neto escurrido deshuesadas o en rodajas (g):** es el peso neto escurrido medio medido en gramos, resultante de los pesos indicados en la ficha logística para las aceitunas deshuesadas y en rodajas en el formato en cuestión.
- **Peso neto escurrido medio (g) =**
$$\frac{\text{Peso neto escurrido enteras o rellenas (g)} + \text{Peso neto escurrido deshuesadas o en rodajas (g)}}{2}$$
. Es el peso neto

escurrido medio medido en gramos, resultante de la media aritmética de los pesos medios de los dos grupos en estudio: enteras-rellenas y deshuedas-rodajas.

- **Agrupación:** es la distribución de filas y columnas en la que se agrupan los envases en una caja cerrada.
- **Nº de envases:** es la suma de envases que se encuentran por cada agrupación.
- **Tamaño de palet:** es la medida del palet de madera sobre el que se paletiza dicho formato para servir a los clientes. Esta empresa trabaja con dos medidas diferentes. Se expresa con LargoxAncho en milímetros.
- **Cajas/capa:** es el número de cajas que recoge cada capa del palet a formar. Puede variar según el formato a producir, la agrupación en la que se formen y el tamaño del palet. Además, las cajas o packs tienen una disposición determinada en cada capa, formando un mosaico optimizado de tal manera que cubren la mayor superficie de palet posible y se fortalece su estabilidad.
- **Capas/palet:** es la cantidad de capas o alturas que conforman el palet en cuestión.
- **Uds/palet** = N^o de envases * Cajas/capa * Capas/palet. Es la cantidad de unidades del formato de envase que contiene el palet en cuestión.
- **% producción anual:** es el porcentaje resultado de la distribución del número de tarros de capacidad de envasado que tiene la empresa entre la demanda de cada formato, según datos de años anteriores.
- **Unidades por año** = % producción anual * 15.000.000. Es la cantidad de envases del formato en cuestión que envasa la empresa de estudio.
- **Palets por año** = $\frac{\text{Unidades por año}}{\text{(uds/palet)}}$. Es la cantidad de palets en cuestión que fabrica la empresa de estudio.
- **Margen comercial medio aprox (€/kg):** es el margen comercial medido en €/kg resultante de los datos obtenidos del estudio de la Junta de Andalucía sobre el margen del grupo de aceitunas variedad manzanilla, verde y rellena de anchoa; y del grupo de aceitunas variedad hojiblanca, negra oxidada y con hueso.
- **Margen comercial medio aprox por unidad (€/ud)** = $\frac{\text{Peso neto escurrido medio (g)} * \text{margen comercial medio aprox (€/kg)}}{1.000 \text{ (g/kg)}}$. Es el margen comercial medio medido en €/ud de cada unidad del formato en cuestión.

PRODUCTOS				AGRUPACIÓN		PALET			PRODUCCIÓN ENVOLVEDORA			COMERCIAL		
Formato	Peso neto escurrido enteras o rellenas (g)	Peso neto escurrido deshuedadas o en rodajas (g)	Peso neto escurrido medio (g)	Agrupación	Nº de envases	Tamaño palet (mmXmm)	cajas/capa	capas/palet	uds/palet	% producción anual	unidades por año	palets por año	margen comercial medio aprox (€/kg)	margen comercial medio aprox por unidad (€/ud)
8 ref	142	113	128	3 X 4	12	1200x800	13	12	1.872	3%	448.445	240	0,23	0,03
8 ref	142	113	128	3 X 4	12	1200x1000	17	12	2.448	6%	916.507	374	0,23	0,03
8 par	142	110	126	3 X 4	12	1200x800	19	7	1.596	2%	343.263	215	0,23	0,03
8 par	142	110	126	3 X 4	12	1200x1000	25	7	2.100	3%	400.182	191	0,23	0,03
12 ref	198	163	181	3 X 4	12	1200x800	18	6	1.296	5%	721.000	556	0,23	0,04
12 ref	198	163	181	3 X 4	12	1200x1000	24	6	1.728	3%	492.846	285	0,23	0,04
16 ref	280	200	240	3 X 4	12	1200x800	10	10	1.200	4%	593.900	495	0,23	0,06
16 ref	280	200	240	3 X 4	12	1200x1000	14	8	1.344	4%	602.296	448	0,23	0,06
barril 820	500	400	450	2 X 3	6	1200x800	14	6	504	7%	987.230	1.959	0,23	0,10
barril 820	500	400	450	2 X 3	6	1200x1000	20	6	720	4%	531.850	739	0,23	0,10
1/2 galon	1.200	930	1.065	2 X 3	6	1200x800	9	5	270	6%	859.540	3.183	0,23	0,24
1/2 galon	1.200	930	1.065	2 X 3	6	1200x1000	12	5	360	3%	473.671	1.316	0,23	0,24
a314	145	130	138	3 X 4	12	1200x800	14	12	2.016	5%	741.873	368	0,23	0,03
a314	145	130	138	3 X 4	12	1200x1000	19	13	2.964	2%	318.755	108	0,23	0,03
a300	220	178	199	3 X 4	12	1200x800	12	10	1.440	4%	583.062	405	0,23	0,05
a300	220	178	199	3 X 4	12	1200x1000	16	11	2.112	7%	1.122.821	532	0,23	0,05
1k	473	365	419	2 X 3	6	1200x800	12	11	792	1%	126.205	159	0,23	0,10
1k	473	365	419	2 X 3	6	1200x1000	16	12	1.152	2%	364.312	316	0,23	0,10
a1500	650	600	625	2 X 3	6	1200x800	14	6	504	5%	710.058	1.409	0,23	0,14
a1500	650	600	625	2 X 3	6	1200x1000	16	6	576	7%	1.026.744	1.783	0,23	0,14
a10	1.850	1.503	1.677	2 X 3	6	1200x800	5	8	240	5%	785.573	3.273	0,23	0,39
a10	1.850	1.503	1.677	2 X 3	6	1200x1000	7	7	294	6%	941.067	3.201	0,23	0,39
a15	2.250	2.000	2.125	1 X 3	3	1200x800	11	5	165	5%	740.906	4.490	0,23	0,49
a15	2.250	2.000	2.125	1 X 3	3	1200x1000	14	5	210	1%	167.895	799	0,23	0,49
Total										100%	15.000.000	26.844		

Tabla 21. Margen comercial. Elaboración propia.

Una vez explicada la Tabla 21, hay que calcular el total de envases que la empresa dejaría de producir durante el tiempo que agotarían las paradas inesperadas por averías junto con las dos paradas adicionales de mantenimiento preventivo, y así calcular la cantidad de dinero que la empresa estaría dejando de obtener en el escenario de mantener la situación actual. En el caso de tener la producción planificada para todo el año y conocer en qué fecha se fijarían estas paradas, sería fácil calcular exactamente el valor de este coste de oportunidad.

En el caso de este estudio, se acude a un cálculo medio para poder avanzar y establecer un coste de oportunidad que después será analizado en el conjunto del proyecto. Para ello, se definen los siguientes parámetros que concluyen con la Tabla 22, en la que se refleja el total del coste de oportunidad por no fabricación de forma anual:

- **Margen medio Total (€/unidad)** = $\frac{\text{Suma de Margen comercial medio aprox por unidad (€/ud)}}{\text{Número de referencias}}$.
- **Velocidad media de llenado (unidades/hora)** = $\frac{\text{Velocidad llenado máxima real (envases/hora)}}{\text{Número de referencias}}$.
- **Total tiempo de mantenimiento adicional anual (h)** = Tiempo máximo de la columna de Tiempo Dedicado de la Tabla 11 * 2 intervenciones de mantenimiento preventivo adicional + Tiempo máximo de la columna de tiempo dedicado de la Tabla 13 * 2 intervenciones por avería / 4 años vista.
- **Total coste de oportunidad de no fabricación anual** = Margen medio Total (€/unidad) * Velocidad media de llenado (unidades/hora) * Total tiempo de mantenimiento preventivo adicional anual (h).

Coste de Oportunidad por No Fabricación	
Margen medio Total (€/unidad)	0,14
Velocidad media de llenado (unidades/hora)	21.358
Total tiempo de mantenimiento preventivo adicional anual (h)	5,5
Total coste de oportunidad de no fabricación anual	16.594,86 €

Tabla 22. Coste de oportunidad por no fabricación. Elaboración propia.

4.2.4.2 Coste de Oportunidad por Aprovechamiento de Tiempo Ocioso

El coste de oportunidad por aprovechamiento de tiempo ocioso es definido por la empresa como la cantidad de dinero asociada a la cantidad de palets que podrían envolver en la diferencia de tiempo restante entre los tiempos de ciclos de la máquina envolvente actual y el de la nueva máquina envolvente. Al tener un menor tiempo de ciclo la nueva envolvente, si se trabajara la misma cantidad de horas anuales, en el escenario de inversión se podría procesar mayor cantidad de productos; por tanto, se incurre en un coste de oportunidad por aprovechamiento de tiempo ocioso si se decide continuar con la máquina actual. Para poder calcular este coste, se debe aceptar la hipótesis de que la empresa vendería la totalidad de los productos que se pudieran procesar con la máquina nueva durante las mismas horas de trabajo que produce a día de hoy la máquina actual.

Expuesto de otra forma, en el escenario de compra de máquina nueva, se genera la oportunidad de procesar una mayor cantidad de productos en el mismo tiempo; y, por tanto, una herramienta para que el equipo comercial de la empresa pueda ofrecer mayor cantidad de productos a los clientes sin tener que aumentar el número de horas trabajadas en fábrica.

Para hacer este cálculo, véase las Tablas 23 y 24 de más abajo, seguida de la siguiente explicación. Primero se rescatan los datos de velocidad de la parte de la envolvedora actual recogidos de las Tablas 1, 2, 3 y 4. Recordando que se tienen tres velocidades:

- La velocidad a la que la envolvedora debería funcionar si toda la línea estuviera sincronizada y no hubieran paradas por ningún motivo. Es la velocidad que está relacionada directamente con la velocidad de la llenadora, agrupadora y paletizado; por lo tanto, asegura que habría capacidad para poder abastecer a la envolvedora nueva y que existiría la oportunidad de producir por aprovechamiento de tiempo ocioso.
- La velocidad ideal a la que la máquina debería ser capaz de envolver para cumplir con el principio de sobredimensionamiento y poder procesar los palets acumulados según se explicó en el apartado de Análisis de la Situación Actual.
- La velocidad real a la que la envolvedora está trabajando actualmente.

A esta situación se añade la columna de velocidad real a la que procesaría palets la máquina envolvedora nueva. Observando las Tablas 23 y 24; y recordando los tiempos de ciclo de ambas máquinas que aparecen en las Tablas 16 y 18; la velocidad real en ambos casos (20 palets/horas para la máquina actual y 31 palets/hora para la máquina nueva) no coincide con la cantidad de tiempo de ciclos de envoltura que caben en una hora:

- Caso máquina actual: $\frac{3600 \text{ segundos}}{102 \text{ segundos de ciclo de envoltura}} = 35 \text{ ciclos de envoltura o palets/hora} \neq 20 \text{ palets/hora}$ que aparece en la Tabla 24 como velocidad real.
- Caso máquina nueva: $\frac{3600 \text{ segundos}}{78 \text{ segundo de ciclo de envoltura}} = 46 \text{ ciclos de envoltura o palets/hora} \neq 31 \text{ palets/hora}$ que aparece en la Tabla 24 como velocidad real.

Esta desigualdad es lógica porque, como se ha definido con anterioridad, el tiempo de ciclo de envoltura es medido desde que el palet llega a la mesa de giro y comienza a envolverse hasta el instante que la mesa de giro queda completamente vacía y liberada para que pueda avanzar el siguiente palet al tramo de rodillos donde se envuelve el palet; mientras que para determinar la velocidad real en palets/hora, también hay que tener en cuenta el tiempo de transporte que sufre el palet desde que sale del paletizador hasta que llega a la zona de envoltura y el tiempo que espera el palet hasta que un operador lo recoge y deja un tramo libre para que el siguiente palet envuelto avance para dejar espacio y poder liberar la mesa de giro. Además de los tiempos de espera entre palet y palet, los tiempos de parada de personal por descansos, tiempos de cambios de formato, tiempos de paradas por averías de máquinas, tiempos de paradas por mantenimientos, ... Es por ello que la cantidad de palets/hora que se indica como la velocidad real es menor a la cantidad que sale al dividir 3.600 segundos entre el tiempo de ciclo de envoltura.

Después de este paréntesis, hay que recordar que las celdas marcadas en amarillo representan las filas de referencias en las que la empresa ha detectado que existe un margen de mejora. Son aquellas velocidades máximas reales que se quedan por debajo de las velocidades ideales para cada referencia de producto que fabrica o envasa.

Como siguiente paso, se añade la columna de Diferencia Velocidad y Velocidad actual real (palets/hora) para reflejar la cantidad de palets que la empresa no es capaz de envolver con la máquina actual cada hora. Por tanto, son las referencias en las que se incurriría este coste de oportunidad que se está analizando en el presente apartado son marcadas en verde.

A continuación, se calcula el total de horas ociosas o aprovechables al incorporar la nueva máquina. Este cálculo se ve reflejado en la columna de diferencia entre los tiempos de uso de cada envolvedora, datos que se recopilan de las Tablas 16 y 18.

Por último, se incluyen las columnas de palets y unidades de oportunidad. Los palets de oportunidad es la cantidad resultante de dividir Diferencia Velocidad y Velocidad actual real (palets/hora) entre Diferencia tiempo uso envolvedoras (h). Una vez resulta esa operación, se multiplica por las uds/palet para obtener las unidades de oportunidad. Esta es la cantidad de unidades que se podrían procesar de más sin tener que aumentar la cantidad de tiempo de trabajo en el escenario de que se incorporase la nueva máquina envolvedora en la línea productiva.

A continuación, se describen los conceptos que aparecen en tablas anteriores y se incluyen los demás que aparecen por primera vez en una tabla:

- **Formato:** son los nombres de los envases en los que la fábrica presenta sus aceitunas.
- **Agrupación:** es la distribución de filas y columnas en la que se agrupan los envases en una caja cerrada.
- **Nº de envases:** es la suma de envases que se encuentran por cada agrupación.
- **Tamaño de palet:** es la medida del palet de madera sobre el que se paletiza dicho formato para servir a los clientes. Esta empresa trabaja con dos medidas diferentes. Se expresa con LargoxAncho en milímetros.
- **Cajas/capa:** es el número de cajas que recoge cada capa del palet a formar. Puede variar según el formato a producir, la agrupación en la que se formen y el tamaño del palet. Además, las cajas o packs tienen una disposición determinada en cada capa, formando un mosaico optimizado de tal manera que cubren la mayor superficie de palet posible y se fortalece su estabilidad.
- **Capas/palet:** es la cantidad de capas o alturas que conforman el palet en cuestión.
- **Uds/palet** = Nº de envases * Cajas/capa * Capas/palet. Es la cantidad de unidades del formato de envase que contiene el palet en cuestión.
- **% producción anual:** es el porcentaje resultado de la distribución del número de tarros de capacidad de envasado que tiene la empresa entre la demanda de cada formato, según datos de años anteriores.
- **Unidades por año** = % producción anual * 15.000.000. Es la cantidad de envases del formato en cuestión que envasa la empresa de estudio.
- **Palets por año** = $\frac{\text{Unidades por año}}{(\text{uds/palet})}$. Es la cantidad de palets en cuestión que fabrica la empresa de estudio.
- **Velocidad ideal (palets/hora)** = Velocidad * Overspeed en las Tablas 1, 2, 3 y 4. Es la velocidad ideal que debería alcanzar la máquina envolvedora, resultante de sobredimensionar la velocidad de sincronización por el porcentaje de overspeed indicado. Se mide en palets por hora.
- **Velocidad ACTUAL real (palets/hora):** es la velocidad máxima que alcanza la máquina envolvedora ACTUAL en continuo. Se mide los palets que es capaz de procesar en una hora.
- **Velocidad NUEVA real (palets/hora):** es la velocidad máxima que alcanza la máquina envolvedora NUEVA en continuo. Se mide los palets que es capaz de procesar en una hora.
- **Diferencia Velocidad y ACTUAL real (palets/hora)** = Velocidad - Velocidad ACTUAL real.
- **Tiempo uso envolvedora ACTUAL (h)** = $\frac{\text{Palets por año} * \text{Tiempo de ciclo envolvedora (s)}}{\frac{3600 \text{ segundos}}{1 \text{ hora}}}$. Es la cantidad de horas anuales que la máquina envolvedora estará en uso y envolviendo palets. Calculado en la Tabla 18.
- **Tiempo uso envolvedora NUEVA (h)** = $\frac{\text{Palets por año} * \text{Tiempo de ciclo envolvedora (s)}}{\frac{3600 \text{ segundos}}{1 \text{ hora}}}$. Es la cantidad de horas anuales que la máquina envolvedora estará en uso y envolviendo palets. Calculado en la Tabla 16.
- **Diferencia tiempo uso envolvedoras (h)** = Tiempo uso envolvedora ACTUAL - Tiempo uso envolvedora NUEVA. Es la cantidad de tiempo anual medido en horas que se obtendría en el caso de incorporar una nueva máquina envolvedora. Es el resultado de restar ambos tiempos de uso para cada formato.

- **Palets de Oportunidad** = $\frac{\text{Diferencia Velocidad y ACTUAL real}}{\text{Diferencia tiempo uso envolvedoras}}$. Es la cantidad de palets del formato en cuestión que se podrían envolver con la máquina nueva en el tiempo sobrante tras envolver la misma cantidad de palets que se envuelven con la máquina actual.
- **Unidades de Oportunidad** = Uds/palet * Palets de Oportunidad. Es la cantidad de unidades de envases del formato en cuestión que se podrían procesar con la máquina nueva en el tiempo sobrante tras procesar la misma cantidad de envases que se finalizan con la máquina actual.
- **Margen comercial medio aprox (€/kg)**: es el margen comercial medido en €/kg resultante de los datos obtenidos del estudio de la Junta de Andalucía sobre el margen del grupo de aceitunas variedad manzanilla, verde y rellena de anchoa; y del grupo de aceitunas variedad hojiblanca, negra oxidada y con hueso. Calculado en la Tabla 21.
- **Margen comercial medio aprox por unidad (€/ud)** = (Peso neto escurrido medio (g)*margen comercial medio aprox (€/kg)) / 1.000 (g/kg). Es el margen comercial medio medido en €/kg de cada unidad del formato en cuestión. Calculado en la Tabla 21.

PRODUCTOS		AGRUPACIÓN				PALET		
Formato	Agrupación			Nº de envases	Tamaño palet (mmXmm)	cajas/capa	capas/palet	uds/palet
8 ref	3	X	4	12	1200x800	13	12	1.872
8 ref	3	X	4	12	1200x1000	17	12	2.448
8 par	3	X	4	12	1200x800	19	7	1.596
8 par	3	X	4	12	1200x1000	25	7	2.100
12 ref	3	X	4	12	1200x800	18	6	1.296
12 ref	3	X	4	12	1200x1000	24	6	1.728
16 ref	3	X	4	12	1200x800	10	10	1.200
16 ref	3	X	4	12	1200x1000	14	8	1.344
barril 820	2	X	3	6	1200x800	14	6	504
barril 820	2	X	3	6	1200x1000	20	6	720
1/2 galon	2	X	3	6	1200x800	9	5	270
1/2 galon	2	X	3	6	1200x1000	12	5	360
a314	3	X	4	12	1200x800	14	12	2.016
a314	3	X	4	12	1200x1000	19	13	2.964
a300	3	X	4	12	1200x800	12	10	1.440
a300	3	X	4	12	1200x1000	16	11	2.112
1k	2	X	3	6	1200x800	12	11	792
1k	2	X	3	6	1200x1000	16	12	1.152
a1500	2	X	3	6	1200x800	14	6	504
a1500	2	X	3	6	1200x1000	16	6	576
a10	2	X	3	6	1200x800	5	8	240
a10	2	X	3	6	1200x1000	7	7	294
a15	1	X	3	3	1200x800	11	5	165
a15	1	X	3	3	1200x1000	14	5	210
								Total

Tabla 23. Unidades de oportunidad. Elaboración propia.

PRODUCCIÓN ENVOLVEDORA														COMERCIAL	
Velocidad (pack/min)	% producción anual	unidades por año	palets por año	Velocidad (palets/hora)	Velocidad ideal (palets/hora)	Velocidad ACTUAL real (palets/hora)	Velocidad NUEVA real (palets/hora)	Diferencia Velocidad y Velocidad actual real (palets/hora)	tiempo uso envolvente ACTUAL (h)	tiempo uso envolvente NUEVA (h)	Diferencia tiempo uso envolventas (h)	Palets de Oportunidad	Unidades de oportunidad	margen comercial medio aprox (€/kg)	margen comercial medio aprox por unidad (€/ud)
56	3%	448.445	240	21	28	20	31	1	7	5	2	0,9	1.728	0,23	0,03
56	6%	916.507	374	16	21	20	31	-4	11	8	2	-1,4	-3.510	0,23	0,03
54	2%	343.263	215	24	32	20	31	4	6	5	1	3,1	4.938	0,23	0,03
54	3%	400.182	191	19	24	20	31	-1	5	4	1	-1,1	-2.361	0,23	0,03
55	5%	721.000	556	31	40	20	31	11	16	12	4	2,6	3.688	0,23	0,04
55	3%	492.846	285	23	30	20	31	3	8	6	2	1,5	2.651	0,23	0,04
41	4%	593.900	495	25	34	20	31	5	14	11	3	1,4	1.728	0,23	0,06
41	4%	602.296	448	22	30	20	31	2	13	10	3	0,7	944	0,23	0,06
33	7%	987.230	1.959	24	31	20	31	4	55	42	13	0,3	138	0,23	0,10
33	4%	531.850	739	17	21	20	31	-4	21	16	5	-0,7	-512	0,23	0,10
20	6%	859.540	3.183	26	34	20	31	6	90	69	21	0,3	82	0,23	0,24
20	3%	473.671	1.316	20	26	20	31	0	37	29	9	0,0	-6	0,23	0,24
55	5%	741.873	368	20	26	20	31	0	10	8	2	-0,1	-293	0,23	0,03
55	2%	318.755	108	13	17	20	31	-7	3	2	1	-9,3	-27.450	0,23	0,03
55	4%	583.062	405	28	36	20	31	8	11	9	3	2,6	4.001	0,23	0,05
55	7%	1.122.821	532	19	24	20	31	-1	15	12	4	-0,4	-745	0,23	0,05
33	1%	126.205	159	15	20	20	31	-5	5	3	1	-4,7	-3.728	0,23	0,10
33	2%	364.312	316	10	13	20	31	-10	9	7	2	-4,6	-5.293	0,23	0,10
24	5%	710.058	1.409	17	23	20	31	-3	40	31	9	-0,3	-136	0,23	0,14
24	7%	1.026.744	1.783	15	20	20	31	-5	51	39	12	-0,4	-229	0,23	0,14
11	5%	785.573	3.273	16	21	20	31	-4	93	71	22	-0,2	-44	0,23	0,39
11	6%	941.067	3.201	13	17	20	31	-7	91	69	21	-0,3	-95	0,23	0,39
15	5%	740.906	4.490	17	22	20	31	-3	127	97	30	-0,1	-18	0,23	0,49
15	1%	167.895	799	13	17	20	31	-7	23	17	5	-1,3	-272	0,23	0,49
Total	100%	15.000.000	26.844						761	582	179		19.898		

Tabla 24. Unidades de oportunidad. Elaboración propia.

Una vez conocida la cantidad de unidades de oportunidad total que se podrían envolver si se aprovechara el tiempo de ocio que se podría conseguir con la nueva máquina; y considerando ahora el margen medio alcanzado en las referencias marcadas en verde, resulta el siguiente coste de oportunidad por aprovechamiento de tiempo ocioso cada año recogido en la Tabla 25:

- **Margen medio Total (€/unidad)** = Suma de Margen comercial medio aprox por unidad de las referencias marcadas en amarillo(€/ud) / Número de referencias marcadas en amarillo.
- **Total Anual de Unidades de Oportunidad** = Suma de Unidades de Oportunidad Anuales de cada referencia.
- **Total coste de oportunidad por aprovechamiento de tiempo ocioso anual** = Margen medio Total (€/unidad) * Total Anual de Unidades de Oportunidad.

Coste de Oportunidad por Aprovechamiento de Tiempo Ocioso	
Margen medio Total (€/unidad)	0,07
Total Anual de Unidades de Oportunidad (unidades)	19.898
Total coste de oportunidad por aprovechamiento de tiempo ocioso anual	1.393 €

Tabla 25. Coste de oportunidad por aprovechamiento de tiempo ocioso. Elaboración propia.

Llegados a este punto, se ha de recordar que cada empresa podrá tener diferentes productos a envasar, diferentes turnos de trabajo, diferente demanda o diferente convenio salarial para sus trabajadores. En este proyecto se estudia el análisis de una inversión para la toma de decisión en un caso concreto en el que una máquina que realiza de forma automática un proceso particular. Esta manera de ir estudiando los costes

en un escenario actual y un escenario de inversión, se puede adaptar a otro tipo de empresas envasadoras de productos.

4.2.5 Costes de Film

En este apartado se van a analizar los costes que suponen para la empresa envolver los palets con film. El film es un material compuesto por polietileno de baja densidad que se utiliza para envolver los palets. En el apartado de este proyecto dedicado a este material, se resalta su importancia a nivel logístico; porque recaen sobre él las tareas de aportar estabilidad a la estructura del palet, unificar la carga y proteger los productos de agentes externos durante todo el proceso logístico; desde que sale de la máquina envolvente de palets hasta que se desenvuelve en su destino.

La empresa es conocedora que existen numerosos fabricantes de film y que además se ofrecen diferentes referencias y tipologías a precios diversos en el mercado. Históricamente, la empresa siempre ha buscado encontrar a un proveedor que ofrezca el mejor precio dentro de unos requisitos mínimos de calidad. Mientras que no se rompiera la película en el proceso de envoltura y aguantara sujeto al palet tras finalizar dicho proceso, ha sido suficiente para homologar el film.

En la actualidad ha cobrado una mayor importancia escoger bien al proveedor del film dedicado a envolver los palets. La tecnología avanza y los fabricantes cada vez se buscan mejorar en más aspectos y ofrecen productos innovadores. Durante el apartado de descripción de los tipos de máquinas que existen para dar solución al proceso de envoltura, se ha hecho mención a la tecnología que se utiliza e incorpora en las máquinas actuales. Hasta llegar a las máquinas actuales, la innovación y ensayos de prueba-error han sido necesarios para diseñar los elementos como el carro de pre-estiro PGSA de Robopac, que hacen de un mismo film un material más productivo que si fuera utilizado en otras máquinas. Esta última frase está definiendo un coste de oportunidad por mejor aprovechamiento del film en caso de utilizar una máquina envolvente con tecnología actualizada.

Los motivos de no ubicar este coste dentro del apartado de costes de oportunidad y dedicarle un apartado independiente son: la propia importancia del film en el proceso de envoltura; la incertidumbre y cambios de precio que lleva sufriendo a lo largo de los últimos 36 meses; y el doble escenario a plantear con dos referencias de film distintas entre ellas.

Actualmente la empresa utiliza un film estirable con 23 micras de espesor, con un precio de 3 €/kg, y uno de los objetivos de la empresa es optimizar tanto el coste como la cantidad de film aplicado por palet sin perder la estabilidad del palet.

Para conseguir un buen aprovechamiento del film, se debe poner en valor la tecnología actual que presenta la máquina nueva que se está estudiando. Los elementos principales de la máquina para optimizar la cantidad de film a aplicar son el carro de pre-estiro PGSA y el sistema para hacer el cordón. El primero permite estirar de forma precisa el film, de manera que; por ejemplo, un 1 metro de longitud de película de film lo estira hasta llegar a 4 metros. Esto supone que el film tiene una capacidad de estiramiento del 300% sin romperse. Además, este carro de pre-estiro tiene la capacidad de variar esa cifra de estiramiento en cada paso del ciclo, personalizando de ese modo una receta de envoltura que cuenta con diferentes estiramientos del film según la propia capacidad y micraje del film y a la misma vez de la conveniencia de la empresa para asegurar la estabilidad del palet.

El segundo elemento, el sistema de roping, desarrolla su importancia en la deformación de la película de film hasta crear un cordón; usado para atar la primera fila de productos que conforma el palet con la base de madera, ofreciendo así un aporte de estabilidad mayor a si se envolviera con la totalidad del ancho de la película de film proveniente del ancho de la bobina en uso.

Estos dos elementos o sistemas son también descritos en el apartado 3.4 Elementos adicionales de las máquinas automáticas.

Para poner en valor estos elementos, a continuación, se muestra un estudio comparativo de dos referencias de film para los escenarios del proyecto: situación actual y situación de inversión. Se van a analizar el comportamiento de dos tipos de film. La referencia de film actual frente a un film de menor micraje, pero con capacidad técnica superior al actual. La idea es mostrar el ahorro económico y material

que se puede obtener al optimizar el uso del film estirable en la envoltura de los palets. Existen films muy avanzados a nivel técnico, que soportan un nivel de estiramiento elevado, que no pierden fuerza de contención para dar estabilidad al palet; y que además presentan características interesantes a nivel logístico.

La referencia propuesta es un film de 12 micras de espesor y capaz de soportar un estiramiento de hasta el 220%. Además, presenta una cara interna con alto grado de adhesividad, lo que es bueno a la hora de dar sujeción y estabilidad al conjunto del palet; así como una cara externa deslizante. Esta cara deslizante en la cara externa es muy interesante a la hora de cargar y almacenar los palets; ya que, en muchas ocasiones se tienen que mover palets muy cerca unos de otros, incluso tocándose entre ellos. Con esta cara externa deslizante, al tocarse y rozarse entre ellos, no habrá dificultad de paso ni riesgo de dañarlos por el rozamiento entre ellos.

Una vez presentando el material propuesto, se somete a las pruebas del estudio comparativo. El estudio consiste en verificar que el film se comporta de forma positiva en el proceso de envoltura y tomar una serie de datos para realizar los cálculos que permitirán realizar la comparación. Comportarse de forma positiva significa que la bobina no se rompa o sufra daños durante los ciclos de envoltura durante un periodo de producción continua entorno a 2 horas de trabajo, y que el film supere de forma positiva las pruebas de Mesa Vibratoria según las normas D5415-95 ASTM y ISO 2247; de Lanzadera de Aceleración según las normas UNI EN 12195-1 y EUMOS 40509.

Las pruebas consisten en:

- **Mesa Vibratoria:** someter al palet envuelto a una vibración mediante una excitación sinusoidal de frecuencia 2 Hz durante 10 minutos sobre una mesa giratoria, simulando así el traqueteo y los efectos de las tensiones que sufriría durante su transporte por camión en carretera. En la Figura 22 se muestra un ejemplo de palet sobre una mesa vibratoria homologada para realizar las pruebas según las normativas indicadas.



Figura 22. Mesa vibratoria. Fuente: (Aetna Group, s.f.)

- **Lanzadera de Aceleración:** someter al palet a una aceleración de 0,5 G durante 0,3 segundos sobre una lanzadera de aceleración, simulando así las condiciones de un frenado de emergencia o tomar curvas con exceso de velocidad durante el transporte. En la Figura 23 se muestra un palet sobre una lanzadera de aceleración homologada para realizar las pruebas según las normativas indicadas.



Figura 23. Lanzadera de aceleración. Fuente: (Aetna Group, s.f.)

Las pruebas se consideran superadas cuando se cumplen los siguientes requisitos:

1. Al final de las pruebas no existen envases de aceitunas dañados en las cajas que conforman el palet.
2. El desplazamiento permanente de todas las cajas que conforman el palet no supera el 5% de la altura del palet en ningún plano horizontal, tanto en la cara frontal como posterior del mismo. Cuando la altura del palet es inferior a 120 cm, el valor límite para este desplazamiento es 6 cm. En los 20 cm. inferiores del palet debe ser menor de 4 cm.
3. La deformación elástica máxima o el desplazamiento en dirección horizontal no debe ser superior al 10% de la altura del palet; definiendo la deformación elástica como desplazamiento entre el palet antes de someterlo a la prueba y el palet durante la aceleración. En la Figura 24 se muestra cómo se mide la deformación elástica.

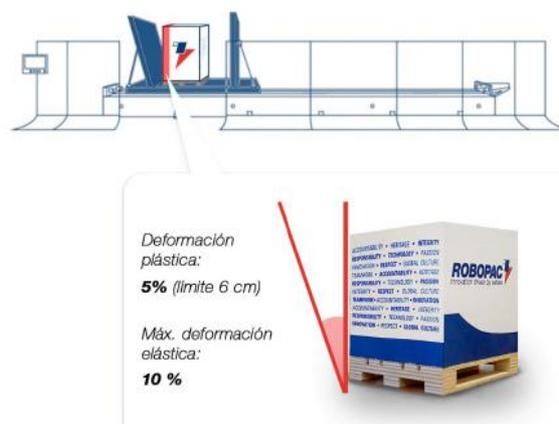


Figura 24. Deforcación plástica. Fuente: (Aetna Group, s.f.)

4. La distancia máxima entre dos capas de cajas sucesivas debe ser inferior al 2% de la altura total del palet durante toda la duración de las pruebas.

Una vez completas las pruebas con resultado positivo y la mayor reducción de film posible, los datos recogidos para realizar el análisis comparativo son los siguientes:

- Micraje: medida del espesor de la película de film.
- Número de vueltas que realiza el palet en el ciclo de envoltura.
- Peso real tras envoltura (kg): es el peso que tiene el film del palet tras el ciclo de envoltura.
- Precio (€/kg): precio de compra.
- Peso bobina (kg): peso en bruto de la bobina. Es el peso que se paga en el precio de compra.
- Peso mandril (kg): peso del mandril que hace de soporte del film de la bobina.
- Número de palets envueltos al año.

Estos datos son representados para todas las situaciones del estudio en la Tabla 26. Los escenarios a comparar en el estudio son:

- Situación de máquina actual trabajando con film de 23 micras.
- Situación de máquina actual trabajando con film de 12 micras.
- Situación de máquina nueva trabajando con film de 23 micras.
- Situación de máquina nueva trabajando con film de 12 micras.

ESTUDIO FILM ENVOLVEDORA DE PALET				
	SITUACIÓN ACTUAL: Film 23 micras y máquina actual	Máquina Actual Film 12 micras	Máquina Nueva Film 23 micras	Máquina Nueva Film 12 micras
Referencia de film	23 micras	12 BT	23 micras	12 BT
Micraje film	23	12	23	12
Número de Vueltas	12	12	12	12
Peso real tras envoltura (kg)	0,36	0,188	0,168	0,105
Precio €/kg	3	4	3	4
Precio Neto film €/kg	3,224	4,237	3,224	4,237
Peso Bobina (kg)	17,3	18,61	17,30	18,61
Peso Mandril (kg)	1,20	1,04	1,20	1,04
Porcentaje de estiramiento medio	40%	40%	200%	150%
Coste por palet envuelto	1,16 €	0,80 €	0,54 €	0,44 €
Ahorro €/palet		0,36 €	0,62 €	0,72 €
Ahorro Financiero/Palet (%)		31%	53%	62%
Nº palets envueltos / año	26.844	26.844	26.844	26.844
Consumo anual de film (kg)	9.664	5.047	4.510	2.819
Ahorro Anual en film (kg)		-4.617	-5.154	-6.845
Coste Anual en film	31.152 €	21.382 €	14.538 €	11.942 €
Ahorro Económico Anual		9.771	16.615	19.211
Impuesto al Plástico	0,45 €	0,45 €	0,45 €	0,45 €
% a aplicar	100%	100%	100%	100%
Total impuesto a aplicar	0,45 €	0,45 €	0,45 €	0,45 €
Coste Laboral				
Nº palets envueltos con 1 bobina	45	93	96	167
Nº cambios de bobinas diarias (248 días trabajo/año)	2	1	1	1
Coste laboral (3 min y 8,86€/hora)	266 €	127 €	124 €	71 €
COSTE TOTAL ANUAL SIN IMPUESTO PLÁSTICO	31.418 €	21.509 €	14.662 €	12.013 €
AHORRO TOTAL ANUAL antes de Impuesto Plástico		9.909 €	16.756 €	19.405 €
Total Anual Impuesto Plástico	4.349 €	2.271 €	2.029 €	1.268 €
AHORRO TOTAL ANUAL sobre Impuesto Plástico		2.078 €	2.319 €	3.080 €
COSTE TOTAL	35.767 €	23.780 €	16.691 €	13.281 €
AHORRO TOTAL		11.987 €	19.076 €	22.486 €
Notas:	<ul style="list-style-type: none"> - Para la situación de máquina nueva, hemos asumido un peso real tras envoltura (kg) para un porcentaje medio de estiramiento de máquina basado en una prueba real. - Asumimos en este estudio que todos los palets fabricados son de 1200x800 			

Tabla 26. Estudio film envolvedora. Elaboración propia.

A continuación, se explican los cálculos realizados en la Tabla 26:

- **Precio neto film (€/kg)** =
$$\frac{\text{Precio (€/kg)} * \text{Peso bobina (kg)}}{\text{Peso bobina (kg)} - \text{Peso mandril (kg)}}$$
- **Porcentaje estiramiento medio:** en el caso de máquina actual, es el porcentaje de estiramiento del film resultado de la fuerza aplicada a la película. Se hace el cálculo de lo que pesaría el film con estiramiento 0 gracias la longitud necesaria para envolver el palet, las micras y el ancho de bobina; y se compara con el peso real del film tras la envoltura del palet. Recordando de nuevo acerca de los elementos que presenta la máquina nueva, el cabezal de estiramiento cuenta con un sistema de doble motorización capaz de aplicar un estiramiento diferente en cada altura. Esto es programable a conveniencia. En este caso, el estiramiento va evolucionando de menos a más para terminar el ciclo con un estiramiento de bajo nivel y próximo al nivel con el que comenzó el ciclo. Esta manera de estiramiento gradual evita que se rompa el film a comienzo y final del ciclo y además ofrece mayor estabilidad. Por esta diferencia gradual de niveles de estirado durante todo el ciclo, se usa un dato medio, calculado con la misma comparación entre peso teórico y peso real del film tras envoltura.
- **Coste por palet envuelto** = Peso real tras envoltura (kg) * Precio neto film (€/kg).
- **Ahorro (€/palet):** es la diferencia entre el coste por palet envuelto en el escenario actual con el film actual y los demás escenarios presentados en la comparación. Se observa que en todos los escenarios se llega a un ahorro económico por cada palet envuelto frente a la situación inicial.
- **Ahorro Financiero/Palet (%)**: es la misma diferencia anterior presentada en porcentaje. Es otra forma de comparación del ahorro por palet entre la situación actual y los otros escenarios en estudio.
- **Consumo anual de film (kg)** = Número de palets envueltos al año * Peso real tras envoltura (kg).
- **Ahorro Anual en film (kg):** es la diferencia entre el consumo anual de film en el escenario actual y los demás escenarios presentados en la comparación. Se observa que en todos los escenarios se consume menor cantidad de film que en el escenario actual.
- **Coste Anual en film** = Número de palets envueltos al año * Coste por palet envuelto.
- **Ahorro Económico Anual:** es la diferencia entre el coste anual en film en el escenario actual y los demás escenarios presentados en la comparación. Se observa que en todos los escenarios se consigue un ahorro en el coste de film en comparación con el escenario actual.
- **Impuesto al plástico:** es un impuesto de ámbito nacional que penaliza en 0,45€ por kg el uso del plástico no reciclado ni reutilizable (Méndez, 2023). En este caso, aplica en el 100% del film a utilizar ya que no tiene componente reciclado y se considera un plástico no reutilizable. Además, forma parte del embalaje de un producto. Se incorpora en el estudio ya que es un coste que depende directamente de la cantidad de film que se usa.
- **Nº palets envueltos con 1 bobina** =
$$\frac{\text{Peso bobina (kg)} - \text{Peso mandril (kg)}}{\text{Peso real tras envoltura (kg)}}$$
- **Nº cambios de bobinas diarias (248 días trabajo/año)** = Número de palets envueltos al año / 248 días laborales / Nº palets envueltos con 1 bobina.
- **Coste laboral (3 min y 8,86€/hora)** = Nº cambios de bobinas diarias * 3 minutos que se tarda en hacer cambio de bobina * 8,86 €/h de coste laboral de operario / 60 minutos * 248 días laborales.

- **Coste Total Anual Sin Impuesto Plástico** = Coste laboral + Coste Anual en film. Se calcula este dato de forma adicional para que el lector pueda conocer de él; ya que, en caso de exportar el producto, el coste del impuesto no recae en la empresa al terminar el plástico en otro país.
- **Ahorro Total Anual antes de Impuesto Plástico:** es la diferencia entre el coste anual de film y coste laboral en el escenario actual y los demás escenarios presentados en la comparación. Se observa que en todos los escenarios se consigue un ahorro en comparación con el escenario actual.
- **Total Anual Impuesto Plástico** = Total Impuesto a aplicar * Consumo anual de film (kg).
- **Ahorro Total Anual sobre Impuesto Plástico** = es el ahorro conseguido en impuestos en los escenarios planteados frente a la situación actual.
- **Coste Total** = Coste Total Anual Sin Impuesto Plástico + Total Anual Impuesto Plástico.
- **Ahorro Total:** es el ahorro total que consigue en cada escenario frente a la situación actual teniendo en cuenta todos los costes asociados al film. Se observa de igual forma, que, en todos los escenarios presentados se consiguen ahorros considerables frente a la situación actual.

Una vez reflejados todos los escenarios de film, se analizan todos los escenarios que se podrían lograr. Se observa que con la comparación del caso actual con el caso más favorable; es decir, comparando el coste total y ahorro total de Situación Actual frente a Situación de máquina nueva trabajando con film de 12 micras, se llega a la conclusión de que la mejor situación posible es la de trabajar con un film de 12 micras con la máquina nueva.

Este escenario es el que mayor cantidad de film ahorra frente a la situación actual y también es con el que se logra un ahorro total superior frente a las demás situaciones. Todos estos valores sin perder en consistencia y estabilidad en los palets de la empresa ya que los datos fueron recopilados una vez los palets superaron las pruebas descritas de vibración y aceleración.

4.2.6 Análisis de Flujos de Caja y Acumulados anuales

En el siguiente apartado se van a reflejar todos los cálculos llevados a cabo durante los capítulos anteriores y ordenarlos de forma organizada para que se puedan analizar de manera eficaz y determinar la viabilidad del proyecto. Para ello, se ha elaborado la Tabla 27.

Año	Descripcion	MÁQUINA ACTUAL	MÁQUINA NUEVA	Flujos de Caja	Acumulado
0	Desembolso Inicial	0,00 €	-56.762,00 €	-56.762,00 €	-56.762,00 €
1	Cuota anual máquina	0,00 €	-23.733,07 €	-23.733,07 €	
	Mantenimiento	-198,36 €	-4.500,00 €	-4.301,64 €	
	Averías	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
	Insumos ordinarios	-1.200,00 €	-250,00 €	950,00 €	
	Repuestos	-875,00 €	0,00 €	875,00 €	
	Energía	-1.479,00 €	-783,00 €	696,00 €	
	Oport. No Fabricación	-16.594,86 €	0,00 €	16.594,86 €	
	Oport. Aprovecha T. Ocioso	0,00 €	1.393,00 €	1.393,00 €	
	Film	-35.767,00 €	-13.281,00 €	22.486,00 €	
Total	-56.114,22 €	-41.154,07 €	14.960,15 €	-41.801,85 €	
2	Cuota anual máquina	0,00 €	-23.733,07 €	-23.733,07 €	
	Mantenimiento	-198,36 €	-4.500,00 €	-4.301,64 €	
	Averías	-167,37 €	0,00 €	167,37 €	
	Insumos ordinarios	-1.200,00 €	-250,00 €	950,00 €	
	Repuestos	-4.375,00 €	0,00 €	4.375,00 €	
	Energía	-1.479,00 €	-783,00 €	696,00 €	
	Oport. No Fabricación	-16.594,86 €	0,00 €	16.594,86 €	
	Oport. Aprovecha T. Ocioso	0,00 €	1.393,00 €	1.393,00 €	
	Film	-35.767,00 €	-13.281,00 €	22.486,00 €	
Total	-59.781,59 €	-41.154,07 €	18.627,52 €	-23.174,33 €	
3	Cuota anual máquina	0,00 €	-23.733,07 €	-23.733,07 €	
	Mantenimiento	-198,36 €	-4.500,00 €	-4.301,64 €	
	Averías	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
	Insumos ordinarios	-1.200,00 €	-250,00 €	950,00 €	
	Repuestos	-875,00 €	-1.500,00 €	-625,00 €	
	Energía	-1.479,00 €	-783,00 €	696,00 €	
	Oport. No Fabricación	-16.594,86 €	0,00 €	16.594,86 €	
	Oport. Aprovecha T. Ocioso	0,00 €	1.393,00 €	1.393,00 €	
	Film	-35.767,00 €	-13.281,00 €	22.486,00 €	
Total	-56.114,22 €	-42.654,07 €	13.460,15 €	-9.714,18 €	
4	Cuota anual máquina	0,00 €	-23.733,07 €	-23.733,07 €	
	Mantenimiento	-198,36 €	-4.500,00 €	-4.301,64 €	
	Averías	-167,37 €	0,00 €	167,37 €	
	Insumos ordinarios	-1.200,00 €	-250,00 €	950,00 €	
	Repuestos	-4.375,00 €	0,00 €	4.375,00 €	
	Energía	-1.479,00 €	-783,00 €	696,00 €	
	Oport. No Fabricación	-16.594,86 €	0,00 €	16.594,86 €	
	Oport. Aprovecha T. Ocioso	0,00 €	1.393,00 €	1.393,00 €	
	Film	-35.767,00 €	-13.281,00 €	22.486,00 €	
Total	-59.781,59 €	-41.154,07 €	18.627,52 €	8.913,34 €	

Tabla 27. Análisis de cash flows y acumulados anuales. Elaboración propia.

La Tabla 27 se divide en cuatro años y en cada año se reflejan las partidas calculadas durante todo el desarrollo del texto para los escenarios planteados: cuota anual de máquina, costes de mantenimiento, de averías, de insumos ordinarios, de repuestos, de energía; los costes de oportunidad por no fabricación y los de aprovechamiento de tiempo ocioso; y los costes asociados al consumo de film para envolver los palets producidos.

En las columnas, se diferencian los dos escenarios en estudio: situación con la máquina actual y con la incorporación de la nueva. A la derecha de ambas, se ha incluido una columna llamada “Flujos de Cajas”, que representa la suma que dispondría la empresa al final de cada periodo. Esta columna se obtiene de realizar la diferencia entre las partidas que comparten nombre. La última columna representa el flujo de caja acumulado al final de cada periodo, en el que se va añadiendo lo presupuestado del periodo anterior.

Según se ha planteado el estudio del proyecto, al principio del primer periodo se desembolsaría un 40% del valor de la máquina. Para separarlo de forma correcta del resto del primer periodo, se incluye un periodo 0 y en él se detalla esa partida. Al final de cada periodo es cuando se presenta el coste financiero denominado Cuota anual máquina para amortizar el préstamo por valor del 60% de la máquina; calculado según el sistema francés en el apartado 4.2.1 Costes de adquisición.

Analizando en profundidad, se distingue que la partida de mantenimiento es más cara durante los cuatro años en el escenario de máquina nueva. Esto es coherente, porque se ha dicho que se va a subcontratar al propio servicio técnico del fabricante de la máquina durante los primeros años de vida de la nueva máquina; mientras que con la máquina actual es la propia empresa quien se encarga de este trabajo. Para el fabricante de maquinaria, prestar un servicio de este tipo es un negocio más y siempre es más costoso para la empresa usuaria que aprender y hacerlo con sus medios y recursos humanos. Sin embargo, en las demás partidas se ve que, adquirir la nueva máquina sería más conveniente que mantener la actual, porque se obtienen partidas positivas en la columna de flujo de caja. De hecho, la partida del total anual de los diferentes periodos es positiva para todos los años.

La columna de “Acumulado” = “Total” – “Acumulado del periodo anterior” representa el total recuperado en cada periodo. Se distingue que en los tres primeros años de la inversión se tendría un saldo negativo que quiere decir que todavía no se ha recuperado la inversión. Durante el cuarto año llegaría el saldo 0 y por tanto se habría recuperado la inversión y al final de ese mismo cuarto periodo ya empezaría a ser rentable respecto a mantener la máquina actual. Este cálculo se detallará en el siguiente apartado.

4.2.6.1 Criterios para la viabilidad económica de la inversión.

El VAN y la TIR son dos parámetros usados en el ámbito económico que indican cómo de rentable es una inversión en particular.

El VAN o Valor Actual Neto es el valor que compara la inversión inicial frente a los flujos de caja que se generarían durante los periodos de la inversión. Una inversión es rentable cuando los ingresos son superiores a las salidas. Teniendo en cuenta que la fórmula del VAN es la indicada por la Figura 25, se considerará como una inversión rentable aquella cuyo VAN sea mayor que 0.

$$VAN = -D + \frac{FNC_1}{(1+K)^1} + \frac{FNC_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+K)^n}$$

Figura 25. Fórmula del VAN. Fuente: (Navarro, 2019)

En el caso de estudio se tiene:

- **D** = -56.762,00 €. Es el desembolso inicial realizado por la empresa al acometer la inversión.
- **n**: es el número de periodos considerados en el proyecto. En este caso, N=4 periodos anuales.
- **K**: es la tasa de interés anual en %. Para este estudio se ha considerado K=4,5%
- **FNC**: es el Flujo Neto de Caja. Corresponde al valor resaltado en amarillo de cada periodo en la Tabla 27, columna “Flujos de Caja”, según se ha definido anteriormente.

El resultado es de 1.939,82 €. Al ser >0, se considera que la inversión sería rentable para la empresa.

Por otro lado, la TIR o Tasa Interna de Retorno es un indicador de referencia del tipo de interés mínimo que deber dar una determinada inversión para que sea considerada como rentable. Mide en términos porcentuales el retorno de la inversión si se reinvertieran los flujos de caja generados durante el desarrollo del proyecto al mismo porcentaje. La TIR se vincula con el VAN, cuando el VAN=0. La fórmula para su cálculo es la indicada en la Figura 26.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Figura 26. Fórmula TIR. Fuente: (Fernández, 2021)

En este caso:

- **I₀** = -56.762,00 €. Es el desembolso inicial que se definió para el VAN
- **n**: es el número de periodos considerados en el proyecto. En este caso, N=4 periodos anuales.
- **F= FNC**: es el Flujo Neto de Caja. Corresponde al valor resaltado en amarillo de cada periodo en la Tabla 27, columna “Flujos de Caja”, según se ha definido anteriormente.

El resultado es TIR=6%. Si la empresa considera que la rentabilidad mínima debe ser al menos igual a la tasa de interés anual (4,5%); la operación sería rentable si se cumplen con todos los cálculos realizados durante este proyecto.

Por último, se analiza el Payback o plaxo de recuperación. Se define como el periodo de tiempo en el cual se recupera la totalidad de lo desembolsado al comienzo de una inversión. En este estudio, se ha reflejado que la empresa toma como criterio para acometer la inversión que se debe recuperar lo aportado en un plazo máximo de 4 años.

Con la referencia de la Tabla 27, se tiene que lo aportado por la empresa en un instante inicial suma -56.762,00 €. A continuación, teniendo en consideración la columna “Acumulado”, se identifica que entre los años 3 y 4 es cuando el acumulado tomaría el valor 0; y, por tanto, se consideraría que la inversión ha sido recuperada.

Para averiguar en qué mes del cuarto año se ha recuperado, se toma la hipótesis de que los 18.627,52 € generados en el cuarto han sido generados en partes iguales durante los 12 meses del año; y los 9.714,18 € que faltan por recuperar al inicio del cuarto año también sería recuperados de la misma manera. Entonces, resulta que $\frac{9.714,18 \text{ €} * 12 \text{ meses}}{18.627,52 \text{ €}} = 6,25$ meses.

El plazo de recuperación sería de 3 años y 6 meses. Siendo éste menor que 4 años marcados por la empresa, se cumple el criterio y la inversión se consideraría aceptada.

5 CONCLUSIONES

Una vez definidos y analizados los criterios para decidir sobre la viabilidad económica de la inversión, y revisando el comparativo de costes y flujos de cajas durante los diferentes periodos, se pueden sacar diferentes conclusiones sobre el estudio realizado.

En primer lugar, la inversión sería una buena operación a nivel económico y así lo demuestra el retorno de la inversión a partir del tercer año, el VAN positivo y una TIR del 6%. Esto sería posible, entre otros de los aspectos presentados durante el estudio, gracias a conseguir un aumento en la capacidad de producción y poder optar por más contratos y mayores contratos con clientes sin tener que aumentar el número de horas de trabajo y además reduciendo el coste de energía.

Un segundo punto a resaltar es que el coste de mantenimiento aumentaría durante los primeros años de vida de la máquina debido a la novedad y necesidad de aprendizaje. No obstante, con el tiempo, los trabajadores serían capaces de aprender en profundidad sobre la máquina y serían autosuficientes ante la gestión del mantenimiento de la misma. La tecnología es cada vez más segura, intuitiva, ergonómica y accesible a todos los niveles operacionales.

Por último, y uno de los puntos más importantes, es la repercusión en cuanto a la sostenibilidad que supondría esta inversión en una nueva máquina envolvente. Con ella, el ahorro en material plástico anualmente es considerable, debido a la optimización del aprovechamiento de la cantidad de film a aplicar en cada palet. Además, se ganaría en estabilidad y firmeza de los palets acabados, dando un mejor servicio e imagen de la empresa en el mercado.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Aetna Group. (s.f.). *Robopac*. Obtenido de <https://www.robopac.com/es/02helix-1-evo-p211>
- Aetna Group. (s.f.). *Robopac*. Obtenido de <https://www.robopac.com/es/08genesis-futura-40-p215>
- Aetna Group. (s.f.). *Robopac*. Obtenido de <https://www.robopac.com/es/03helix-3-evo-p1352>
- Aetna Group. (s.f.). *Robopac*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnmmnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.robopac.com/robopac/solutions/systems/01.rotoplat-3000-hd/rotoplat-3000-hd-pt-es.pdf>
- Aetna Group. (s.f.). *Robopac*. Obtenido de <https://www.robopac.com/es/01rotoplat-3000-hd-p1353>
- Ainia. (s.f.). *Ainia*. Obtenido de <https://www.ainia.es/servicios-laboratorio/permeabilidad/>
- AM GROUP. (s.f.). *Aristegui Maquinaria*. Obtenido de <https://www.aristegui.info/identificacion-de-los-plasticos-por-sus-codigos/>
- Asesoría Jurídica Laboral. (11 de Agosto de 2022). *Asesoría Industria Sevilla*. Obtenido de https://asesoriaindustriasevilla.com/convenio-colectivo-estatal/#Convenio_Colectivo_para_el_Sector_de_Conservas_Semiconservas_y_Salazones_de_Pescados_y_Mariscos_2021-2024_incluye_tablas_salariales_2021-2024
- BBVA. (s.f.). Qué es la ratio de endeudamiento y cómo se calcula. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/salud-financiera/que-es-el-ratio-de-endeudamiento-y-como-se-calcula/>
- Controlpack. (15 de Mayo de 2019). *Controlpack*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=C_Xr3uv5NrY
- Europa Press Andalucía. (29 de Noviembre de 2010). Ángel Camacho pone en marcha su planta de envasado de aceitunas en Argentina con una inversión de tres millones. *Europa Press Andalucía*.
- Fernández, J. P. (10 de Marzo de 2021). *Muy Interesante*. Obtenido de <https://www.muyinteresante.com/actualidad/38399.html>
- Fusión Ingeniería Eficiente. (2023). *Fusión Ingeniería Eficiente*. Obtenido de <https://fusioningenieria.com/evolucion-precio-luz/#:~:text=El%20precio%20medio%20kwh%20en,el%20detalle%20de%20este%20c%C3%A1lculo>
- GESDOCUMENT Y GESTIÓN, S.A. (14 de Junio de 2023). Los préstamos a empresas marcan récord en la subida de tipos de interés. *GD Empresa*.
- Itepal. (s.f.). *Itepal*. Obtenido de <https://www.itepal.com/historia-del-palet/#:~:text=El%20origen%20del%20palet%20es,industria%20o%20almac%C3%A9n%20de%20almacenaje>
- Junta de Andalucía. (2010). *Caracterización del sector de la aceituna de mesa en Andalucía*.
- Méndez, M. (13 de Febrero de 2023). Nuevo impuesto al plástico: productos afectados y qué consecuencias tiene para el consumidor. *Onda Cero*.
- Mescht, L. V. (2018). ¿Qué fue primero: el palet o la carretilla elevadora? Madrid.
- Navarro, J. (21 de Agosto de 2019). *Hablemos de empresas*. Obtenido de <https://hablemosdeempresas.com/empresa/calculo-van-excel/>
- Packmore. (s.f.). *Packmore*. Obtenido de <http://www.packmore.sm/en/wrapman.php>
- PALEBLOG. (5 de Octubre de 2017). *Filmur Plásticos*. Obtenido de <https://www.paletiza.com/blog/plastico-film-para-embalaje-2/>
- Parlamento Europeo. (27 de Octubre de 2004). Diario Oficial de la Unión Europea. Estrasburgo, Francia.
- TAHFER. (s.f.). *Tahfer*. Obtenido de <https://www.pygsagroup.com/tahfer/>

- Valle, M. R. (26 de Enero de 2023). *Hablemos de envolvedoras de palets...!!!* Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/hablemos-de-envolvedoras-palets-mario-roberto-brice%C3%B1o-del-valle/?originalSubdomain=es>
- Villalba López, F. J. (Septiembre de 2017). Diseño de incorporación de tres líneas de envasado de la empresa Krones de refrescos carbonatados (botellas de vidrio retornable, botellas de pet y latas). Cádiz.

7 ANEXO



TARRO CRISTAL / GLASS JAR

RETAIL



		3 1/2 CYL	5 CYL	5 REF	8 REF
MEDIDAS / MEASURE	Ø x Altura / Ø x High	42,5 / 128,5 mm	45,2 / 151 mm	63,5 / 70,8 mm	70,5 / 86 mm
CAPACIDAD / CAPACITY	ML.FL.OZ	●● 117 ml / 3,5 fl oz	160 ml / 5 fl oz	152 ml / 5 fl oz	140 ml / 5 fl oz
PESO NETO / NET WEIGHT		●● 100 g	140 g	140 g	235 g
PESO NETO ESCURRIDO / NET DRAINED WEIGHT	Enteras / Whole	●● 57 g	85 g	85 g	142 g
	Deshuesadas / Pitted	●● 43 g	70 g	70 g	113 g
	En rodajas / Sliced	●● 43 g	70 g	70 g	113 g
	Rellenas / Stuffed	● 57 g	85 g	85 g	142 g

LOGÍSTICA / LOGISTIC

BANDEJA / TRAY	Unds Caja / Case units		12		12					
	Peso / Weight (Kg) ¹⁾	2,781	3,69	3,08	4,87					
PALLET	Medidas / Measures (mm) ²⁾		176 x 131 x 131		190 x 140 x 153		260 x 194 x 73		288 x 215 x 88	
	Cajas por capa / Cases layer	EU US	32 44	32 42	16 22	13 17				
Capas / Layers	8	8	7	6	15	13	12	12		
Total cajas / Total Cases	256	352	224	252	240	286	156	204		
Peso / Weight (Kg) ¹⁾	737	999	852	950	764	901	785	1013		
Altura / Height (mm)	1193	1184	1216	1054	1240	1085	1201	1192		

¹⁾ Peso Bruto / Gross Weight ²⁾ Ancho x Fondo x Alto / Length x Width x Height

RETAIL



	8 PAR	BUCKET	12 PAR	12 REF	DUQUESA 370	
MEDIDAS / MEASURE	57,6 / 129 mm	68 / 124 mm	62,6 / 154,1 mm	80,2 / 89,8 mm	72,5 / 119 mm	
CAPACIDAD / CAPACITY	240 ml / 8 fl oz	275 ml / 9 fl oz	358 ml / 12 fl oz	347 ml / 1 fl oz	370 ml / 12 fl oz	
PESO NETO / NET WEIGHT	240 g	255 g	340 g	310 g	350 g	
PESO NETO ESCURRIDO / NET DRAINED WEIGHT	Enteras / Whole	142 g	163 g	198 g	198 g	200 g
	Deshuesadas / Pitted	110 g	130 g	150 g	163 g	170 g
	En rodajas / Sliced	110 g	130 g	150 g	163 g	160 g
	Rellenas / Stuffed	142 g	163 g	198 g	198 g	200 g

BANDEJA / TRAY		12		12		12		12		12	
Peso / Weight (Kg) ¹⁾		4,832	5,376	6,85	6,376	6,432					
Medidas / Measures (mm) ²⁾		235 x 180 x 131		278 x 207 x 126		256 x 191 x 156		327 x 244 x 92		296 x 221 x 121	
Cajas por capa / Cases layer		EU US	19 25	EU US	14 19	EU US	18 24	EU US	10 14	EU US	13 17
Capas / Layers		7	7	10	9	6	6	11	11	9	8
Total cajas / Total Cases		133	175	140	171	108	144	110	154	117	136
Peso / Weight (Kg) ¹⁾		667	866	778	939	765	1006	726	1002	778	895
Altura / Height (mm)		1062	1053	1405	1270	1081	1072	1065	1181	1234	1104

¹⁾ Peso Bruto / Gross Weight ²⁾ Ancho x Fondo x Alto / Length x Width x Height



TARRO CRISTAL / GLASS JAR

RETAIL



		16 REF	16 PAR	20 PAR	22 RND
Verdes / Green ● Negras/ Black ●					
MEDIDAS / MEASURE	Ø x Altura / Ø x High	80 / 114,5 cm	67 / 171 cm	74 / 183,5 cm	81,5 / 171,5 cm
CAPACIDAD / CAPACITY	ML.FLOZ	●● 450 ml / 15,2 fl oz	560 ml / 18,9 fl oz	599 ml / 20 fl oz	720 ml / 24,3 fl oz
PESO NETO / NET WEIGHT		●● 420 g	450 g	565 g	700 g
PESO NETO ESCURRIDO / NET DRAINED WEIGHT	Enteras / Whole	●● 280 g	280 g	360 g	425 g
	Deshuesadas / Pitted	●● 200 g	200 g	250 g	320 g
	En rodajas / Sliced	●● 200 g	200 g	250 g	320 g
	Rellenas / Stuffed	● 280 g	280 g	360 g	425 g

LOGÍSTICA / LOGISTIC

CAJA / CASE	Unds Caja / Case units		12		12		12		12	
	Peso / Weight (Kg) ¹⁰		8,15		8,587		11,055		12,554	
PALLET	Medidas / Measures (mm) ¹²		326 x 243 x 117		274 x 204 x 173		302 x 225 x 186		332 x 248 x 174	
				EU	US	EU	US	EU	US	EU
	Cajas por capa / Cases layer		10	14	14	19	11	16	10	14
	Capas / Layers		10	8	6	6	6	5	7	5
	Total cajas / Total Cases		100	112	84	114	66	80	70	70
	Peso / Weight (Kg) ¹⁰		840	933	746	999	755	904	903	899
	Altura / Height (mm)		1315	1072	1183	1186	1261	1066	1363	1001

FOOD SERVICE



	QUARTER	BARREL	1/2 GALÓN	GALÓN				
	93 / 179,7 cm	97 / 150,7 cm	122,7 / 207 cm	155,3 / 255 cm				
	948 ml / 32 fl oz	820 ml / 27,7 fl oz	1966 ml / 66 fl oz	3700 ml / 125 fl oz				
	935 g	800 g	1950 g	3690 g				
	550 g	500 g	1200 g	2380 g				
	450 g	400 g	930 g	1870 g				
	450 g	400 g	950 g	2070 g				
	550 g	500 g	1200 g	2380 g				
	6	6	6	4				
	8,159	7,1	16,65	20,889				
	285 x 189 x 182	297 x 197 x 153	390 x 256 x 210	339 x 333 x 265				
	EU	US	EU	US	EU	US	EU	US
	16	20	14	20	9	12	6	9
	6	6	6	6	5	5	5	5
	96	120	84	120	45	60	30	45
	808	999	621	872	774	1019	652	960
	1237	1234	1063	1054	1195	1186	1470	1461



LATA / TIN

RETAIL



		Verdes / Green ●	Negras/ Black ●	MINIBAR	A-212	10 oz Party	A-314	A-370	A-300
MEDIDAS / MEASURE	Ø x Altura / Ø x High								
CAPACIDAD / CAPACITY	ML.FL.OZ	● ●		125 ml	212 ml	300 ml	314 ml	370 ml	425 ml
PESO NETO / NET WEIGHT		● ●		120 g	200 g	280 g	300 g	350 g	400 g
PESO NETO ESCURRIDO / NET DRAINED WEIGHT	Enteras / Whole	● ●		65 g	110 g	110 g	160 g	200 g	220 g
	Deshuesadas / Pitbed	● ●		50 g	85 g	120 g	130 g	150 g	170 g
	En rodajas / Sliced	● ●		50 g	85 g	120 g	130 g	150 g	185 g
	Rellenas / Stuffed	●		50 g	85 g	120 g	130 g	150 g	220 g

LOGÍSTICA / LOGISTIC

CAJA / CASE	Unids Caja / Case units	24 por bandeja		12	12	12	12	12	12						
		Peso / Weight (Kg) ¹⁾		3,7	3	3,94	4,2	4,9	5,6						
PALLET	Cajas por capa / Cases layer	Medidas / Measures (mm) ²⁾		330 x 220 x 67		274 x 204 x 75		274 x 204 x 98		274 x 204 x 104		274 x 204 x 121		308 x 231 x 112	
		EU	US	EU	US	EU	US	EU	US	EU	US	EU	US	EU	US
		11	16	14	19	14	19	14	19	14	19	12	16		
	Capas / Layers	16	16	12	16	12	13	12	13	12	11	10	11		
	Total cajas / Total Cases	176	256	168	304	168	247	168	247	168	209	120	176		
	Peso / Weight (Kg) ¹⁾	676	967	529	932	687	993	731	1057	848	1044	697	1006		
	Altura / Height (mm)	1217	1208	1045	1336	1321	1410	1393	1488	1597	1467	1265	1368		

¹⁾ Peso Bruto / Gross Weight ²⁾ Ancho x Fondo x Alto / Length x Width x Height

FOOD SERVICE



1 K	A-1500	A-10	A-15	A-20					
850 ml	1455 ml	3100 ml	4250 ml	7700 ml					
830 g	1350 g	3000 g	4150 g	8000 g					
500 g	700 g	1850 g	2500 g	5000 g					
365 g	600 g	1445 g	2000 g	4000 g					
365 g	600 g	1560 g	2000 g	4000 g					
445 g	600 g	1850 g	2000 g	5000 g					
6	6	6	3	2					
5,6	10	20,3	14	17					
309 x 205 x 120		309 x 205 x 202		474 x 315 x 179		474 x 158 x 246		294 x 222 x 262	
EU	US	EU	US	EU	US	EU	US	EU	US
12	16	14	16	5	7	11	14	13	14
11	12	6	6	8	7	5	5	4	4
132	192	84	96	40	49	55	70	52	56
767	1100	865	980	838	1017	795	1000	909	972
1465	1576	1357	1348	1577	1389	1375	1366	1193	1184