

**Universidad Pública de Navarra**

***Nafarroako Unibertsitate Publikoa***

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN  
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA***

**MEJORA DE LA EFICIENCIA DE UNA EMBOLSADORA EN SU ARRANQUE  
EN UNA INDUSTRIA DE VEGETALES DE IV GAMA**

presentado por

RAQUEL CORDÓN EZQUERRO *(e)k*

*aurkeztua*

**MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA  
UNIBERTSITATE MASTERRA NEKAZARITZA INGENIARITZAN**

Febrero, 2018 / 2018, *Otsaila*

Director/a del Trabajo Fin de Máster:

## RESUMEN

En este trabajo se presenta la aplicación de herramientas del *Lean Manufacturing* en la zona del embolsado de una industria de procesamiento de vegetales de IV gama con el objetivo de mejorar su eficiencia. Además, se ha utilizado el indicador de eficiencia OEE (*Overall Equipment Efficiency*) para cuantificar el impacto de dichas herramientas, además de la toma de datos manual.

Durante la realización del trabajo se identificaron las causas de no-calidad que mayor impacto ejercían sobre la eficiencia, resultando ser las bolsas “pilladas” el motivo mayoritario. Por ello, se realizó un taller *Kaizen* formado por trabajadores de la empresa con el fin de analizar su origen y proponer acciones de mejora dirigidas a reducir dicha causa.

Posteriormente, se diseñó un plan de acción, asignando a cada acción un responsable y una fecha de inicio. Finalmente con el objeto de asegurar buenos resultados a lo largo del tiempo, se diseñó un plan de control de estas acciones.

Palabras clave: Eficiencia, *Lean Manufacturing*, No-Calidad, *Kaizen*, *OEE*, Industria IV gama.

## ABSTRACT

This academic work presents the application of Lean Manufacturing analytic tools in the bagging area of an IV range vegetable processing industry with the aim of improving its efficiency. In addition, the efficiency indicator OEE (Overall Equipment Efficiency) has been used to quantify the impact of these tools, in addition to the manual data collection.

During the carrying out of the project, the causes of non-quality that had the greatest impact on efficiency were identified, turning out the "pilladas" bags being the main reason. For this reason, a Kaizen workshop was held, made up of workers from the company in order to analyze their origin and propose improvement actions aimed at reducing this cause.

Subsequently, an action plan was designed, assigning a responsible person and a start date to each action. Finally, in order to ensure good results over time, a control plan for these actions was also designed.

Keywords: Efficiency, Lean Manufacturing, no quality, Kaizen, OEE, IV range industry.

## INDICE GENERAL

1.	Introducción .....	8
2.	Antecedentes .....	9
2.1.	Lean Manufacturing .....	9
2.1.1.	Objetivo y principios .....	10
2.1.2.	Herramientas del Lean Manufacturing .....	11
2.2.	Eficiencia industrial.....	15
2.2.1.	Métodos de medición de la eficiencia: OEE .....	15
2.3.	Industria objeto de estudio .....	17
2.3.1.	Materia prima y producción .....	17
2.3.2.	Cartera de productos.....	18
2.3.3.	Volumen de producción .....	19
2.3.4.	Diagrama de proceso productivo.....	19
2.3.5.	Medida de la eficiencia .....	21
2.3.6.	Herramientas del Lean Manufacturing aplicadas en la industria .....	21
3.	Objetivos .....	22
4.	Materiales y herramientas utilizados.....	23
4.1.	Materiales.....	23
4.1.1.	Materias primas .....	23
4.1.2.	Producto final .....	23
4.1.3.	Diagrama de ingeniería: pesadora-ensasadora.....	24
4.1.4.	Sistema de recogida de datos .....	29
4.2.	Metodología para la resolución de problemas.....	29
4.2.1.	DMAIC .....	29
4.2.2.	Herramientas Lean utilizadas .....	31
5.	Resultados y discusión .....	34
5.1.	Etapa 1: DEFINIR .....	34
5.2.	Etapa 2: MEDIR.....	34
5.2.1.	Medición de la No Calidad.....	34
5.2.2.	Muestreo Estadístico .....	38
5.2.3.	Medición configuración de la máquina .....	39
5.2.4.	Determinación del alcance del proyecto .....	41
5.3.	Etapa 3: ANALIZAR .....	41
5.4.	Etapa 4: MEJORAR.....	46

---

5.4.1.	Valoración de las causas raíz.....	46
5.4.2.	Identificación de posibles soluciones .....	47
5.4.3.	Priorización de las acciones propuestas .....	49
5.4.4.	Plan de acciones .....	50
5.4.5.	Potencial de mejora .....	54
5.5.	Etapa 5: CONTROLAR .....	55
6.	Conclusiones .....	56
7.	Referencias .....	57
ANEXO 1. Plantillas de recogida de datos .....		60
ANEXO 2. Programación del taller Kaizen .....		63

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Factores clave del Lean Manufacturing. Fuente: (Hernandez & Vizán, 2013) .....	9
Figura 2. Línea temporal de la evolución del Lean Manufacturing. Fuente: Elaboración propia	10
Figura 3. Estructura de las herramientas del Lean Manufacturing. Fuente: Elaboración propia	11
Figura 4. Ejemplo tarjeta Kanban. Fuente: (Hernandez & Vizán, 2013) .....	14
Figura 5. Elementos del cálculo de la OEE. Fuente: (Hernandez & Vizán, 2013) .....	16
Figura 6. Clasificación OEE. Fuente: (Cruelles Ruiz, 2010) .....	17
Figura 7. Ejemplos de ensaladas mezcla. Fuente: Google .....	18
Figura 8. Envase (a) y embalaje (b) que se utiliza para las ensaladas mezcla. Fuente: Google..	18
Figura 9. Distribución porcentual de la producción de la industria de estudio. Fuente: Elaboración propia .....	19
Figura 10. Diagrama del proceso productivo. Fuente: Elaboración propia.....	20
Figura 11. Ensalada mezcla: escarola rizada, radicchio y brotes de espinaca y lollo rojo. Fuente: (Florette, 2018).....	23
Figura 12. Conjunto pesadora-ensadora. Fuente: (SoloStocks, 2017).....	24
Figura 13. Diagrama de ingeniería del proceso. Fuente: Elaboración propia .....	24
Figura 14. Volteador hidráulico. Fuente: (Direct industry, 2018).....	25
Figura 15. Tolva de alimentación con salida de cinta transportadora. Fuente: (Direct industry, 2018) .....	25
Figura 16. Dosificador vibrador. Fuente: (Mafrigarlo, 2018) .....	26
Figura 17. Pesadora. Fuente: (T.J.F., 2018) .....	26
Figura 18. a) Cilindros sin fin, parte trasera (CMSA, 2018), B) Cuello formador de bolsas (Macoypack, 2018) .....	27
Figura 19. Ensamadora vertical. Mordazas en la parte interior. Fuente: (Maquinaria de envases consultores, 2018) .....	28
Figura 20. Detector de metales y control de peso. Fuente: (Jinlong industrial co, 2018) .....	28
Figura 21. Mesa giratoria. Fuente: (IMM AUTOMATION, 2018) .....	29
Figura 22. Etapas de la metodología DMAIC. Fuente: Florette.....	30
Figura 23. Ejemplo de Diagrama de Pareto. Fuente: Google.....	32
Figura 24. Esquema del Diagrama de Ishikawa. Fuente: (Ceolevel, 2015) .....	33
Figura 25. Ejemplo de bolsa "pillada".....	36
Figura 26. Causas de No Calidad durante la 1ª hora del arranque.*Las causas que no aparecen en la Figura es porque no se han registrado datos.....	37
Figura 27. Bolsas defectuosas totales en los rangos de tiempo durante la 1ª hora del arranque. Fuente: Elaboración propia .....	38
Figura 28. Causas de las bolsas defectuosas en el plato. Fuente: Elaboración propia .....	39
Figura 29. Causas de la No Calidad cuando la máquina NO está testada. Fuente: Elaboración propia.....	40
Figura 30. Causas de la No Calidad cuando la máquina SI está testada. Fuente: Elaboración propia.....	40
Figura 31. Ejemplo para el Panel Cambio de Turno. Fuente: Elaboración propia.....	52

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las causas de No Calidad estudiadas. Fuente: Elaboración propia .....	35
Tabla 2. Causas evidentes detectadas. Fuente: Elaboración propia .....	47
Tabla 3. Acciones propuestas para cada causa evidente identificada. Fuente: Elaboración propia .....	48
Tabla 4. Matriz de priorización de acciones propuestas. Fuente: Elaboración propia .....	50
Tabla 5. Plan de acciones definido para cada medida de mejora. Fuente: Elaboración propia...	50

## 1. Introducción

Actualmente en España, la industria agroalimentaria debido a la modernización de la producción y el aumento de las exportaciones, ha llegado a convertirse en una potencia mundial, llegando a representar el 2,7% del PIB nacional (Retail Actual, 2017). Desempeña un papel muy importante en el sector económico, ya que ocupa el primer lugar en la rama industrial considerándose una pieza fundamental en la cadena alimentaria. Aporta valor añadido a la producción primaria, y su innovación, desarrollo e investigación se encuentran a la orden del día adaptándose a las nuevas tecnologías, exigencias del consumidor y modelos de gestión. Además, resulta un pilar clave para el conjunto de la cadena agroalimentaria, ya que transforma el 70% de la producción agraria (MAPAMA, 2018).

Una rama crucial en la industria agroalimentaria española es el sector de la IV gama. El mercado de productos de IV Gama resulta muy dinámico y poco a poco se ha ido introduciendo en todo el mercado español. Actualmente los productos de IV Gama alcanzan más del 60% de los hogares españoles con un consumo de 2,8 kg por persona y año (Luna-Riquelme, 2014).

Sin embargo, a pesar de todas estas buenas cifras y su posición en el mercado, las empresas dedicadas a la IV gama deben afrontar multitud de dificultades como son la garantía de inocuidad de los productos y la correcta aplicación del código de las Buenas Prácticas Agrícolas, de Fabricación y de Distribución como objetivo de minimizar el riesgo de contaminación de sus productos. Y además de todo ello, se ha de conseguir la satisfacción de los clientes, cada vez más exigentes en cuanto a la calidad del producto final, siendo siempre competentes dentro del sector.

Este entorno pone a las empresas un reto sobre la mesa: la eficiencia. No solo la eficiencia de la propia empresa, sino la de las líneas de productos o de referencias y su rentabilidad, hace que la innovación en los procesos productivos sea necesaria. Por ello, el mejor ejemplo de modelo productivo competitivo es el llamado: *Lean Manufacturing* (Aguilar, 2015). El *Lean Manufacturing* es definido como una “filosofía de trabajo basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios”. Esta metodología integra un conjunto de técnicas que abarcan todo el sistema de fabricación, y pueden aplicarse a todo tipo de organización empresarial (Hernandez & Vizán, 2013).

Debido a su reciente aplicación en la industria agroalimentaria, ha quedado demostrado la efectividad de esta herramienta en lo relacionado con la competitividad de las empresas, ya que permite, a su vez, reducir costes mejorando la productividad y la calidad del producto final (Kennedy, Plunkett, & Haider, 2013). Entre todas las herramientas que forman parte de la filosofía “Lean”, el OEE: *Overall Equipment Effectiveness* es una de las más utilizadas para la medición de la eficiencia en los procesos de fabricación. Consiste en un indicador de la eficiencia y la productividad que sirve como base para la mejora de procesos puesto que es capaz de cuantificar el impacto de la eficiencia del proceso.

Por lo tanto, teniendo en cuenta la posición de la industria de IV gama en el sector español, la aplicación del *Lean Manufacturing* y sus herramientas resulta una oportunidad interesante y atractiva para conseguir una mayor eficiencia y competitividad en el sector nacional e internacional.



## 2. Antecedentes

### 2.1. Lean Manufacturing

*Lean Manufacturing* es una filosofía de trabajo/modelo de gestión, basada en las personas, el trabajo en equipo y la resolución de problemas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”. Estos desperdicios se definen como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte y almacenaje, sobreprocesamiento, inventario y movimientos. El sistema Lean, ayuda a conseguir flujos de alto valor añadido en un escenario de mejora continua permanente, teniendo como máximo punto clave el respeto a las personas y el trabajo en equipo. El engranaje entre estos factores proporciona el éxito en el sistema productivo (Figura 1).

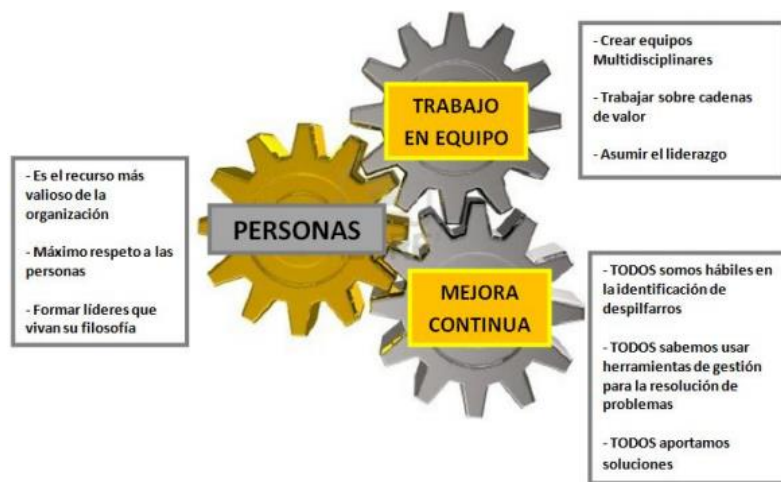


Figura 1. Factores clave del Lean Manufacturing. Fuente: (Hernandez & Vizán, 2013)

Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación. El método de fabricación de *Lean Manufacturing* actúa en todas las facetas de la cadena de valor mediante la eliminación de desperdicios con el fin de reducir costes, generar beneficios, obtener más ventas y permanecer competitivos en un mercado global constantemente creciente.

Su origen se remonta hacia principios del siglo XX en Japón (Figura 2), en el momento en el que empresas japonesas adoptan una cultura consistente en buscar obsesivamente la forma de aplicar mejoras en la industria, a nivel de puesto de trabajo y línea de fabricación. Todo ello, en contacto directo con los problemas y contando con la colaboración, involucración y comunicación plena entre directivos, mandos y operarios.

Después de la Segunda Guerra Mundial, mientras los Estados Unidos seguían produciendo en masa gracias a su creciente economía, en Japón, la escasez de recursos, tanto de material como de mano de obra y de recursos financieros, hicieron nacer una nueva forma de producir orientada en su totalidad a la reducción de costes. Los directivos de Toyota, Taiichi Ohno y Shigeo Shingo, fueron quienes desarrollaron un nuevo sistema llamado "*Toyota Production System*", o "*Lean Manufacturing*." El objetivo de este sistema era minimizar el consumo de recursos que no añaden valor al producto, con una búsqueda continuada de mejoras. Este nuevo sistema hizo que Toyota se convirtiera en una industria mucho más eficiente y competitiva.

A partir de estas reflexiones, se establecieron las bases del nuevo sistema de gestión JIT: *Just in Time* (Justo a tiempo). El sistema formulaba un principio muy simple: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”. Al amparo de la filosofía JIT fueron desarrollándose diferentes técnicas: sistema SMED, el sistema Kanban, Jidoka, Poka–Joke...

El resurgimiento de Japón como modelo de economía empresarial, rápidamente fue seguido por otros países, copiando este notable sistema. Hoy en día el *Lean Manufacturing* es una metodología conocida en todo el mundo, estando cada día más implantado en el sistema productivo.

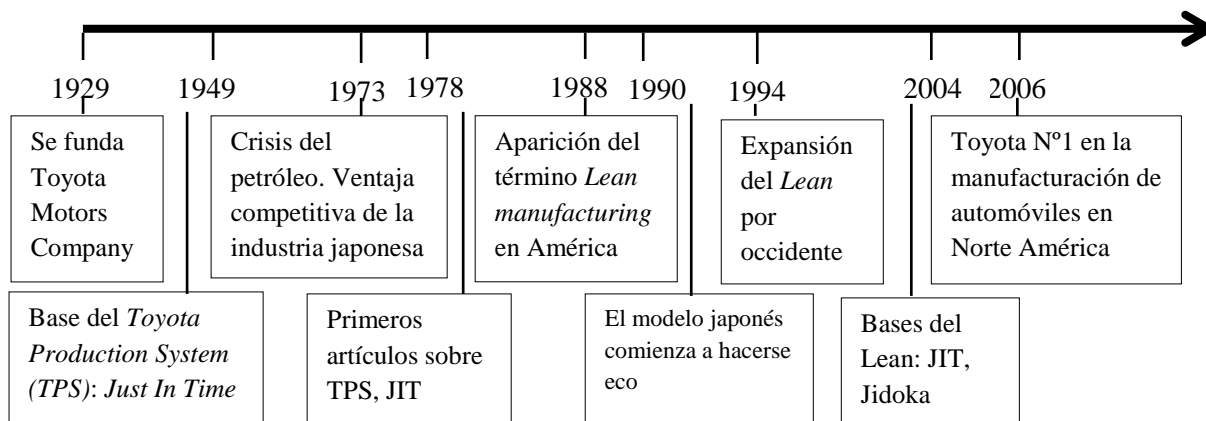


Figura 2. Línea temporal de la evolución del Lean Manufacturing. Fuente: Elaboración propia

### 2.1.1. Objetivo y principios

Muchas definiciones del *Lean Manufacturing* definen su objetivo como el desarrollo una cultura hacia una organización más eficiente mediante cambios en los procesos del negocio, con el fin de incrementar la **velocidad de respuesta** por medio de **reducción o eliminación de despilfarros, costes y tiempos** (Hernandez & Vizán, 2013).

#### Principios Lean Manufacturing

- 1) **Definición de Valor Añadido:** *todo aquello que hace que se cumplan las funcionalidades esperadas por el cliente, con un nivel de calidad esperado, a un coste esperado y en un plazo de tiempo esperado.* Las actividades de valor añadido son aquellas que el cliente está dispuesto a pagar por ellas. Todas las otras son desperdicios, despilfarros, lo que se conoce como “MUDA”.
- 2) **Cadena de valor:** Pasos a seguir para crear valor. La cadena de valor es el conjunto de acciones necesarias para obtener un determinado producto o servicio. Llegaremos a obtener ese producto a través de las tareas de gestión principales: tarea de resolución de problemas, de gestión de la información y de transformación física.
- 3) **Flujo continuo:** Pasos para crear valor en flujo continuo. Crear flujo continuo con las actividades que forman la cadena de valor de forma que la pieza no quede inmovilizada como inventario. Para conseguir este flujo continuo es necesario fabricar al ritmo de la demanda: *takt time*. El *Takt time* de un proceso que fabrique productos de uno en uno, a ritmo constante durante el tiempo disponible, es el tiempo que transcurre entre la fabricación de dos productos consecutivos para poder coincidir con la demanda (es decir, frecuencia). Da una idea de la velocidad ideal de producción para no tener sobreproducción y satisfacer la demanda del cliente.

- 4) **Sistema de fabricación PULL:** producir contra la demanda. Producir lo que se ha vendido. Los sistemas Lean buscan ajustar su producción a un sistema “pull”, teniendo en cuenta que hay 3 maneras de producir: contra pedido, contra previsiones o contra demanda real. De esta manera, se evita la generación de un stock innecesario.
- 5) **Mejora continua, Kaizen:** optimizar los resultados de los indicadores del proceso. El Kaizen lleva a las empresas a seguir siendo competitivas estando siempre en una evolución continua.
- 6) **Implicación del personal y respeto al trabajador:** Empatizar con los trabajadores e invitarles a formar parte del cambio. Implicar al personal en la evolución y la aportación de ideas con el fin de mejorar el proceso y el ambiente de trabajo. La filosofía Lean implica relegar las políticas de mandos y relaciones jerárquicas por relaciones basadas en el liderazgo y el trabajo en equipo.

### 2.1.2. Herramientas del Lean Manufacturing

Una vez definido el objetivo y los principios sobre los que se basa el Lean Manufacturing, existen un conjunto de herramientas. Estas herramientas pueden utilizarse de manera individual como conjunta, dependiendo de cada caso, aunque con el mismo fin: eliminar y/o reducir los desperdicios y vacíos improductivos, mejorar el nivel de calidad de los productos y reducir los costes.

A la hora de utilizar las herramientas Lean, se forman equipos de trabajo cuyos integrantes representan a diferentes niveles de la organización, en especial demanda de la participación activa de los operarios durante toda la etapa de la metodología.

A continuación, en la Figura 3, se observan representadas en forma de “casa” como sistema estructural, las diferentes herramientas del Lean Manufacturing, haciendo una correlación entre la importancia de las herramientas en función de la posición que ocupan. A continuación se exponen las principales herramientas con una breve descripción de las mismas.

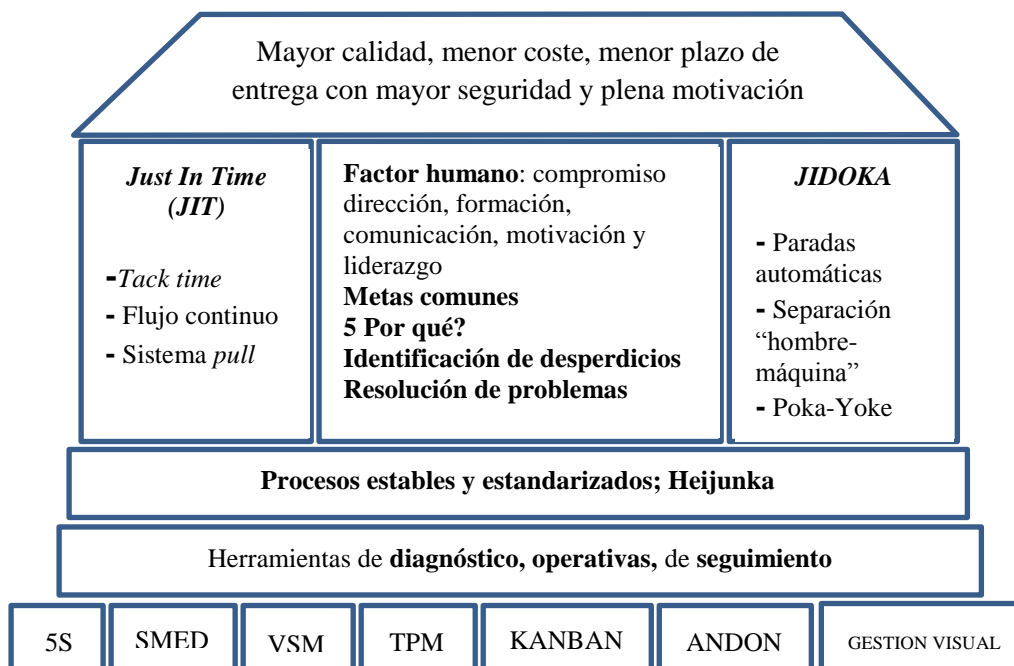


Figura 3. Estructura de las herramientas del Lean Manufacturing. Fuente: Elaboración propia

### **JUST IN TIME (JIT)**

El Just In Time (JIT) es uno de los pilares del Toyota Production System (TPS), es una metodología de organización que se traduce como un sistema cuyo objetivo es producir justo lo que se necesita, cuando se necesita, con excelente calidad y sin desperdiciar recursos del sistema. De esta manera, el inventario siempre se encuentra en el nivel más bajo posible (Marín & Delgado, 2000).

Además de proporcionar métodos para la planificación y el control de la producción, incide en muchos otros aspectos de los sistemas de fabricación, como son, entre otros, el diseño de producto, los recursos humanos, el sistema de mantenimiento o la calidad.

### **JIDOKA**

Es uno de los pilares del Toyota Production System (TPS), y se define como “automatización con un toque humano”. En una herramienta que consiste en dotar al proceso de un método de autocontrol de la calidad, de manera que permite a los trabajadores detectar problemas de fabricación para poder actuar en el momento en el que se producen (García-Alcaraz, Maldonado-Macías, & Cortés-Robles, 2014)

El objetivo principal consiste en dotar al proceso de su propio sistema de autocontrol de calidad, por lo tanto, en el caso de existir una anomalía durante el proceso, este se detendrá automática o manualmente, impidiendo que las unidades defectuosas avancen en el proceso. Dos de las herramientas más útiles para llevar a cabo este proceso son: Poka-Yoke y Andon (Huerta, 2010).

- **POKA-YOKE**

La herramienta Poka-Yoke persigue evitar los errores humanos que afectan a la calidad del producto. Este dispositivo es cualquier mecanismo que ayude a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo. Estas herramientas pueden ser tanto físicas, como mecánicas o eléctricas y han de tener las siguientes características: ser simple y barato; ser parte del proceso; ubicarse cerca o en el lugar del posible error (Feld, 2001).

Un sistema poka-yoke posee dos funciones: hacer la inspección del 100% en las partes producidas, y ser capaz de retroalimentarse y generar una acción correctiva. Los efectos del método en reducir defectos dependen en el tipo de inspección que se esté llevando a cabo.

- **ANDON**

Es una herramienta de control visual, aunque en algunas ocasiones puede ser auditivo, que permite plasmar de forma sencilla, el estado del sistema de producción y alerta ante la aparición de problemas. Permite conocer con facilidad si las condiciones de funcionamiento de los equipos son o no las óptimas, informando sobre el tipo de anomalía.

### **HEIJUNKA o NIVELADO DE LA PRODUCCIÓN**

Más que una herramienta, es una forma de planificar y nivelar la producción, trabajando en lotes más pequeños y mezclando diferentes tipos de productos en el mismo proceso, adaptando la capacidad de producción a la demanda del cliente. Se encuentran técnicas como el uso de células

de trabajo, el flujo continuo pieza a pieza, producir respecto al *Takt time* (tiempo de ritmo) y nivelar el volumen de producción (Hernandez & Vizán, 2013).

Su objetivo es reducir las fluctuaciones de las cantidades a fabricar de cada producto, produciendo varios modelos o formatos en una misma línea de producción, y en pequeños lotes. El Heijunka, trata de determinar el volumen diario de producción, de forma que se mantenga aproximadamente constante a lo largo de todo el periodo.

## **5S**

Las 5S es una herramienta operativa, sencilla de implantar en cualquier industria con la cual se consigue un entorno limpio y ordenado que favorece el aumento de la productividad y mejora el ambiente de trabajo a través de un estándar de orden y limpieza en el puesto de trabajo (García-Alcaraz, Maldonado-Macías, & Cortés-Robles, 2014). Las 5S se corresponden con el acrónimo de las palabras japonesas que se traducen al castellano como: *Seiri* (eliminar), *Seiton* (Orden), *Seiso* (Limpieza), *Seiketsu* (Estandarización) y *Shitsuke* (Disciplina) (Manzano Ramírez & Gisbert Soler, 2016).

La integración de las 5S permite motivar a los empleados al ver cambios visuales positivos en su entorno de trabajo. Para una correcta implantación de las 5S, como con cualquier otra herramienta de mejora, se debe escoger un área piloto donde aplicar la técnica, la cual servirá como parte de enseñanza, demostración y un punto desde el cual comenzar a realizar el resto de la implantación en la organización.

## **SMED (Single Minute Exchange Die)**

Es un conjunto de conceptos y técnicas que tienen como fin la disminución de los tiempos de preparación, sobre todo en lo referentes a la maquinaria.

La reducción del tiempo de cambio de útiles ha cobrado una importancia vital con la difusión de la filosofía JIT, su idea de reducir el desperdicio. Para conseguirlo, es necesario estudiar el proceso e implementar cambios en él para obtener un proceso más estandarizado que facilite la reducción del tiempo de preparación (Hernandez & Vizán, 2013).

Las tareas del cambio de útiles son clasificadas en dos categorías:

- Tareas internas: Solamente pueden realizarse con la máquina parada. El tiempo empleado en estas tareas es denominado tiempo interno. Estas tareas son conocidas también como Operaciones de cambio de útiles con máquina parada (OMP).
- Tareas externas: Realizables mientras que la máquina trabaja, es decir, en tiempo enmascarado.

## **TPM (Total Productive Maintenance)**

Herramienta lean que hace que todo el personal de producción debe estar implicado en las acciones de mantenimiento, es decir, es un proceso a partir del cual se maximiza la productividad total, aprovechando las habilidades de todo el personal (Orellana huerta, 2010). Se basa en el seguimiento regular de un equipo durante su funcionamiento, con el fin de evitar las paradas de la máquina debidas a averías, puesto que considera que los equipos de producción ejercen una influencia importante sobre conceptos relativos a la producción como la calidad, la productividad o el coste (Muchiri & Pintelon, 2008).

**VSM (Value Stream Mapping): Mapa de flujo de valor**

Herramienta gráfica de análisis de procesos, flujos de materiales e información, en la que se representan todas las acciones (con o sin valor añadido) para entregar el producto al cliente, con el objetivo de detectar las posibles mejoras. El VSM muestra:

- El flujo de materiales, de izquierda a derecha, en la parte inferior del mapa
- El flujo de información que controla el flujo de material, de derecha a izquierda en la parte superior del mapa
- Datos que expresan el nivel de desperdicio con relación al tiempo de valor añadido en los distintos procesos de flujo.

Ofrece una visión global de todo el proceso producto, a través de la cual resulta más fácil ver y proponer mejoras y optimizaciones. Muestra las fuentes del “despilfarro” y las ineficiencias del sistema productivo.

**KANBAN**

Es un sistema basado en favorecer la comunicación entre los trabajadores de una empresa gracias a la utilización de las “tarjetas Kanban”, unas etiquetas (Figura 4) que se adjuntan a los productos durante el proceso de fabricación y que aportan información sobre ellos (Hernandez & Vizán, 2013), (García-Alcaraz, Maldonado-Macías, & Cortés-Robles, 2014). Permite regular el flujo de producción entre procesos y entre proveedores y clientes, basado en un reaprovisionamiento a través de señales que indican cuando se necesita más material. Elimina inventario en curso y sobreproducción, reduce tiempos muertos y mejora el plazo de entrega.

Este sistema Kanban puede ser de 3 tipos:

- Kanban de producción: indica el tipo y la cantidad a fabricar, según lo producido por el proceso anterior.
- Kanban de proveedor: contiene instrucciones a seguir para entregar el producto terminando.
- Kanban de transporte: especifica el tipo y la cantidad de producto a retirar por el proceso posterior.



Figura 4. Ejemplo tarjeta Kanban. Fuente: (Hernandez & Vizán, 2013)



## 2.2. Eficiencia industrial

Se define la eficiencia técnica de una industria como el “uso de los factores de producción que utiliza una organización de un modo técnico, de tal modo que el proceso más eficiente técnicamente será aquel que utilice menos unidades físicas de factores productivos” (Cantalapiedra, 2013). Es decir, lograr los objetivos productivos con mejor cantidad de recursos.

El hecho de mejorar esta eficiencia durante la ejecución de proceso, implica a las personas, recursos tecnológicos, materiales, tiempo e infraestructura física entre otros. El uso de estos recursos determina finalmente, la satisfacción del cliente así como la rentabilidad de la empresa. La mejora de los procesos puede darse desde varios aspectos de vista como puede ser: la mejora de la calidad del servicio, la generación de valor para el cliente, la mejora de la productividad y eficiencia diaria, la optimización de costos en la ejecución de procesos... (Alva Menéndez, 2016). Para ello, como ayuda existen varias herramientas del *Lean Manufacturing* que sirven como medición de la eficiencia.

### 2.2.1. Métodos de medición de la eficiencia: OEE

Existen numerosos métodos para medir la eficiencia pero en este proyecto se ha trabajado con OEE (*Overall Equipment Effectiveness*, o en español: Eficiencia General de los Equipos).

La OEE es un indicador porcentual que permite medir la eficiencia productiva de cualquier proceso, es decir, de los equipos de trabajo. La ventaja del OEE frente a otros ratios es que mide, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad. De esta manera, se puede conocer el rendimiento global y además, saber cuál es la causa de la ineficiencia.

Este indicador está relacionado directamente con el mantenimiento de las máquinas, o lo que se conoce como TPM (herramienta del *Lean Manufacturing* mencionada anteriormente), informa sobre las pérdidas y cuellos de botella en el proceso y permite además estimar las necesidades de materias primas, equipos, personal, etc.

Para realizar el análisis, se centra en 3 índices fundamentales de la producción: disponibilidad, productividad y calidad (Figura 5), de tal manera que:

$$OEE = Disponibilidad * Eficiencia * Calidad$$

**Disponibilidad:** porcentaje del tiempo de explotación real de la línea con respecto al tiempo planificado de producción. Refleja las pérdidas por averías y esperas. El objetivo de este índice es identificar los problemas que generan las averías y paradas para trabajar sobre sus causas y proceder a su eliminación (Caro-Carretero & Ortiz-Marcos, 2013).

$$Disponibilidad (\%) = \frac{tiempo\ operativo}{tiempo\ disponible} * 100$$

Dónde:

- Tiempo disponible: tiempo total de Operación descontando el tiempo que la máquina no estaba planificada para producir.
- Tiempo operativo: tiempo disponible menos el tiempo ocupado por paradas, averías, configuración o ajuste de la máquina.

**Eficiencia:** porcentaje de la producción real generada comparada con la producción total esperada en la línea. Este índice mide el nivel de funcionamiento del equipo teniendo en cuenta las pérdidas relacionadas con la cantidad total de producción; un factor directamente relacionado es la velocidad, que afecta a las pérdidas por tiempos muertos, paradas menores y pérdidas por una velocidad más baja que la de diseño (Caro-Carretero & Ortiz-Marcos, 2013).

$$Eficiencia (\%) = \frac{producción\ real}{producción\ prevista} * 100$$

Dónde:

- Producción prevista: unidades de producto final pronosticadas durante el tiempo operativo.
- Producción real: unidades de producto final durante el tiempo real de producción, es decir, teniendo en cuenta microparadas o reducción de la velocidad nominal.

**Calidad:** porcentaje de la fracción de la producción obtenida que cumple los estándares de calidad, en aquella parte del tiempo empleada en la fabricación de piezas con defectos (Caro-Carretero & Ortiz-Marcos, 2013). Las pérdidas de calidad implican tres tipos de mermas, las generadas durante el arranque, durante la producción y las piezas reprocesadas.

$$Calidad (\%) = \frac{piezas\ buenas}{producción\ real} * 100$$

Dónde:

- Piezas buenas: todas aquellas piezas que se han fabricado conforme a los estándares de calidad y no han sufrido, por lo tanto, ningún tipo de reprocesamiento.

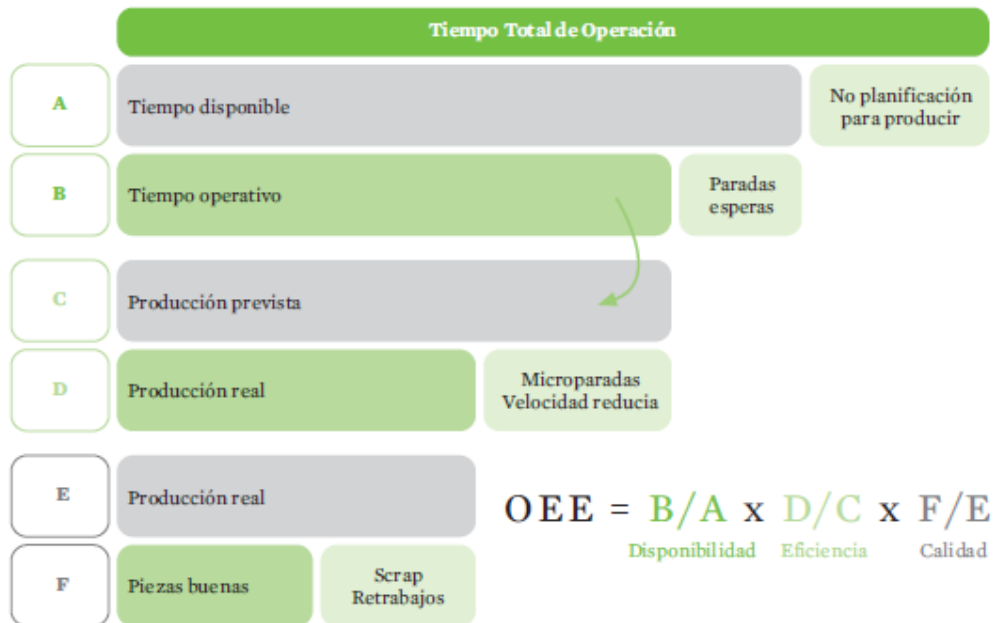


Figura 5. Elementos del cálculo de la OEE. Fuente: (Hernandez & Vizán, 2013)

Una vez determinado el porcentaje de la eficiencia general de los equipos, se presenta a continuación la clasificación que se realiza en función de los porcentajes posibles para determinar las consecuencias de dicha medición (Figura 6).



OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE <65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad
65% < OEE <75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora
75% < OEE <85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja
85% < OEE <95%	Buena	Buena competitividad. Valores considerados como “World Class”
OEE >95%	Excelente	Competitividad excelente

Figura 6. Clasificación OEE. Fuente: (Cruelles Ruiz, 2010)

### 2.3. Industria objeto de estudio

La industria en la cual se ha llevado el proyecto se trata de una multinacional que se dedica a la producción y comercialización de verduras y ensaladas frescas preparadas para consumir o cocinar. Estos productos se conocen como productos de IV gama. La IV gama alberga productos vegetales, frutas y hortalizas frescos sin tratamiento térmico, preparados, lavados y envasados, que han podido ser objeto de troceado, corte o cualquier otra operación relativa a la integridad del producto, listos para consumir o cocinar, destinados al consumo humano (AFHORLA, 2010).

Teniendo en cuenta los hábitos de consumo de los últimos años, según el informe del consumo de alimentación de España en 2016, las ensaladas verdes son el plato más recurrente, y por lo tanto, consumido (11,5% de las ocasiones de consumo), tanto por sus valores nutricionales como por la comodidad de su preparación, todavía más cuando son ensaladas ya preparadas (IV gama).

Esto es debido a la implantación de nuevos hábitos de consumo en la sociedad española, promovidos por los cambios en el estilo de vida de los consumidores, la incorporación de la mujer al mundo laboral, el tamaño de las familias y hogares, el nivel de renta y el aumento de la esperanza de vida entre otros (Carreres, 2010). Por ello, se demandan alimentos de conveniencia que supongan una reducción del esfuerzo y del tiempo empleado en su preparación. Además, estos productos aportan a los consumidores ventajas como pueden ser la reducción del tiempo de cocinado o la compra de los ingredientes para su preparación.

Estas actitudes de los consumidores cada vez más marcadas en la sociedad, están provocando una explosión a nivel mundial en el lanzamiento de nuevos productos adaptados a dicha realidad. La lista de productos IV gama es cada vez más amplia, al igual que su público, por lo que constituyen una parte cada vez más importante de la dieta actual.

#### 2.3.1. Materia prima y producción

La industria estudiada trabaja principalmente con hortalizas de hoja, destinadas a la producción de ensaladas de IV gama. Entre estas hortalizas se encuentra la lechuga iceberg, la escarola rizada y lisa, el radicchio, la acelga, los berros, la col lombarda y otras lechugas (batavia, romana, hoja de roble verde y roja). Además, los brotes son parte de estas mezclas, entre los que se pueden encontrar: brotes de lechugas rojas y verdes, lollos, canónigo, rúcula, savia roja, *red chard*, espinaca baby, *tatsoi* y el *kale*. En menor medida también se procesan otras hortalizas como la zanahoria y la cebolla e incluso frutas como la manzana, el tomate o la pera.

Uno de los grupos de materias primas de mayor interés es la gran variedad de ensaladas mezcla que producen, resultando un gran aliciente para la empresa tanto por su volumen de producción como sus diferentes destinos de mercado (Figura 7).



Figura 7. Ejemplos de ensaladas mezcla. Fuente: Google

### 2.3.2. Cartera de productos

Los productos comercializados por esta industria son productos preparados directamente para consumir y con una corta vida útil (alrededor de 7-10 días). Al tratarse de un producto frágil, presentan una marcada necesidad de cadena de frío para su correcta conservación desde la recogida de la materia prima en el muelle de la industria, hasta el mostrador del producto en los supermercados o las cámaras de refrigeración.

Las hortalizas se comercializan en 3 formatos principales: monoprodutos, primeros brotes y mezclas de varias materias primas (ensaladas mezcla). Con el fin de proteger el producto desde su embolsado hasta su venta directa al consumidor conservando sus propiedades organolépticas, el vegetal es envasado y embalado. Se entiende por envase la cobertura destinada a envolver, contener y proteger adecuadamente un producto para facilitar su manipulación, transporte y almacenamiento. El envase es aquel pensado para que el consumidor reciba el producto y se considera como una unidad de venta (Figura 8.a); mientras que el embalaje es la protección del producto, ya envasado, durante el transporte y/o almacenamiento (Figura 8.b).

Así, el tipo de envase utilizado para todos estos productos es el plástico film termoplástico (material aprobado según el Reglamento CE 10/2011 sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos, (Boletín Oficial del Estado, 2011)), el cual le concede al producto una semana de vida útil aproximadamente, mientras que el embalaje, normalmente es una caja de cartón en la que se deposita el producto.



Figura 8. Envase (a) y embalaje (b) que se utiliza para las ensaladas mezcla. Fuente: Google

En cuanto a su distribución, una vez finalizado el proceso de fabricación, se comercializa a nivel nacional en 2 segmentos de mercado diferentes: HORECA (Hostelería, Restauración y Catering), y canal de distribución para el consumo directo en los hogares.

### 2.3.3. Volumen de producción

EL volumen anual de producción de la industria alcanza los 170 millones de unidades de producción, que equivalen aproximadamente a 39.000 toneladas: 28.500 toneladas de hortalizas adultas, 5.500 toneladas de brotes y 5.000 toneladas de otras materias primas aproximadamente, utilizadas para la elaboración de ensaladas. En la Figura 9 se muestra la distribución de esta producción.

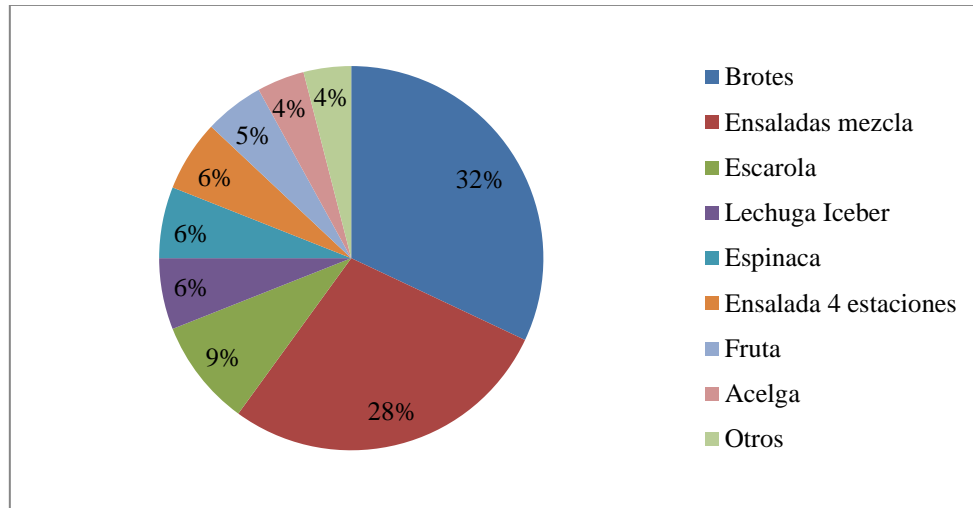


Figura 9. Distribución porcentual de la producción de la industria de estudio. Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura anterior, tanto los brotes como las ensaladas mezcla representan en su totalidad al 60% de la producción (32% y 28% respectivamente), siendo los productos que poseen mayor volumen de producción. Los brotes se comercializan de 2 formas, tanto en monoproductos como en mezclas, mientras que las ensaladas mezclas, compuestas por hortalizas adultas y brotes, se fabrican en diferentes envases en función de su destino final.

### 2.3.4. Diagrama de proceso productivo

Las hortalizas y brotes procesadas en la industria, son trasladadas el mismo día de su recolección, donde se manipulan bajo estrictas condiciones higiénicas a bajas temperaturas (entre 1-4°C) para no romper la cadena de frío. Este es el punto donde da comienzo esta cadena de frío y no debe romperse hasta la llegada al cliente. Una vez fabricado el producto, se almacena en la cámara de producto terminado hasta que se expide a los clientes, normalmente en el mismo día de fabricación. En la Figura 10 se muestra el proceso productivo de las hortalizas desde su entrada en el muelle de recepción de la fábrica, hasta su salida desde el muelle de expediciones.

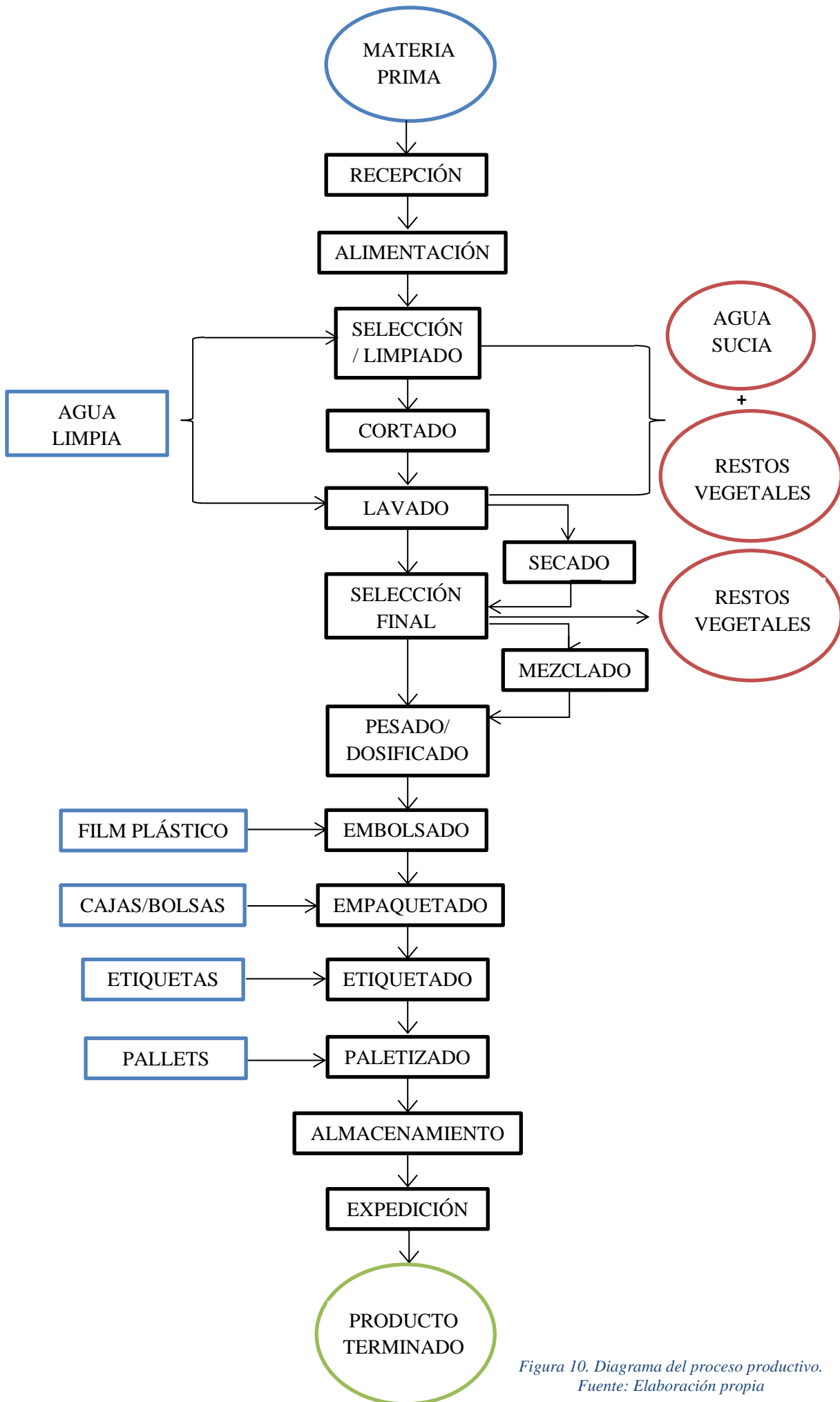


Figura 10. Diagrama del proceso productivo.  
Fuente: Elaboración propia

### 2.3.5. Medida de la eficiencia

En la industria de estudio, se trabaja con el sistema *OEE* como indicador de la eficiencia diaria. De esta manera, el encargado de la línea de embolsado, en el caso de este trabajo, puede comprobar cómo se está desarrollando el turno. Asimismo, estos datos quedan registrados para poder observar su evolución a lo largo del tiempo.

Para ello, los datos se registran de manera automática, permitiendo identificar el porcentaje de no calidad así como las ineficiencias, tiempos y tipos de paradas relacionadas con la maquinaria. De esta manera, se puede detectar de forma horaria, la productividad de la máquina durante un periodo de tiempo determinado.

En este caso, se fijó previamente como objetivo el estudio de los indicadores de No Calidad en una embolsadora en concreto, ya que con anterioridad se ha trabajado en el resto de ineficiencias en lo que respecta a la embolsadora en concreto.

### 2.3.6. Herramientas del Lean Manufacturing aplicadas en la industria

La mejora continua es uno de los puntos fuertes que presenta la empresa de estudio, ya que tiene su propio departamento de Mejora Continua, encargado de ejecutar los proyectos de mejora y sacar el máximo partido a sus recursos. Al ser una fortaleza de la empresa, desde los trabajadores de cada departamento, pasando por los jefes de equipo hasta los operarios de la fábrica, han recibido formación sobre mejora continua y Lean Manufacturing.

Uno de los proyectos más importantes llevados a cabo, destaca el **VSM** realizado con el objetivo de detectar cuáles son las fases críticas del proceso y plantear futuros proyectos de mejora. De esta manera, se identificó la zona de embolsado como la zona más crítica de todo el proceso productivo. Por ello, este trabajo se centra en una de las zonas de embolsado.

Una vez determinada la situación de trabajo, en la zona de embolsado se han realizado varios proyectos de mejora continua como un taller de **5S**, en el que se definieron ubicaciones para los utensilios de trabajo de la zona como pueden ser palas, escobas, cubos de basura... y se eliminaron aquellos elementos que entorpecían el paso de los operarios. Otro de los proyectos finalizados fue un taller **SMED** aplicado a las operaciones durante los cambios de productos. En este taller, se intentó reducir el tiempo empleado en los cambios de bobina de plástico de la embolsadora y en las limpiezas de la pesadora. Para ello, se recurrió a estándares de proceso. A su vez, también se han fijado **estándares de trabajo** en los distintos puestos de trabajo en la zona de embolsado.

Uno de los últimos proyectos implantados en la zona de embolsado, es una herramienta **Poka-Yoke**, basado en un sistema de lotificación. De esta manera, toda la información relativa al número de lote, tipo de producto, forma de embalaje y fecha de caducidad, se envía automáticamente a la impresora de etiquetas, incorporada en la embolsadora.

Todos estos proyectos han sido un gran avance tanto a nivel de la gestión de la empresa como a nivel personal para cada operario, por la mejora en seguridad y ergonomía, eficiencia en el trabajo y ahorra económico.

### 3. Objetivos

El objetivo principal del trabajo es mejorar la eficiencia en la producción de una de las líneas de embolsado de la industria de IV gama. La línea analizada embolsa principalmente ensalada mézclum, caracterizándose por conformar lotes de gran volumen especialmente destinados a HORECA.

Por lo tanto, para alcanzar el propósito final de incrementar la eficiencia en esta fase de la producción, se ha determinado la No-Calidad como factor de ineficiencia, proponiéndose así los siguientes objetivos:

- Identificar y analizar las **causas-raíz** de la **no calidad** que provocan la ineficiencia del embolsado.
- Plantear un **plan de acciones** de mejora para reducir estas ineficiencias.
- Diseñar un **plan de control** que garantice el mantenimiento de las mejoras obtenidas.

Para alcanzar estos objetivos se utilizan herramientas y metodologías propias del campo de la mejora continua y el *Lean Manufacturing*, empleando como indicador de eficiencia, el análisis del *OEE* y los datos tomados en campo, antes y después de la mejora.

## 4. Materiales y herramientas utilizados

### 4.1. Materiales

#### 4.1.1. Materias primas

El producto con el que se trabaja durante el proyecto, consiste en una mezcla de hortalizas adultas, como son la escarola rizada y el *radicchio*, y brotes de hortalizas de espinaca y lollo rojo.

- Escarola rizada (*Cichorium endivia* var. *crispa*): planta bienal con raíz pivotante y hojas con bordes dentados. En el interior, desarrolla un corazón blanco y bastante compacto, con sabor amargo. Su ciclo de cultivo en el área mediterránea varía entre 90 y 140 días en función de la estación del año (Marhuenda & García, 2017). En cuanto a su composición, el agua es el elemento predominante, junto a las vitaminas C y B disueltas en ella.
- Radicchio u hoja de achicoria roja (*Cichorium intybus* var. *Foliosum*): es una variedad de la achicoria, habitualmente de color morado en su madurez. Es una planta bienal, con raíz pivotante, engrosada y larga. Las hojas, de color morado brillante, forman una roseta compacta y lisa levemente rugosa, manteniendo el nervio y las venas de color blanco. Existen muchos tipos, el característico de esta mezcla es el Rosso di Chioggia. En cuanto a su composición, es un 94% agua, y destaca por su aporte en vitaminas A y B, y minerales como el potasio, el calcio, el magnesio y su acción antioxidante (Hurtado. Frutas y verduras, 2017).
- Lollo rojo o lollo rosso (*Lactuca sativa* var. *Acephala*): variedad de lechuga anual de textura suave y las hojas sueltas. Es una planta con raíz pivotante y ramificada, de hojas sueltas que no forma cogollo, color rojo cobrizo y bordes ondulados y aserrados (Eroski consumer, 2018). Son pequeños brotes tiernos, recolectados con un tamaño entre los 8-12cm. Aporta mayoritariamente agua en un 92% y es rico en vitaminas A, C y E, además de sales minerales y fibra (Naturnoa. Siembra sostenible, 2018).
- Brotes de espinaca o espinaca *baby* (*Spinacea oleracea*): espinaca de hoja lista, que ha sido cosechada de forma temprana. Su cultivo se realiza durante todo el año (Licata, 2017). Su sistema radicular es pivotante, con hojas caulíferas, más o menos alternas y pecioladas, de color verde oscuro y brillante y su tamaño no excede de los 9-10cm. Respecto a su composición, abunda el agua en un 91%, y destaca en contenido de calcio, hierro y potación en cuanto minerales; y es rica en vitaminas A, C, E y en sustancias antioxidantes.

#### 4.1.2. Producto final

Con estos productos, se confecciona la ensalada mezcla, proporcionando diferentes sabores y texturas, las cuales también además de ser un punto a favor para su presentación, es una cuestión a tener en cuenta en su fabricación a la hora de manipular la mezcla (Figura 11).

Las proporciones de la ensalada son las siguientes:

- 65% escarola rizada
- 8% brote lollo rojo
- 8% espinaca *baby*
- 19% radicchio

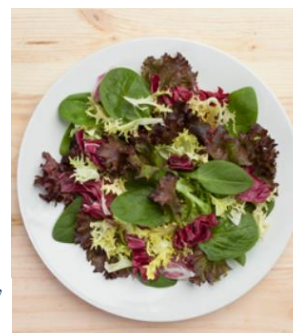


Figura 11. Ensalada mezcla: escarola rizada, radicchio y brotes de espinaca y lollo rojo. Fuente: (Florette, 2018)



### 4.1.3. Diagrama de ingeniería: pesadora-ensasadora

Tal y como se ha presentado al inicio del trabajo, este se centra en la fase de embolsado, por lo que a continuación se presentan los elementos característicos del conjunto pesadora-ensasadora (Figura 12). En la Figura 13 se muestra el diagrama de ingeniería del proceso, procediendo posteriormente a su explicación.



Figura 12. Conjunto pesadora-ensasadora. Fuente: (SoloStocks, 2017)

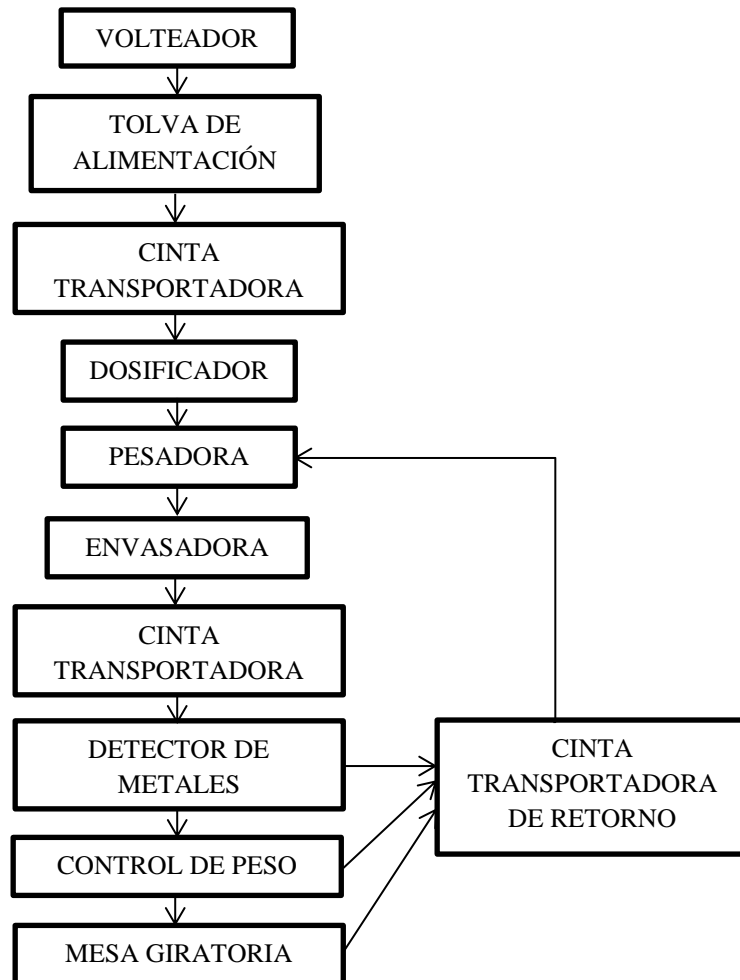


Figura 13. Diagrama de ingeniería del proceso. Fuente: Elaboración propia



### Volteador

El aporte de producto a la pesadora puede darse de manera directa o indirecta. En el primero de los casos, la línea trabaja de forma continua procesando el producto que proviene directamente de la línea de selección. Por otro lado, cuando la alimentación de la pesadora es indirecta, tal y como en este caso, quiere decir que el producto que ha sido previamente secado, acumulado en contenedores y que se ha aportado posteriormente a la cinta de alimentación mediante un volteador (Figura 14).



*Figura 14. Volteador hidráulico. Fuente: (Direct industry, 2018)*

### Tolva de alimentación o búnker

Estos contenedores se voltean sobre un búnker (Figura 15), el cual está dotado de una cinta transportadora en su interior. La función principal del búnker es aportar el producto de manera uniforme a la línea, con la ayuda de un rodillo que consigue unificar la altura del producto, evitando que lleguen excesos de producto hasta la pesadora y se produzcan atascos.



*Figura 15. Tolva de alimentación con salida de cinta transportadora. Fuente: (Direct industry, 2018)*

### Dosificador

El dosificador es el último elemento que forma parte de este conjunto. Se trata de un equipo sobre el que cae el producto de la cinta transportadora y que, mediante vibración, es aportado a la pesadora (Figura 16).



Figura 16. Dosificador vibrador. Fuente: (Mafrigarlo, 2018)

### Pesadora

El aporte de producto en las tolvas de acumulación se realiza a través de un cono distribuidor y una serie de láminas denominadas radiales (Figura 17). Tanto el cono como los radiales, presentan unos niveles de vibración determinados para cada tipo de producto mediante diferentes programas. Los principales sistemas de dosificado y/o pesajes utilizados son las pesadoras lineales y las pesadoras multicabezales.

En este caso, la línea de embolsado está dotada de una pesadora multicabezal, la cual proporciona una mayor velocidad y precisión del proceso de pesaje que la pesadoras lineales. Esta pesadora multicabezal dispone de varias tolvas de pesaje que, mediante combinatoria, obtiene una alta precisión del peso nominal del producto que se está fabricando. La máquina fracciona el producto en pequeños grupos, que son procesados en diferentes básculas, obteniéndose la mejor combinación entre tres o más recipientes. Después, la pesadora abre las tolvas de pesaje dejando caer el producto por acción de la gravedad hasta la embolsadora.

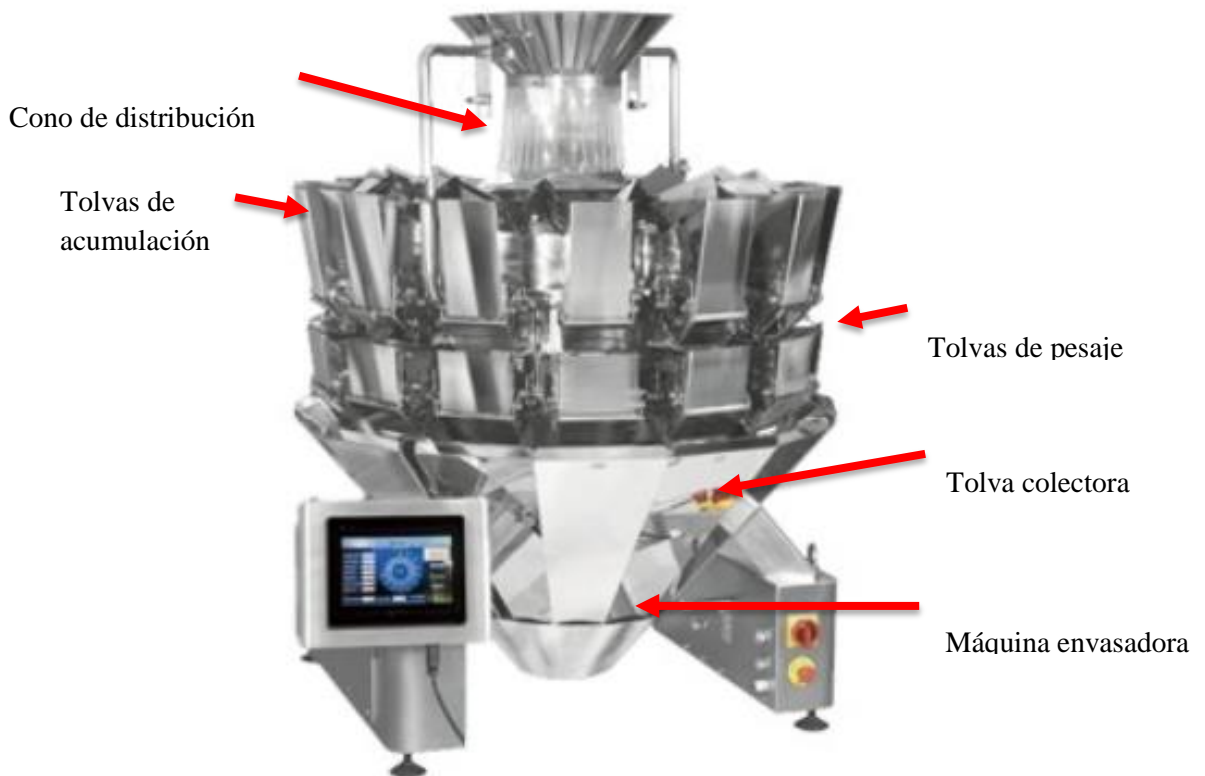


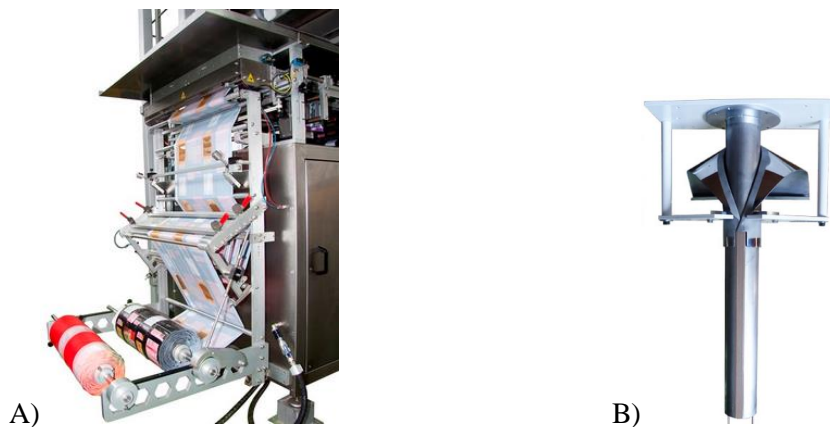
Figura 17. Pesadora. Fuente: (T.J.F., 2018)

## Envasadora

Para que el producto avance desde la pesadora a la embolsadora, es necesaria una preparación inicial de la misma. En primer lugar, es necesario colocar la bobina que contiene el film plástico en la parte trasera de la embolsadora (Figura 18 A), desde donde avanza hasta llegar al cuello del formador de la máquina, situado en la parte delantera (Figura 18 B). La forma que adoptará el plástico (el ancho de la bolsa, condicionado a su vez por el peso nominal del producto final), estará condicionada por el diámetro del tubo formador.

Una vez que el plástico film está preparado, el producto desciende desde la pesadora, pasando por el embudo colocado en el cuello del formador, para facilitar la formación de la bolsa de plástico y la introducción de la materia vegetal. De esta manera, el producto cae sobre el embudo que le conduce hacia el formador donde se encuentra ya el plástico preparado. Posteriormente, se produce el sellado del plástico gracias a la acción de las mordazas (Figura 19). El sellado se produce por la aplicación de altas temperaturas, permitiendo que se unan tanto la parte delantera y la parte trasera del plástico (comúnmente denominada “horizontal”), como la parte anterior de la bolsa (comúnmente denominada “vertical”). Asimismo, las mordazas llevan instalado un sistema de refrigeración para bajar la temperatura de las bolsas después del sellado.

Por último, son las correas, las encargadas de arrastrar el plástico una vez sellado, dejando caer el producto terminado hacia la cinta de salida. De esta manera, queda visto que la embolsadora tiene dos funciones: preparar y dar forma al plástico film y realizar su sellado.



*Figura 18. a) Cilindros sin fin, parte trasera (CMSA, 2018), B) Cuello formador de bolsas (Macoypack, 2018)*



Figura 19. Envasadora vertical. Mordazas en la parte interior. Fuente: (Maquinaria de envases consultores, 2018)

### Detector de metales y control de peso

Una vez que se ha embolsado el producto, este cae sobre una cinta transportadora que llega a la mesa de salida giratoria (comúnmente denominada, plato), pasando a través de los detectores de metales pesados y gramaje (Figura 20). En el caso de que el producto contuviese alguna traza o resto de metal pesado, así como un error en el peso del producto (por exceso o por defecto), éste se expulsaría de manera automática de la cinta transportadora justamente al pasar por el detector mediante unas pestañas, que arrastrarían la bolsa hacia unos contenedores.



Figura 20. Detector de metales y control de peso. Fuente: (Jinlong industrial co, 2018)

### Mesa giratoria

Una vez pasados los controles de metales y gramaje correctamente, el producto terminado llega la mesa giratoria (Figura 21) para ser empaquetado. Además, en esta zona también se encuentra el sistema de lotificación desde el cual se determina el número de lote que se está fabricando, y manda la información a la embolsadora que imprime esta información sobre el film plástico.



Figura 21. Mesa giratoria. Fuente: (IMM AUTOMATION, 2018)

En esta fase de salida de producto de la embolsadora, existe una cinta elevadora complementaria que conecta la zona de salida (mesa giratoria, detector de metales y control de peso), con la zona de la pesadora. Su función principalmente consiste en poder elevar las bolsas defectuosas desde la salida de la embolsadora hasta la pesadora, para poder reutilizar el producto.

#### 4.1.4. Sistema de recogida de datos

Para obtener los datos referentes a la productividad relacionada con la calidad (bolsas totales y bolsas buenas producidas), se ha combinado los datos proporcionados por el sistema *OEE*, así como los datos recogidos por su base de datos junto a la toma de datos en el terreno.

El sistema *OEE* proporciona un registro actualizado del estado de las órdenes de fabricación en la zona del embolsado, facilitando de manera horaria las bolsas totales y bolsas buenas producidas para cada orden de fabricación. Este registro se realiza a través de la impresora de etiquetas, que con un lector de código de barras, lee y recoge la información que esta contiene.

Por otro lado, mediante el registro de producción de las órdenes de fabricación se contabilizan las bolsas producidas durante la 1ª hora, recogiendo en la base de datos propia de la empresa.

Por último, para identificar con más detalle el total de bolsas defectuosas y su motivo de retirada, fue necesario realizar durante 17 días, varias recogidas de datos sobre el terreno utilizándose dos tipos de plantillas que pueden verse en el Anexo 1. La plantilla A, recopila las posibles causas de no calidad en un rango de tiempo de 15 minutos durante la 1ª hora del arranque (6:00h – 7:00h); así como los días en los que la máquina ha sido configurada correctamente antes del inicio de la producción (lo que se denomina: testeo). Por otro lado, la plantilla B, recoge en un rango de 5 minutos durante la 1ª hora del arranque, 5 bolsas revisadas en la mesa de salida giratoria de la línea de embolsado (5 minutos corresponden a 100 bolsas producidas).

## 4.2. Metodología para la resolución de problemas

Con el fin de lograr los objetivos propuestos, se proyectó un plan de actuación, el cual se basó en la combinación de una serie de herramientas propias de la Mejora Continua, las cuales se describen a continuación. De esta manera se analizó el problema planteado y se buscaron posibles soluciones.

### 4.2.1. DMAIC

El DMAIC es un método estructurado para la solución de problemas propio de la metodología *Six Sigma*, siendo una de las técnicas de calidad más utilizada por el *Lean Manufacturing* en todo tipo de ámbitos. Las letras son un acrónimo de las 5 fases en las cuales se basa esta

herramienta: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, conformando así un flujo continuo. De este modo, las fases que se han seguido durante la realización del proyecto son las siguientes (Figura 22):

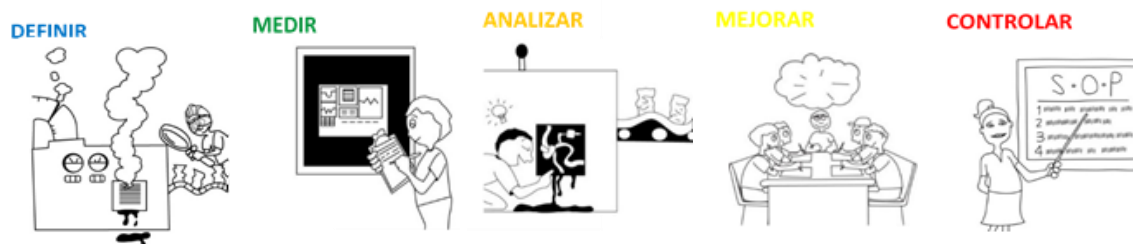


Figura 22. Etapas de la metodología DMAIC. Fuente: Florette

#### 1- ETAPA D: Definir

Esta primera etapa se basa en acotar el problema utilizando la regla de las 5W1H, la cual consiste en contestar 5 preguntas básicas: qué (WHAT), por qué (WHY), cuándo (WHEN), dónde (WHERE), quién (WHO) y cómo (HOW).

Esta regla creada por Lasswell (1979), puede considerarse como una lista de verificación mediante la cual es posible generar estrategias para implementar una mejora. Por lo tanto, el objetivo de esta primera fase se fundamenta en identificar cuál o cuáles son los problemas que existen en un momento en una determinada zona. En este caso, se definió el problema teniendo en cuenta la 1ª hora del arranque de la producción (fabricación en la zona de embolsado) y el objetivo de qué es lo que se quería medir.

#### 2- ETAPA M: Medir

El propósito de la Etapa M, consiste en cuantificar el estado actual del proceso, el problema a tratar; y recopilar datos con los que poder analizar la situación inicial del problema, con el fin de fijar la magnitud del proyecto: objetivos. Estos objetivos se definen de forma específica, medible, alcanzable y realista, de tal manera que permitan establecer una fecha límite de ejecución a través de la realización de un cronograma. En este caso, se realizó una recogida de datos sobre el terreno, apoyándose con el sistema automatizado de recogida de datos y la propia base de datos de la empresa.

#### 3- ETAPA A: Analizar

Una vez cuantificado el problema, en esta etapa se analizan las causas raíz que provocan el problema. En esta fase se realiza un análisis del proceso empleando varias herramientas de mejora. De esta manera, se priorizaron causas-raíz utilizando el Diagrama de Pareto y la metodología “espina de pescado” o Diagrama de Ishikawa. Esta herramienta ayuda a estructurar la información proporcionando claridad, mediante un esquema gráfico de las causas que producen un problema, pero en sí, no identifica la causa raíz. En este caso, en el apartado 4.2.2. *Herramientas de la mejora continua*, se exponen dichas herramientas.

#### 4- ETAPA I: Mejorar

El propósito de esta fase es el de desarrollar e implementar soluciones para las causas-raíz identificadas en las fases anteriores. Todas las causas se clasifican entre “evidentes” y



“probables”, estableciendo prioridad sobre las evidentes. De esta manera, se proponen una serie de soluciones para estas causas evidentes, valorándose en función de su posible ventaja esperada y su grado de dificultad de implantación. A continuación, en este momento se diseñó el plan de acciones así como el plan de ejecución de dichas acciones.

#### 5- ETAPA C: Controlar

Finalmente una vez implantadas las soluciones seleccionadas en el proceso, se estudia el impacto que han tenido estas sobre el proceso, para verificar las mejoras y lograr así un proceso mejorado a largo plazo. Para ello se determinaron una serie de indicadores fácilmente controlables y se diseñó un plan de seguimiento de éstos:

- Configuración de la máquina realizada diariamente: SI/NO
- Testeo de la máquina realizado diariamente: SI/NO
- Número de bolsas pilladas durante la 1ª hora del arranque
- Hora del arranque
- Velocidad de fabricación (bolsas/minuto)
- Extensión de estos tres últimos indicadores al resto de producto elaborados durante la 1ª hora del arranque en la misma embolsadora

#### 4.2.2. Herramientas Lean utilizadas

##### 4.2.2.1. Taller Kaizen

Un taller Kaizen es un equipo de mejora, compuesto por 6-8 personas, llegando a durar entre 1 y 5 días. Son equipos multidisciplinares formados por personas de diferentes niveles de responsabilidad (operarios, mando intermedios) y departamentos (áreas de soporte). El objetivo de estos talleres consiste en analizar un proceso real, identificar sus ineficiencias y proponer ideas o acciones para mejorarlo (Hernandez & Vizán, 2013). Estas soluciones se recogen en un plan de acciones, para su posterior valoración y puesta en marcha.

En el caso de este trabajo, se realizó un taller conformado por 9 personas: 2 pilotos de embolsado (operarios), 1 jefe de equipo de embolsado (mando intermedio), 3 técnicos de calidad (área de soporte), 2 técnicos de *Lean Manufacturing* (área de soporte) y 1 técnico de envasado (área de soporte). El taller tuvo una duración de 1 día, obteniéndose un plan de acción compuesto por 8 acciones, cada una con un(os) responsable(s) y una fecha inicial de ejecución. Este taller se apoyó en herramientas de la mejora continua como el diagrama Pareto, para exponer la situación inicial, o el diagrama Ishikawa y la tormenta de ideas para determinar las acciones más adecuadas y elaborar el plan de acción. En el Anexo 2, se presenta la programación seguida en el taller.

##### 4.2.2.2. Diagrama de Pareto

El análisis Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores basada en el principio de que en cualquier distribución, el 80% de los efectos están producidos por el 20% de las causas. Se describe como una técnica gráfica y sencilla que permite representar, de forma ordenada en cuanto a importancia o magnitud, la frecuencia de ocurrencia de las distintas causas de un problema (Bonals, 2001). El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en 2 categorías: las “pocas vitales” (los elementos muy importantes en su contribución), y los “muchos tribales” (los elementos poco importantes en ella). De esta manera, se identifica qué factor debe atacarse primero, en términos de su contribución al problema, para eliminar errores y disminuir el gasto total en la organización (Figura 23).

Para su elaboración, inicialmente se analiza la situación inicial, (en cuanto a datos se refiere), mediante la recopilación de información sobre las causas del problema a estudiar. Posteriormente, se trabajan dichos datos, dando formato al diagrama.

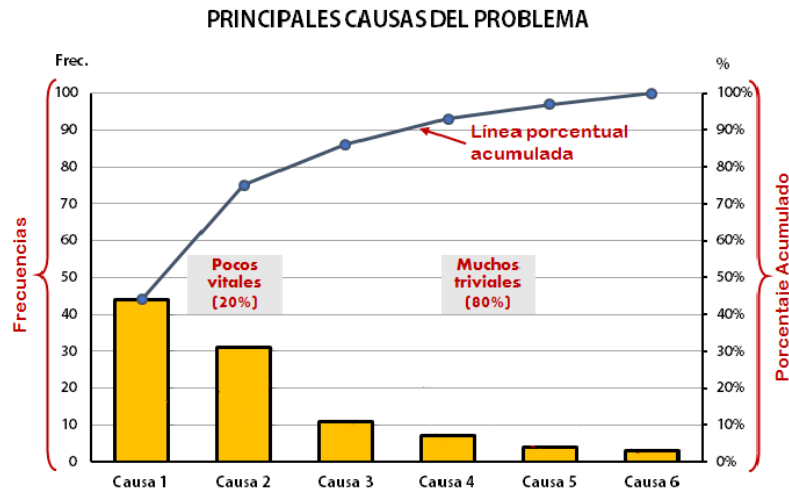


Figura 23. Ejemplo de Diagrama de Pareto. Fuente: Google

#### 4.2.2.3. Diagrama Ishikawa

El diagrama Ishikawa o Espina de pescado, fue desarrollado en 1943 por el Profesor Kaoru Ishikawa en Tokio. Se trata de una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recopilación de datos a través de una representación gráfica que permite visualizar las causas que explican un determinado problema.

Es una herramienta muy intuitiva ya que con ella se identifica un problema o efecto y luego enumera un conjunto de causas que, potencialmente explican dicho comportamiento. Además, cada causa puede ramificarse con un grado mayor de detalle en subcausas (Figura 24). Esto resulta útil al momento de tomar acciones correctivas dado que se actuará con mayor presión e insistencia sobre aquellas causas y subcausas que expliquen mejor el problema, efecto o situación estudiada.

La forma de uso de esta herramienta es muy sencilla, una vez dibujado el diagrama, se procede a completarlo. Inicialmente, se representa el problema a estudiar en el recuadro principal sobre el que derivan las principales causas mayores consideradas, en el caso de este trabajo, se han considerado como causas mayores: Método, Máquina, Persona, Material, Medición y Entorno. Posteriormente, se realiza una lluvia de ideas de las causas problema que derivan de cada causa mayor, e incluso se determinan subcausas que derivan de estas causas menores (Figura 24).



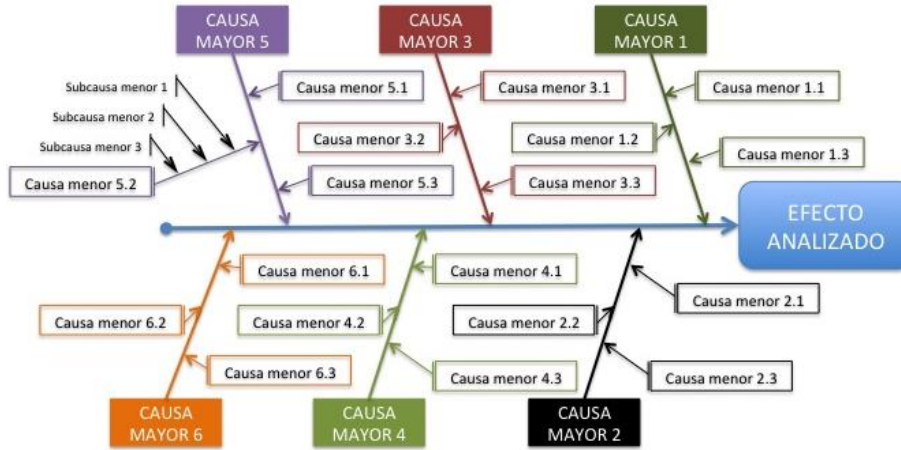


Figura 24. Esquema del Diagrama de Ishikawa. Fuente: (Ceolevel, 2015)

## 5. Resultados y discusión

En el siguiente apartado se recogen los resultados obtenidos del estudio, acorde con la metodología utilizada, DMAIC.

### 5.1. Etapa 1: DEFINIR

El problema estudiado en este trabajo se ha definido de la siguiente forma:

- Where (Dónde se genera el problema)

El problema se identificó en la **zona de embolsado**, desde la zona de la pesadora hasta el empaquetado del producto final.

- When (Cuándo se identifica el problema)

Los datos de No Calidad más acusados se observaron durante la **primera hora del arranque** de la máquina, durante el **turno de mañana** (6:00h-14:00h).

- What (Cuál es el problema)

A través del sistema OEE y los datos registrados, se detecta que la **No Calidad inicial** de la embolsadora en cuestión, es del **6,13%**, no alcanzando el objetivo propuesto cuando se fabrica una mezcla de 500g compuesta por escarola, radicchio, brotes de espinaca y brotes de lechuga roja.

- Who (A quién afecta el problema)

Este problema afecta tanto a la **mano de obra directa** (empaquetador), como a la **mano de obra indirecta** (operarios de ayuda a pesado, piloto de embolsado, paletizadores y mecánico especialista) que trabaja en la zona de sala blanca y embolsado.

- Why (Por qué ocurre el problema)

Las causas del problema son todos aquellos **factores** que puedan afectar tanto a la **máquina** como al **personal** que trabaja con ella, por ello, resulta necesario identificar cuáles de ellas son las más importantes para intentar reducir las o eliminarlas en la medida de lo posible.

### 5.2. Etapa 2: MEDIR

Una vez definido el problema a solucionar, el siguiente paso se basa en cuantificarlo. Así pues, esta fase trata el estudio de la **situación inicial** de la línea, con el objetivo de determinar mediante el análisis de datos, la gravedad del problema, estableciendo así el **alcance** del trabajo. Dicho alcance fue conseguido a través de 2 procedimientos: la medida del **OEE** y registros manuales (1), y el estudio en profundidad de las causas con mayor impacto sobre la No Calidad de la embolsadora (2). De esta manera, la medición de los diferentes factores para cuantificar el problema se realizó durante 17 días laborales consecutivos durante el 31 de julio y el 24 de agosto. Los resultados obtenidos se presentan en los siguientes apartados.

#### 5.2.1. Medición de la No Calidad

Para la medición del **porcentaje** de la **No Calidad**, se tuvieron en cuenta las bolsas totales fabricadas durante todos los días (datos obtenidos gracias al sistema OEE), así como el recuento del total de bolsas defectuosas durante la 1ª hora del arranque en esos 17 días (registros

manuales). Con el fin de indagar en el porqué de esas bolsas defectuosas, se realizó un conteo, clasificándolas en diferentes **causas** que se definen a continuación (Tabla 1):

*Tabla 1. Clasificación de las causas de No Calidad estudiadas. Fuente: Elaboración propia*

Bolsas defectuosas	Bolsas reprocesadas	Pilladas	Bolsas en las que aparece una parte de la hoja de producto termosellada, tanto en la horizontal como en la vertical, y el sellado es defectuoso.
		Peso	Bolsas en las que se detecta un exceso o defecto de peso.
		Volumen	Bolsas con demasiado volumen de aire como para poder empaquetarlas correctamente.
		Fecha	Bolsas en las que la impresión de la fecha es incorrecta o mal posicionada.
		Plástico incorrecto	Bolsas embolsadas con bobinas de film incorrecto
		Control de calidad	Bolsas reprocesadas por realizar con ellas los controles de calidad
		Metal	Bolsas con presencia de objetos metálicos.
		Sobrantes	Exceso de bolsas de la orden de fabricación.
		Objetos extraños	Bolsas con presencia de objetos extraños.
	Bolsas tiradas	Termosellado Horizontal	Bolsas con termosellado incorrecto por presencia de grandes cantidades de producto en la horizontal.
		Termosellado Vertical	Bolsas con termosellado incorrecto por presencia de grandes cantidades de producto en la vertical.
		Restos de otro producto	Bolsas con restos de otros productos ajenos a la mezcla fabricada.
		Mezcla incorrecta	Bolsas embolsadas con otra mezcla/productos indicados en la orden de fabricación.

Las **bolsas totales fabricadas** durante la 1ª hora del arranque, durante los 17 días fueron: **17.204** bolsas, mientras que las **bolsas totales defectuosas** fueron: **1.055** bolsas. Esto hace que el porcentaje de **No Calidad** inicial fuese del **6,13%**. Tal y como se muestra en la Tabla 1, las bolsas defectuosas pueden dividirse entre bolsas reprocesadas, como su nombre indica, bolsas cuyo producto se vuelve a procesar y se reutiliza, y bolsas tiradas, asimismo, bolsas cuyo producto se descarta porque se ha contaminado, ya sea por modificaciones físicas (restos de productos) o químicas (rotura de la cadena de frío). Esto es una división importante, ya que en función de la causa principal de la No Calidad, se visualizarán unas pérdidas tanto en eficiencia como económicas, u otras. Por lo tanto, del porcentaje total de no calidad, un **89%** corresponde a **bolsas reprocesadas**, mientras que el **11%** corresponde a **bolsas tiradas**. A continuación se presentan los datos totales obtenidos durante los registros (Figura 26).

Por lo tanto, la **causa principal** de la No Calidad durante la 1ª hora del arranque de la embolsadora corresponde a las **Bolsas Pilladas** con un **63,6%** sobre el total de las causas recogidas. En la Figura 25 se muestra un ejemplo de lo denominado **bolsa pillada**. También, cabe mencionar que esta causa se engloba dentro de las bolsas reprocesadas, lo que mejorará la eficiencia todavía más, sobre todo de la mano de obra del empaquetador y el apoyo al pesado.



*Figura 25. Ejemplo de bolsa "pillada"*

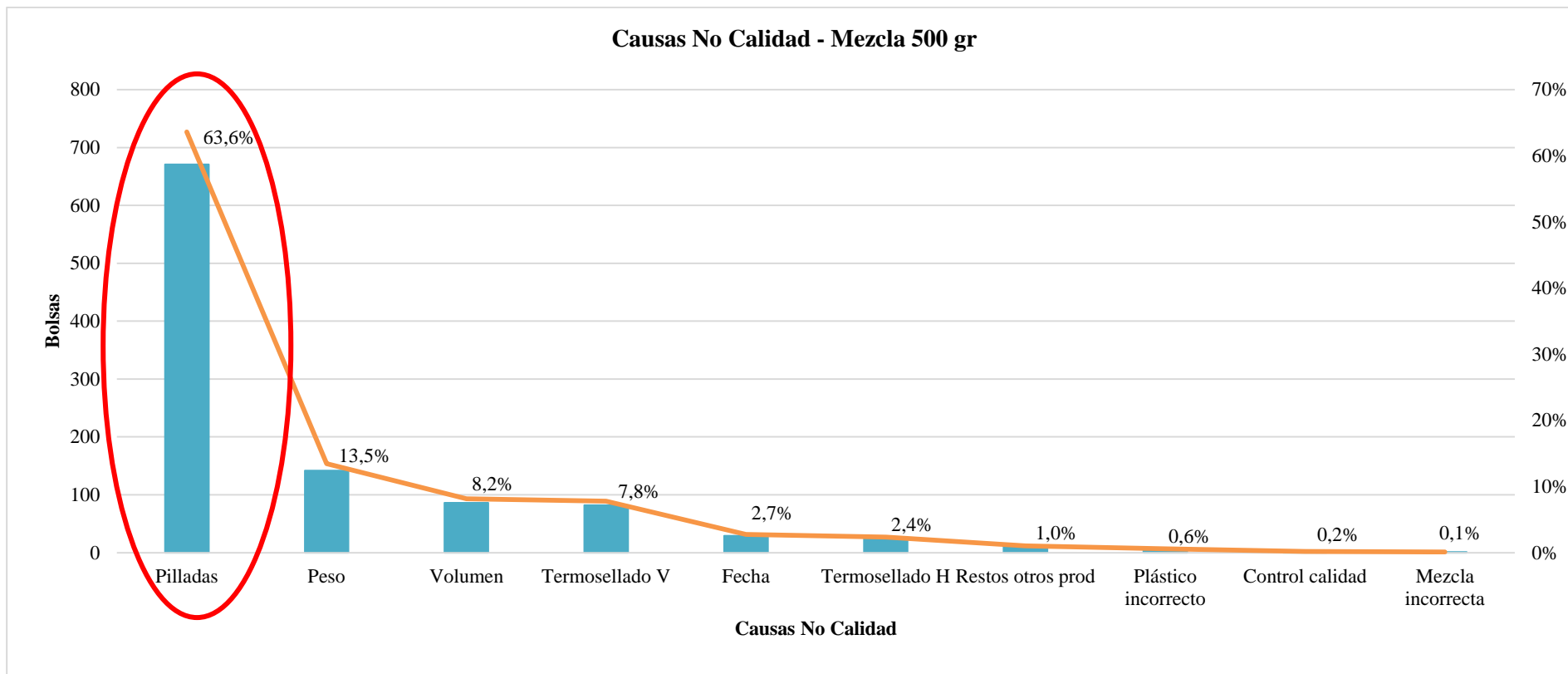


Figura 26. Causas de No Calidad durante la 1ª hora del arranque. \*Las causas que no aparecen en la Figura es porque no se han registrado datos.

### 5.2.2. Muestreo Estadístico

Otro de los registros que se llevaron a cabo durante los 17 días de medición, fue un muestreo realizado **cada 5 minutos** durante la 1ª hora del arranque, pero en este caso se realizó en la **mesa de salida giratoria** o plato. En este caso, se seleccionaban 5 bolsas del plato y se realizaba un control de calidad visual comprobando: termosellado vertical y horizontal, peso y volumen, y pilladas. Se analizaron 863 bolsas, de las cuales el **93%** de ellas estaban en **correcto** estado, mientras que en el **7%** restante se encontraron algún **defecto**.

Con este registro, al realizarse cada 5 minutos, se pudo comprobar la eficacia de la máquina durante esa primera hora de arranque, es decir, confirmar cuál es la **hora real** en la que la embolsadora comienza a producir de manera continua.

Así, se verificó que el rango de tiempo en el que se daban más bolsas defectuosas en el plato fue de las 6:15h a las 6:20h de la mañana, lo que hace suponer que no es hasta las **6:20h** de la mañana (de media), cuando la embolsadora comienza a producir de manera continua, desperdiciando esos 17 minutos iniciales de arranque (Figura 27).

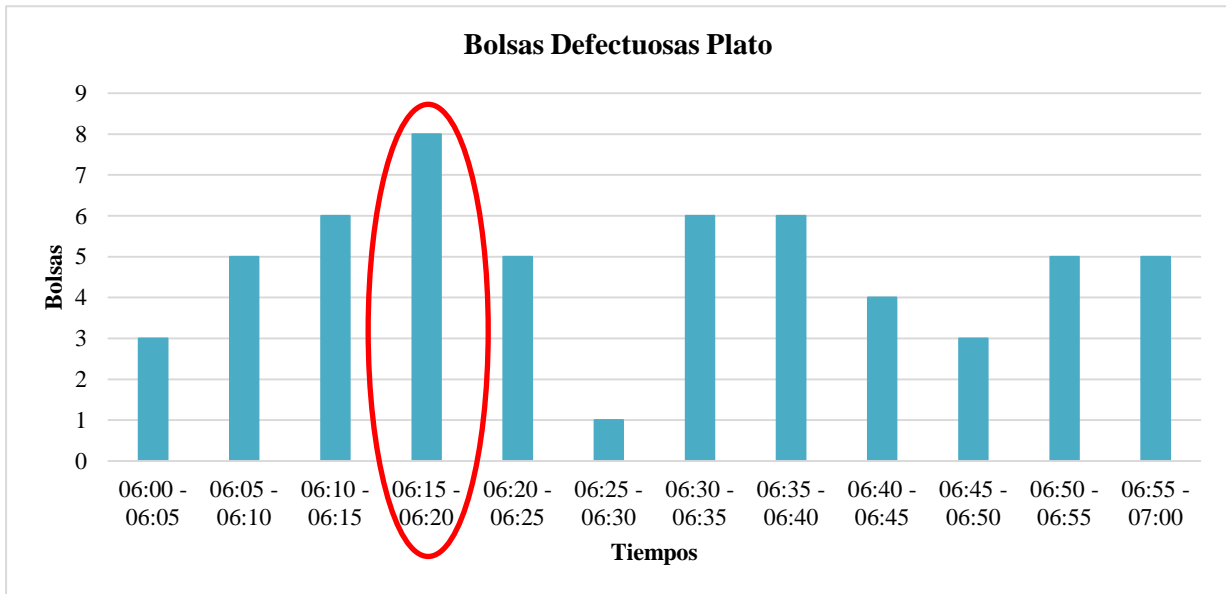


Figura 27. Bolsas defectuosas totales en los rangos de tiempo durante la 1ª hora del arranque. Fuente: *Elaboración propia*

También, con este conteo lo que se pretendía era confrontar la **causa principal** por la que las bolsas, una vez pasadas todos los controles de calidad de la zona de embolsado, eran desestimadas. Por tanto, viéndose la Figura 28, al igual que en la medición de la No Calidad, son las **Bolsas Pilladas** la causa principal de la No Calidad final con un **95%** del total computado.

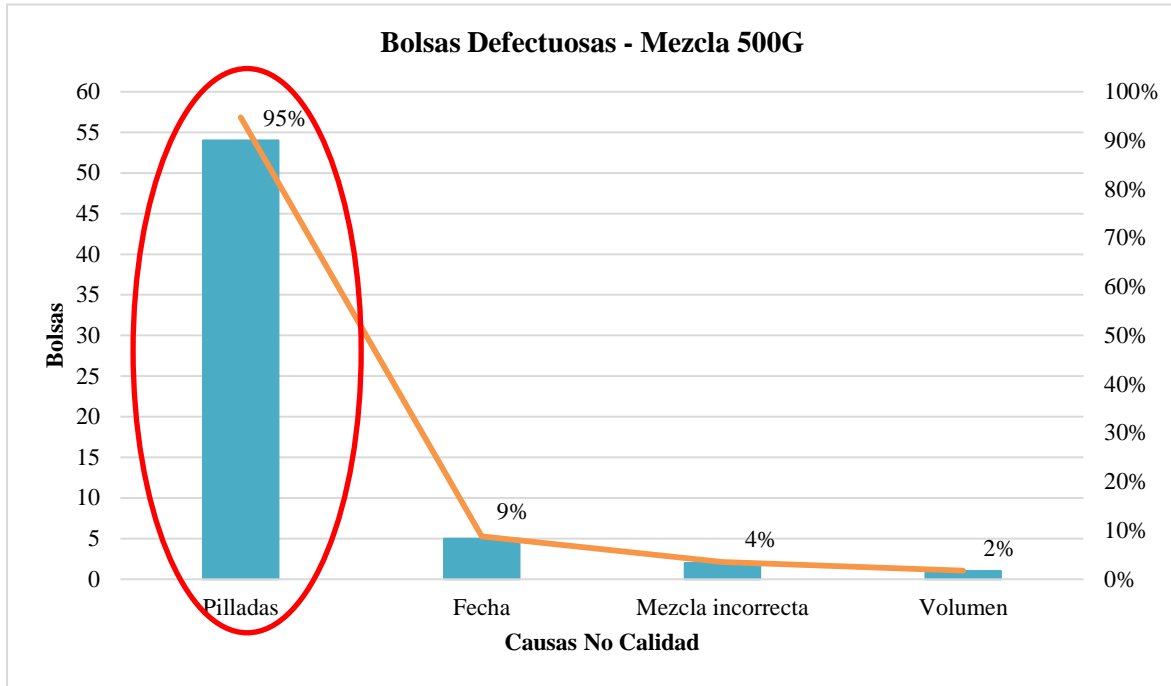


Figura 28. Causas de las bolsas defectuosas en el plato. Fuente: *Elaboración propia*

### 5.2.3. Medición configuración de la máquina

Otro de los parámetros a tener en cuenta durante el estudio de la situación inicial, fue el estado de la máquina justo antes de arrancar en la 1ª hora. Durante los 17 días de recopilación de datos, también se tuvo en cuenta los días que la embolsadora había sido testada previamente al comienzo de la fabricación, y cómo afectó esto al porcentaje de No Calidad.

Los resultados que se obtuvieron son los siguientes: de los 17 días estudiados, 9 de ellos (el **53% de los días**), la máquina se encontró **testada** antes del inicio de la fabricación, asociándose a estos días un porcentaje de **No Calidad** del **5,27%**, de las cuales el 96% correspondían a bolsas reprocesadas y el 4% restante a bolsas tiradas. Por otro lado, 8 de los días de estudio (el **47% de los días**), la máquina **no** se encontró debidamente **testada** antes del comienzo del turno, asociándose a estos días un porcentaje de **No Calidad** del **7,26%**. De esta No Calidad, en este caso, el porcentaje de bolsas tiradas aumenta de un 4% en el caso anterior a un 19% cuando la embolsadora no se encontraba testada.

Una vez referidas las diferencias del porcentaje de No Calidad presentadas solamente en relación con la configuración de la máquina antes del comienzo de la 1ª hora, se realizó también el estudio de las causas de No Calidad teniéndose en cuenta las dos situaciones. En ambos casos, la **causa mayoritaria** de No Calidad fue las **bolsas pilladas**, verificándose con más ahínco. En las siguientes figuras (Figura 29 y 30), se muestran los porcentajes y las diferencias entre las causas de No Calidad en función del testaje de la máquina. Además, en estas mismas figuras se refleja la cantidad de bolsas producidas en los dos casos, haciendo hincapié en que la cantidad de bolsas fabricadas cuando la máquina está estada es mayor (un 6% más) que cuando la máquina no se ha testado.

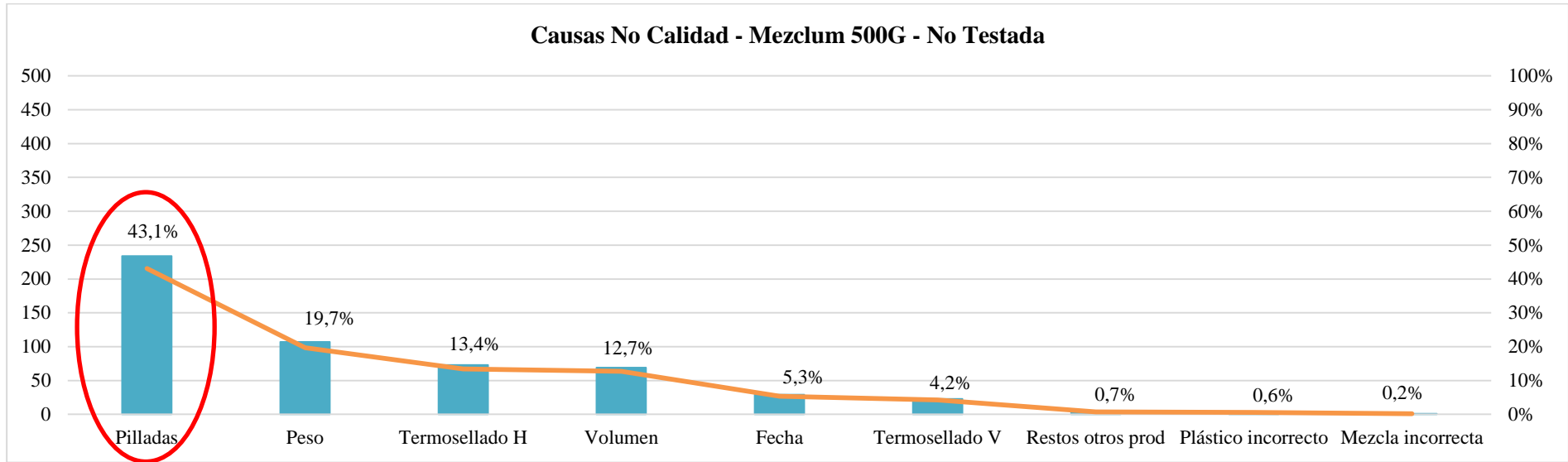


Figura 29. Causas de la No Calidad cuando la máquina NO está testada. Fuente: *Elaboración propia*

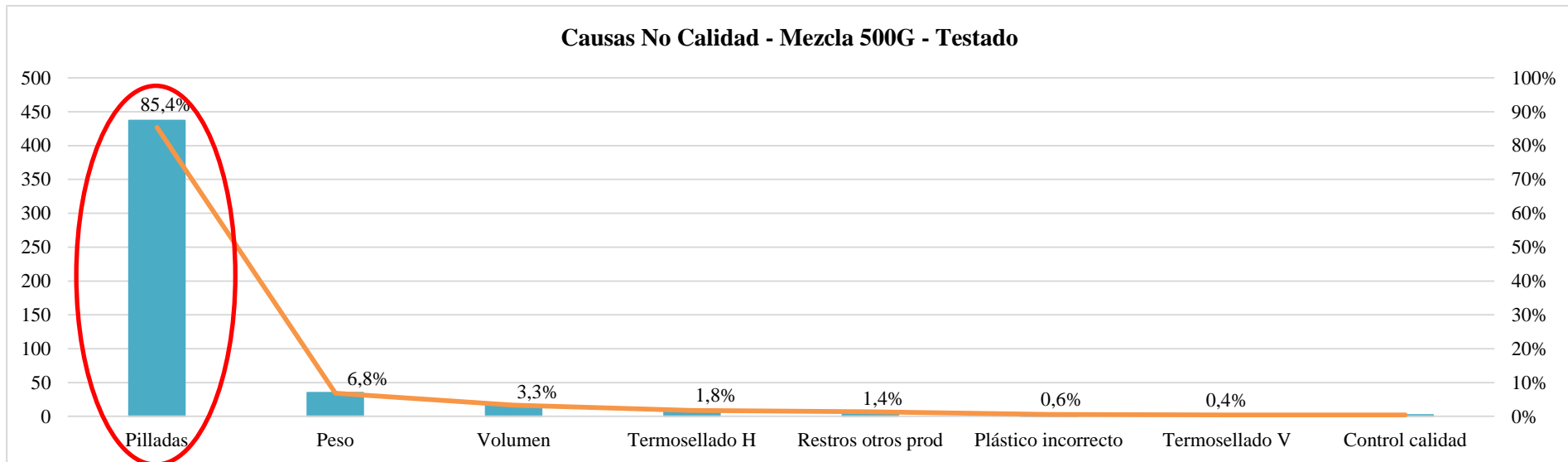


Figura 30. Causas de la No Calidad cuando la máquina SI está testada. Fuente: *Elaboración propia*



#### 5.2.4. Determinación del alcance del proyecto

Tras observar los resultados referentes a este apartado, se observó que a pesar de la situación de la máquina antes del arranque (testaje), y de la propia hora del arranque (retrasos por configuración de la máquina), son las **bolsas pilladas la principal causa de la No Calidad**. Por lo tanto, finalmente se determinó que el trabajo continuará por la línea del análisis de esta causa.

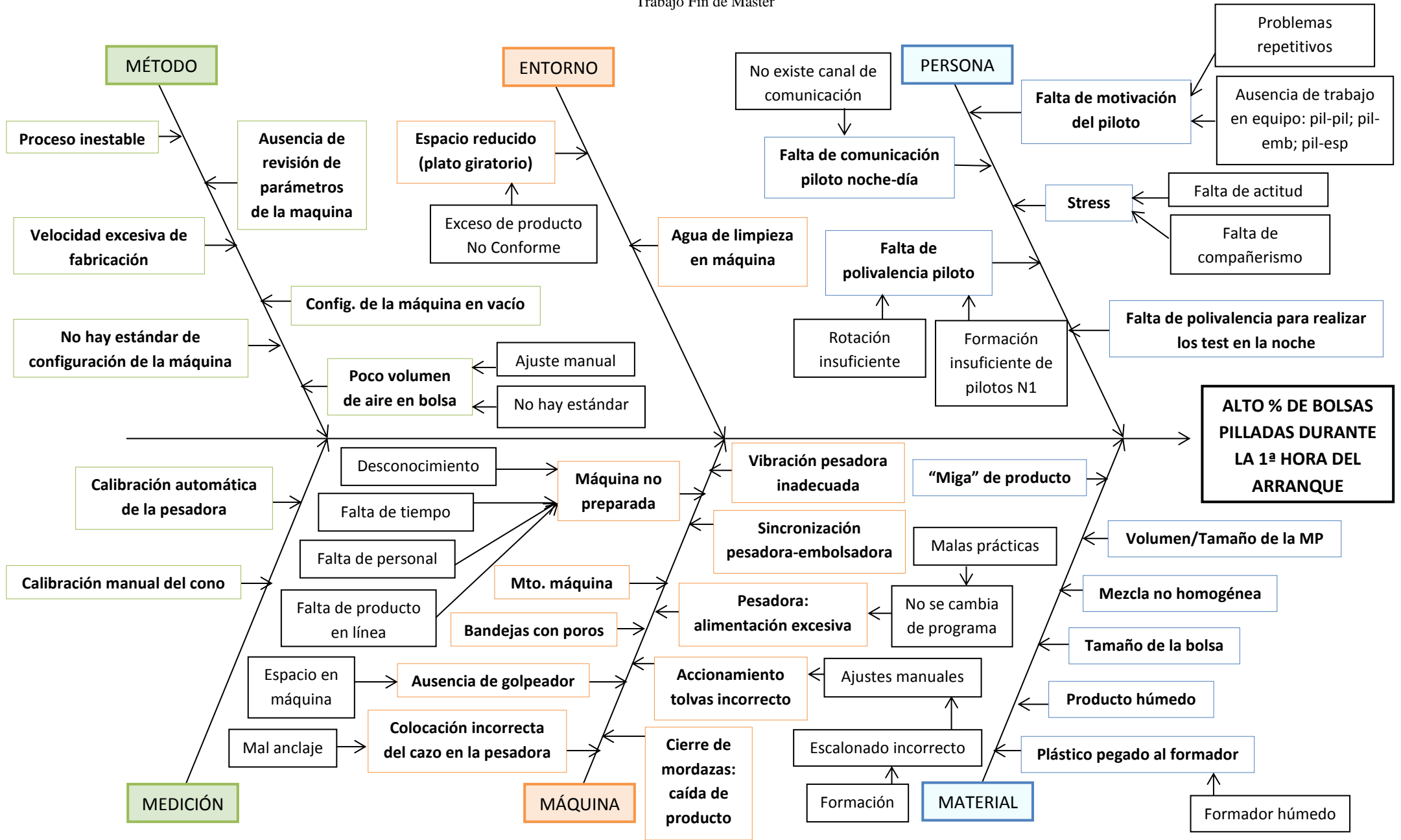
### 5.3. Etapa 3: ANALIZAR

Una vez conocidas las causas que ocasionaban el problema, se pasó a analizarlas a través de un **taller Kaizen**, en el que participaron 2 operarios, uno del turno de noche y otro del turno de mañana; un jefe de mantenimiento, un jefe de equipo de embolsado, dos técnicos del Departamento de Mejora Continua, la jefa de calidad de la planta, y dos asistentes técnicos de calidad.

Estos trabajadores fueron escogidos con la intención de abarcar todos los puntos de vista del proceso, ya que los operarios son las personas que trabajan directamente con la embolsadora, y al tratarse de la primera hora, se contó con un operario del turno de noche y otro del turno de mañana. El jefe de mantenimiento es el que tiene los conocimientos sobre los ajustes que se realizan a la máquina; el jefe de equipo de la sección de embolsado tiene una visión más general de todo el proceso y el personal del Departamento de Calidad y Atención al Cliente proporciona un punto de vista más técnico respecto al estado de la materia prima. Por último, los miembros del Departamento de Mejora Continua fueron los responsables de llevar a cabo el taller.

A continuación se muestra el diagrama Ishikawa que se empleó en el taller con la intención de averiguar cuáles eran las razones por las que producían esas bolsas pilladas durante la 1ª hora del arranque de la embolsadora, describiéndose posteriormente la información que contiene.

La **metodología** de este taller se puede resumir en: buscar la causa profunda del problema a estudiar. Para ello, todos nos reunimos en una sala, y punto por punto, utilizando la metodología de los 5 “Porqués”, se realizó el diagrama Ishikawa.



- Método

En primer lugar, se determinó que el proceso es inestable, principalmente por la variabilidad de las características de las materias primas, haciendo así que el trabajo no se realice según el programa de la embolsadora predeterminado, y preparado para ese tipo de tamaño de bolsa. El motivo por el cual no se trabaja con este programa predeterminado, es que los parámetros de dicho programa, son fijos para las pesadoras, pero variables para la embolsadora, por lo que el piloto puede modificar cualquier factor y mejorar así el embolsado.

Relacionado con esto, también se atribuyeron la velocidad excesiva de fabricación y el poco volumen de aire que contiene la bolsa a una mayor cantidad de bolsas pilladas. El hecho de una velocidad excesiva de fabricación repercute de forma directa sobre el termosellado, tanto horizontal como vertical, haciendo que se produzca una descompensación entre el momento de caída del producto y el cierre de la bolsa. Asimismo, el poco volumen de aire que lleva la bolsa afecta directamente, ya que es uno de los factores modificable dentro del programa de la embolsadora, y por ello nunca es un parámetro fijo. Cuánto menor cantidad de aire, (llamando aire a la cantidad de  $O_2$  que se le inyecta a la bolsa), mayor es la cantidad de bolsas pilladas, ya que al no inyectar “aire”, el producto no pesa lo suficiente y se producen bolsas pilladas.

Por otra parte, también influye la ausencia de la revisión de estos parámetros que afectan a la metodología de envasado, no siendo así, una metodología estándar de la máquina para embolsar exactamente la mezcla de 500gr compuesta por escarola rizada y radicchio y brotes de hortalizas de espinaca y lollo rojo.

Por último, y asociado a esa estandarización del método, debe tenerse en cuenta la configuración de la máquina, ya que actualmente se realiza en vacío. Esto quiere decir, que se comprueba la disposición de la máquina sin producto ni en la pesadora ni en la embolsadora.

- Entorno

En el taller Kaizen se determinó que el entorno de trabajo también influye en las bolsas pilladas. En este caso, debido a la metodología de trabajo utilizada y la cantidad de bolsas defectuosas producidas, se genera un espacio reducido de trabajo en la zona del plato giratorio (zona de empaquetado), que hace que el entorno de trabajo sea más incómodo.

Otro factor a tener en cuenta respecto al entorno, es que al producir durante el arranque de la máquina, esta viene de una limpieza llevada a cabo por el turno de noche. Esto hace que la zona de la pesadora, picaraza y formador, esté mojada y sea más difícil tanto el ajuste de la máquina como su trabajo una vez configurada.

- Persona

En este apartado, aparece la falta de comunicación y compañerismo, así como la falta de polivalencia como principales problemas raíz de los factores que pueden afectar a la mano de obra.

Por un lado, la falta de comunicación tanto entre pilotos de turno noche-día, es un punto importante, ya que no existe intercambio de comunicación entre ellos que pueda informar al piloto de turno de mañana cuál es el estado de la máquina o incluso de la materia prima. También, la falta de compañerismo y trabajo en equipo entre pilotos, entre el piloto y el

empaquetador e incluso el piloto y el operario especialista, hace que la carga de trabajo del encargado de la máquina, sea mayor, generando desmotivación y stress, y por lo tanto, repercutiendo en la forma de gestionar la embolsadora. Es decir, en alguna ocasión se detectó que la actitud pasiva de alguno de los operarios deriva en fatiga mental, debido a rotaciones insuficientes o mala comunicación, lo que provoca que no se trabaje de manera eficiente. En el caso de la comunicación especialista-piloto, el personal de mantenimiento realiza cambios y ajustes en la embolsadora y no se los comunica al piloto, que al desconocer esta información puede efectuar más ajustes de los necesarios, puesto que la máquina ya estaba previamente ajustada. El motivo por el cual ocurre esto es porque no hay canal de comunicación establecido entre ellos.

Por otro lado, la falta de polivalencia es un factor a tener en cuenta, sobre todo como apoyo a los pilotos y la realización de las tareas de forma adecuada. En el caso del turno de noche, los operarios son los encargados de realizar el testaje de las máquinas con producto en ellas, y en muchas ocasiones los trabajadores no poseen la suficiente formación como para realizarlo. Por último, la falta de formación de pilotos de Nivel 1 (encargados de ciertas máquinas y por lo tanto, con mayor carga de trabajo y responsabilidad), es insuficiente para dar apoyo en este caso a esta embolsadora. De esta manera, el piloto debe esforzarse más cuando podría tener una persona de apoyo y hacer que su trabajo fuese más llevadero.

- Medición

Este apartado es uno de los de menor importancia, ya que tan solo se identificó como causa de las bolsas pilladas, las calibraciones de la pesadora y el cono, automática y manualmente respectivamente. Sobre todo la calibración automática de la pesadora está también relacionada con la falta de formación a los pilotos de la embolsadora.

- Máquina

Las causas identificadas en el apartado de máquina se corresponden principalmente con el mantenimiento y ajuste de la máquina, tareas realizadas entre el especialista (departamento de mantenimiento), y el piloto del turno de noche.

Uno de los problemas asociados al mantenimiento de la máquina es la mala sincronización entre pesadora y embolsadora, de esta manera, al no existir dicha relación, la mezcla no cae a su debido tiempo desde la picaraza al cono, y por lo tanto se generan bolsas pilladas. Otra de las causas relacionada con el mantenimiento es la colocación incorrecta del cazo en la pesadora, de esta forma, el cazo trabaja de forma inadecuada, ralentizando e interrumpiendo el trabajo de la máquina. Esta colocación debe realizarse por parte del equipo de mantenimiento en una revisión llevada a cabo antes del comienzo del turno de la mañana.

Respecto al ajuste de la máquina, se desglosaron varias subcausas. Una de ellas, la vibración inadecuada de la pesadora, parámetro relacionado directamente con la falta de formación de los pilotos y del estado de la materia prima, ya que en función de su volumen y la cantidad que llegue desde la cinta transportadora, se le proporcionará mayor o menor vibración en el cono de la pesadora y en los propios pesos. A este último se le asocia también la excesiva alimentación de la pesadora problema proveniente del rodillo situado en la cinta de alimentación, para el cual no existe estándar de regulación. Este elemento se sitúa en la cinta, única y exclusivamente para ajustar la altura que alcanza el producto en la cinta transportadora, de tal forma que sea siempre constante, por lo que su inadecuada regulación provoca un exceso de producto en la pesadora.

Además del rodillo, en este problema también interviene el llenado del búnker, ya que al volcarse demasiado producto, esto también provoca un exceso de alimentación de la pesadora. El llenado del búnker es un proceso semi-manual, en el cual el operario vuelca la materia prima del contenedor dentro del búnker, decidiendo así cuál es la cantidad que finalmente llega a la pesadora.

Otra de las causas relacionadas con el ajuste de la máquina es el accionamiento de las tolvas. Un accionamiento incorrecto de estas provoca un escalonado inadecuado de la caída de la materia prima al cono formador, por lo tanto, esto está directamente asociado a la sincronización pesadora-embolsadora. Esto provoca que la materia prima caiga en la bolsa justo en el momento del termosellado, ya que no existe sincronización, provocando así la fabricación de bolsas pilladas.

Otro ajuste que se realiza en la embolsadora está relacionado con la fase del sellado. Cuando la mordaza lleva a cabo el termosellado, en ocasiones la bolsa no cae lo suficiente como para desprenderse de la siguiente, quedando las dos bolsas unidas por un extremo y con producto entre las horizontales. En este caso es necesario detener el funcionamiento de la máquina para ajustar los parámetros de sellado.

Una de las partes que se pueden encontrar en la embolsadora, es una bandeja corredera, situada a la altura del cuello formador. Esta bandeja tiene poros, lo que hace que la máquina se encuentre en contacto con el agua de forma directa, lo que hace que el film se humedezca y no deslice adecuadamente para formar la bolsa. En este caso, sería necesario secar lo máximo posible la bandeja y todas las partes de la máquina que estén en contacto con agua, y volver a parametrizar la máquina de forma adecuada.

Una de las causas raíz relacionadas con la máquina es la ausencia de golpeador por la falta de espacio. El golpeador es una pieza mecánica, que se sitúa en la parte inferior de la máquina, cuya función es sacudir la parte inferior de la bolsa, haciendo que la materia prima no se quede en la parte superior de la bolsa, y así evitar la presencia de producto en las horizontales, donde posterior a la caída del producto se termosellará. La presencia de un golpeador mejoraría la entrada del producto en la bolsa.

Por último, y no por ello la menos importante, la preparación de la máquina justo antes del inicio del turno de mañanas también es una de las causas raíz situada en este apartado. A esta se le asocian varios factores como son la falta de personal en el turno de noche, el desconocimiento de este personal a la hora de prepararla, la falta de tiempo por la cantidad de tareas que tienen que realizar, o la falta de producto en la línea, ya que dicha preparación debe realizarse con producto en la cinta transportadora, y por consiguiente en la pesadora.

- Material

Una de las características asociada como problemas de material, es el film utilizando, principalmente, la humedad que este puede contener. Esta humedad, hace que el film se quede adherido al cuello formador, y el plástico no avance para formar la bolsa. Esta causa está asociada a la presencia de humedad en el entorno de la embolsadora, como se ha comentado anteriormente.

Respecto a la materia prima, la humedad del producto también se identificó como causante tanto de atascos en el embudo de la embolsadora, como de fijarse en el film y no realizar

correctamente el termosellado. De esta manera, en primer lugar, dicha humedad provoca que se quede la materia prima adherida a las paredes del embudo y se acumule hasta cubrir su salida, y en segundo lugar, provoca que las bolsas no sean del peso correcto al no caer correctamente a la bolsa y por ende, que se queden en la parte de la horizontal a termosellar.

Otra de las causas es la relación peso/volumen de la materia prima, ya que al tratarse de una mezcla de diferentes productos, sería necesario un volumen más reducido, para que todo el producto fuese una mezcla homogénea, ya que en ciertos casos, la escarola no se encuentra lo suficientemente madura, (se encuentra de un color verde, lo que le aporta a la escarola un mayor volumen y menor peso, justamente lo contrario a lo que se demanda).

Además, el problema de la relación peso/volumen, también contribuye a un aumento de la subvelocidad, ya que a mayor volumen de la mezcla, aumenta el tiempo que transcurre desde la caída de la pesadora hasta que se introduce en el film de plástico. De esta manera, no se puede trabajar conforme a la velocidad objetivo fijado, produciéndose estos problemas de No Calidad. De esta manera, el tamaño de la bolsa también se ve afectado, ya que al tener un mayor volumen, es necesaria su modificación.

Por último, al tratarse de una mezcla de varios productos, la línea de selección hasta llegar a crearse la mezcla es diferente, y en muchas ocasiones aparece lo que se denomina “miga de producto”. Esta “miga” son los restos de producto, que como su propio nombre indica, son porciones muy pequeñas de producto, que generan indirectamente No Calidad a la hora del embolsado. Por su poco peso, estas migas quedan en suspensión durante la caída, es decir, no caen al unísono con el resto de materia, y quedan adheridas al plástico.

#### 5.4. Etapa 4: MEJORAR

Esta es la penúltima fase del método. Consiste en proponer acciones de mejora para las causas-raíz evidentes, controlables y cuya solución suponga un impacto positivo sobre el proceso. El objetivo de esta etapa consiste en elaborar un plan de acciones que ponga solución al problema inicial.

##### 5.4.1. Valoración de las causas raíz

Para la valoración de las causas-raíz que se desglosaron en los diferentes apartados, se decidió, entre todos los asistentes al taller Kaizen, diferenciar entre **causas evidentes** y **causas probables**. Para diferenciar entre unas y otras, se estudiaron en conjunto una por una; en el caso de llegar a un consenso unánime, la causa era evidente, mientras que en el caso de surgir dudas o diferencias en alguna causa, se clasificaba como probable, estudiando el ejemplo de su posible impacto sobre el problema realizándose estas preguntas:

- 1- ¿Impacta sobre el problema?  $\begin{matrix} \swarrow & \text{SI} & \longrightarrow & 2 \\ \searrow & \text{NO} & \longrightarrow & \text{Causa probable} \end{matrix}$
- 2- ¿Cómo impacta sobre el problema?  $\longrightarrow 3$
- 3- ¿Se considera un problema?  $\begin{matrix} \swarrow & \text{SI} & \longrightarrow & \text{Causa evidente} \\ \searrow & \text{NO} & \longrightarrow & \text{Causa probable} \end{matrix}$

De esta manera, las causas evidentes recogidas fueron las siguientes presentadas en la Tabla 2. Se detectaron **13 causas evidentes**, de las cuales, 2 están relacionadas con el personal, con la mano de obra; 3 con la máquina; 4 con el método y 4 con el material de trabajo.

Tabla 2. Causas evidentes detectadas. Fuente: Elaboración propia

TIPO	CAUSAS EVIDENTES
Persona	Falta de polivalencia
Persona	Falta de comunicación entre pilotos (noche-día)
Máquina	Alimentación excesiva/insuficiente en pesadora
Máquina	Ausencia de golpeador
Máquina	Máquina no testada (piloto de noche)
Método	Preparación de la máquina en vacío (especialista)
Método	No existe estándar de configuración de la máquina
Método	Velocidad excesiva de fabricación
Método	Poco “aire” en bolsa
Material	Tamaño de la bolsa
Material	Volumen de materia prima
Material	Mezcla no homogénea
Material	Miga de producto

Respecto a la mano de obra (**persona**), la falta de comunicación y la falta de polivalencia, se estudiaron como causas evidentes, dejando en un segundo plano el estado anímico del operario. En estas dos causas-raíz, de una forma se engloban también la falta de formación y la falta de compañerismo, tanto entre operarios como entre operarios y especialistas encargados del mantenimiento de la máquina.

En cuanto a la **máquina**, los aspectos más importantes fueron el no testeo por parte del piloto de noche, la ausencia de golpeador y la alimentación de la pesadora. Relacionados con estos, se encuentran las causas evidentes desglosadas en relación al **método** de trabajo. En este caso, la preparación de la máquina en vacío por parte del especialista de mantenimiento se consideró una de las más importantes. También, la inexistencia de un estándar de configuración de la máquina, la velocidad de fabricación y el poco “aire” en bolsa, fueron factores evidentes en la No Calidad. Por otra parte, como se observa en la tabla anterior, las causas relativas al **material** de trabajo se refieren todas a la materia prima, y a su efecto sobre el tamaño de la bolsa.

Por último, las causas relacionadas con el **entorno** y la medición no se consideraron con tanta importancia sobre la No Calidad, de manera que en este trabajo no se buscarán soluciones para solventar estas causas.

#### 5.4.2. Identificación de posibles soluciones

Una vez realizada la valoración, se plantearon posibles soluciones para cada una de las causas-raíz consideradas como evidentes. A continuación se presentan dichas soluciones en la Tabla 3, en función del tipo de causa-raíz.

- Persona

La primera causa-raíz que se observa en la tabla, hace referencia a la falta de polivalencia de los operarios que trabajan en una misma línea, por lo que la acción de mejora considerada para este caso a ha sido la **formación y rotación de los operarios dentro de la línea** (acción nº1). En relación a la segunda causa raíz, la falta de comunicación entre los pilotos del turno de noche y turno de mañana resultó ser una de las principales causas en este ámbito, por ello, la acción correspondiente trata de **integrar un cambio de turno** a través de un panel de comunicación



(acción nº2), en el que el piloto de la noche trasmite al piloto de la mañana la situación en la que se ha quedado la embolsadora.

Tabla 3. Acciones propuestas para cada causa evidente identificada. Fuente: *Elaboración propia*

Tipo	Causas Evidentes	Nº Acción	Acción propuesta
<b>Persona</b>	Falta de polivalencia	1	Formación y rotación en la línea
	Falta de comunicación entre pilotos	2	Integrar cambio de turno a través de un panel de comunicación
<b>Máquina</b>	Ausencia de golpeador	3.1	Valorar un sistema de golpeo
		3.2	Colocar un sistema de golpeo
	Máquina no testada	4	Fijar y priorizar testeo máquina 5:45h
<b>Método</b>	Preparación de la máquina en vacío	5	Estandarizar plan de arranque
	No existe estándar de configuración de la máquina	6	Estandarizar configuración de la máquina
	Velocidad excesiva de fabricación		
	Poco “aire” en bolsa	7	Definir rango de parámetros
Tamaño de la bolsa			
<b>Material</b>	Volumen de materia prima	8.1	Valorar un molinete en la cinta de alimentación de la pesadora
		8.2	Instalar un molinete en la cinta de alimentación de la pesadora
	Mezcla no homogénea	9	Valoración de la apertura de un nuevo proyecto de mejora continua
	Miga de producto		

- Máquina

En el caso del apartado referente a la maquinaria, la primera causa-raíz a tratar es la ausencia de un golpeador, como se ha comentado en apartados anteriores, un golpeador es una pieza metálica situada en la parte inferior de la embolsadora, encargada de proporcionar un pequeño golpe a la bolsa para facilitar que la materia prima descienda completamente a la parte inferior de la bolsa, mejorando así su sellado. Por este motivo, las acciones surgidas para esta causa consisten en **valorar y colocar un sistema de golpeo** (acción nº3.1-3.2) en la embolsadora teniendo en cuenta el espacio de la misma, por ello, la primera acción consiste en su valoración, y posteriormente, si esta acción queda verificada, se procederá a su diseño y colocación.

Por otro lado, otro de los problemas que se encontraron respecto a la maquinaria, fue su no-testeo antes del turno de la mañana. Este caso, puede verse relacionado con lo que se comentaba en el apartado de “personas” con la causa-raíz de la falta de comunicación entre pilotos. Al no realizarse el testeo en el turno de noche, la embolsadora no se encuentra totalmente preparada para ser utilizada al comienzo del turno, lo que retrasa la fabricación y entorpece el embolsado. Por ello, la acción propuesta para esta causa-raíz consiste en **fijar y priorizar el testeo** (acción nº4) de esta embolsadora a las **5:45h**.

- Método

En relación al método seguido durante el proceso, en la tabla se presentan las causas-raíz evidentes en función del criterio establecido en el taller Kaizen y sus acciones de mejora propuestas.



En primer lugar, la preparación de la máquina en vacío la realiza un especialista de embolsado, esto consiste en preparar la máquina antes de que el producto sea depositado en el búnker, y por lo tanto, es el paso anterior para que el piloto del turno de noche realice el testaje de la máquina, ya que este se realiza con producto en la línea. Para conseguir esta preparación de la máquina, se ha propuesto la **estandarización del plan de arranque** (acción nº5) de la máquina en vacío, para que cualquier especialista sepa realizar dicha preparación siguiendo unos pasos.

En segundo lugar, y relacionado con la preparación de la máquina, no existe una configuración estándar de la máquina para el producto en concreto con el que se está trabajando a primera hora, mezcla 500gr. Esto, junto a la excesiva velocidad de fabricación, indica que es necesario un **estándar de configuración de la máquina** (acción nº6). Este, se dispondría dentro del plan de arranque propuesto en el párrafo anterior.

Por último, y de nuevo, la última causa-raíz relacionada con el poco “aire” en bolsa, se encuentra también relacionada con este estándar de configuración. En este caso, para esta causa en concreto, se ha establecido la **definición de un rango de parámetros** (acción nº7) que afectan a este problema como son: el porcentaje de oxígeno en bolsa, la velocidad de fabricación, la velocidad de cierre de las mordazas y otros parámetros que afectan a componentes derivados de estos. De esta manera, se pretende conseguir un plan de arranque completo, con la configuración de la máquina adecuada y los parámetros definidos convenientemente.

- Material

La primera causa-raíz relacionada con el aparatado de material, corresponde al tamaño de bolsa, cuya acción propuesta es la **definición de un rango de parámetros** (acción nº7), al igual que la acción anterior del apartado de método. En este caso, la acción es la misma, incluso los parámetros a modificar, pero la perspectiva es diferente. El tamaño de la bolsa hace referencia al estado de la materia prima a la hora de embolsar, ya que en función de sus características, el tamaño de la bolsa se ve modificado.

La siguiente causa-raíz, el volumen de materia prima, engloba dos acciones directamente relacionadas. La primera de ellas consiste en la **valoración de la instalación de un molinete** (acción nº8.1) en la cinta de alimentación de la pesadora. La función del molinete consistiría en proporcionar un mismo volumen de materia prima en toda la cinta, para que la alimentación de la pesadora fuese constante y equilibrada. La segunda acción, es el diseño e **instalación de dicho molinete** (acción nº8.2) en la cinta, previo a su correcta y aprobada valoración.

La mezcla no homogénea de materia prima y la presencia de miga del producto en la bolsa, hacen que se plantee la última acción, englobando dichas causas: **la valoración de un nuevo taller de mejora continua** (acción nº9), que englobase los problemas que pueden darse con la materia prima, en este caso, con la mezcla de 500gr. Esta última acción es uno de las más complejas, ya que su valoración no solo implica al departamento de mejora continua, sino al departamento de operaciones (parte relacionada con fabricaciones), y al departamento de calidad.

#### 5.4.3. Priorización de las acciones propuestas

Una vez identificadas todas las acciones para cada causa-raíz, se procede a su preferencia a través de la matriz de priorización en función de las ventajas esperadas de cada acción y su

dificultad de implementación. En la Tabla 4 se muestra esta matriz con las acciones de mejora ubicadas en ella.

Tabla 4. Matriz de priorización de acciones propuestas. Fuente: Elaboración propia

		Dificultad de implantación	
		BAJA	ALTA
Ventaja esperada	ALTA	Acciones nº: 2 – 3.1	Acciones nº: 1 – 3.2 – 5 – 6 – 7 – 8.2 - 9
	BAJA	Acciones nº: 4 – 8.1	

Como puede verse, ninguna de las acciones ha quedado situada en el recuadro rojo, por lo que todas las propuestas se llevarán a cabo. Además, las que se encuentran en el recuadro verde, serán las primeras en llevarse a cabo.

Por **ejemplo**, observándose la acción nº 1 (formación y rotación de los operarios dentro de la línea), esta se encuentra en el recuadro de “alta ventaja esperada” y “alta dificultad de implantación”. Esto quiere decir que la ventaja de llevar a cabo esta acción se prevé alta, pero que conlleva una alta dificultad de implantación, ya que hay que tener en cuenta el tiempo necesario para la formación de los operarios dentro de su jornada laboral sin perder productividad de la línea.

#### 5.4.4. Plan de acciones

A continuación se detalla el plan de acciones para cada propuesta de mejora. En la Tabla 5 se muestran dichas acciones con su pertinente responsable, ejecutor y fecha inicial de cierre. Se entiende esta fecha como la fecha de inicio de cada acción una vez propuesta en el taller Kaizen.

A continuación se describe el procedimiento llevado a cabo para cada acción.

Tabla 5. Plan de acciones definido para cada medida de mejora. Fuente: Elaboración propia

Nº Acción	Acción propuesta	Responsable	Ejecutor	Fecha inicial de cierre
1	Formación y rotación en la línea	Jefe de equipo mañanas	Jefe de equipo mañanas	15/01/2018
2	Integrar cambio de turno a través de un panel de comunicación	Jefe de equipo mañanas y noches; técnico de calidad	Técnico de mejora, operarios	03/10/2017
3.1	Valorar un sistema de golpeo	Jefe de mantenimiento	Jefe de mantenimiento	06/10/2017
3.2	Colocar un sistema de golpeo	Jefe de mantenimiento	Dpto. de mantenimiento	15/12/2017
4	Fijar y priorizar testeo máquina 5:45h	Jefe de equipo noches; técnico de mejora	Jefe de equipo noches	16/10/17
5	Estandarizar plan de arranque	Jefe de equipo mañanas, técnico de mantenimiento	Especialista de mantenimiento	16/10/17

6	Estandarizar configuración de la máquina	Jefe de equipo mañanas, técnico de mantenimiento	Especialista de mantenimiento, operarios	16/10/17
7	Definir rango de parámetros	Jefe de equipo mañanas, técnico de mantenimiento	Especialista de mantenimiento	06/10/17
8.1	Valorar un molinete en la cinta de alimentación de la pesadora	Jefe de mantenimiento; Técnico de mantenimiento	Jefe de mantenimiento	06/10/17
8.2	Instalar un molinete en la cinta de alimentación de la pesadora	Técnico de mantenimiento	Técnico de mantenimiento	15/12/17
9	Valoración de la apertura de un nuevo proyecto de mejora continua	Técnico mejora continua, jefa de calidad, jefes de equipo	Técnico de mejora continua	16/10/17

#### **Acción 1:** Formación y rotación en línea

Esta acción de mejora consiste en formar a pilotos de embolsado de menor rango en la embolsadora en concreto para poder así facilitar ciertas labores al piloto encargado de la misma, reduciéndole la carga de trabajo. A su vez, se incluye la rotación dentro de la misma línea entre los pilotos. Una vez que el piloto de menor rango es formado, pueden rotarse a lo largo del turno de la mañana; de esta manera, disminuye la falta de polivalencia de los operarios y se mejora el compañerismo entre ellos.

En este caso, tanto el responsable como el ejecutor de las acciones es el jefe de equipo del turno de la mañana, teniendo como fecha de inicio de la acción el mes de enero de 2018.

#### **Acción 2:** Integración del cambio de turno a través de un panel de comunicación

La integración del cambio de turno entre noche-día se ha propuesto con el fin de crear un canal de comunicación entre los turnos, mejorando así la cantidad de información proporcionada y por tanto haciendo conocer la situación con la que el piloto de la mañana se encuentra al inicio del turno. Así, se podrán evitar problemas repetitivos, trabajando en equipo, de manera indirecta, tanto los especialistas de mantenimiento de la máquina, el piloto de turno de noche y el piloto de turno de mañana. En la Figura 31 se muestra un croquis del panel final a utilizar.

Los responsables de llevar a cabo esta acción y controlarla son el jefe de equipo de turno de mañana, el de noche y el técnico de calidad responsable de la toma de datos de dicho panel. Los ejecutores en este caso serán, el técnico de mejora con el diseño del panel y los operarios encargados de rellenarlo. Esta acción de mejora está programada para iniciarse el día 03 de octubre de 2017.

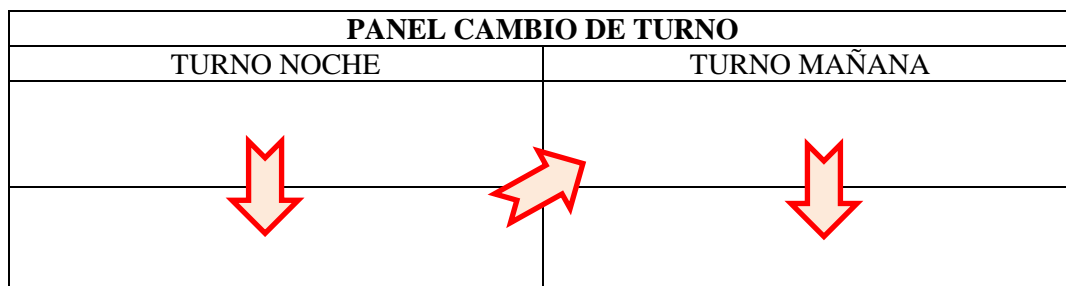


Figura 31. Ejemplo para el Panel Cambio de Turno. Fuente: Elaboración propia

**Acción 3.1:** Valorar un sistema de golpeo

Como se ha explicado en el apartado anterior, un sistema de golpeo repercutiría de forma muy favorable en la causa-raíz con la que se trabaja. Su valoración corre a cargo del jefe de mantenimiento de la sección de embolsado, al igual que su diseño. Para ello, debe tener en cuenta el espacio necesario para instalarlo así como el espacio que hay en la propia embolsadora, ya que ese resulta ser uno de los mayores inconvenientes para su instalación. Por lo tanto, él es tanto el responsable como el ejecutor de dicha acción.

Esta acción de mejora está programada para iniciarse el día 06 de octubre de 2017.

**Acción 3.2:** Colocar un sistema de golpeo

En relación a la acción anterior (3.1), una vez llevada a cabo la misma, se procederá a la colocación de un sistema de golpeo en la embolsadora. En este caso, el responsable seguirá siendo el jefe de mantenimiento, pero lo ejecutores de la acción serán los componentes de dicho departamento compuesto por operarios de mantenimiento y operarios especialistas de mantenimiento, dándose apoyo unos a otros.

La fecha de inicio en este caso se remontará al 15 de diciembre de 2017, una vez que se haya valorado positivamente su colocación y se haya realizado el diseño del sistema.

**Acción 4:** Fijar y priorizar el testeo de la máquina a las 5:45h

Esta acción corresponde a la causa referente al no testeo de la máquina por parte de los operarios del turno de noche. Con esta medida se pretende mejorar el índice de testeo, y en caso de no realizarse, explicar y buscar una causa del porqué no se ha realizado. Esta acción es un primer paso para el resto de acciones que siguen a continuación.

En este caso, tanto el responsable como el ejecutor de las acciones es el jefe de equipo del turno de noche con el apoyo del técnico de mejora continua, teniendo como fecha de inicio de la acción el 16 de octubre de 2017.

**Acción 5:** Estandarizar el plan de arranque

Esta acción se encuentra relacionada directamente con la Acción 2: Integración del cambio de turno a través de un panel de comunicación, ya que en este panel de comunicación se ha integrado el plan de arranque de la embolsadora en 4 fases:

- 1) Configuración de la máquina
- 2) Testeo del piloto de noche
- 3) Incidencias en el arranque

#### 4) Indicadores

Como puede verse, en las fases se integran varias acciones de las propuestas, lo que hace que el procesamiento de datos y su control sea más directo y rápido. En este caso, los responsables de esta acción son el jefe de equipo del turno de mañana y un técnico de mantenimiento, mientras que el ejecutor de la acción corresponde al operario especialista de mantenimiento. La fecha de inicio en este caso es el 16 de octubre de 2017.

##### **Acción 6:** Estandarizar la configuración de la máquina

Esta acción se fija sobre todo con el fin de preparar la máquina en vacío, es decir, sin producto en toda la línea, desde el búnker hasta la pesadora. La estandarización del plan de arranque se realiza en 6 pasos:

- 1) Cargar programa en la embosladora, pesadora y detector de metales
- 2) Secado del formador y la embolsadora
- 3) Colocación del formador
- 4) Colocación de bobina de film y pasar el plástico por los rodillos
- 5) Lector Poka-Joke
- 6) Ajuste del tamaño de bolsa y referencias técnicas

Esta acción está focalizada a los operarios especialista de mantenimiento encargados del testeo en vacío de la máquina. Este paso es previo al testeo que realizan los pilotos del turno de noche (acción 4). Por ello, los responsables de esta acción son el jefe de equipo del turno de mañana y un técnico de mantenimiento, mientras que los ejecutores de la acción son el operario especialista de mantenimiento y los propios operarios de la línea. La fecha de inicio en este caso es el 16 de octubre de 2017.

##### **Acción 7:** Definir rango de parámetros

Esta acción se centra en solucionar los problemas relacionados con la bolsa, tanto por las causas derivadas del método como del material. Para ello, el departamento de mantenimiento se encargará de determinar cuáles son los parámetros a modificar y en qué rango deben modificarse para influir positivamente en dichas causas.

Para esta acción, los responsables son el jefe de equipo del turno de mañana y un técnico de mantenimiento, mientras que el ejecutor de la acción es el operario especialista de mantenimiento. La fecha de inicio en este caso es el 6 de octubre de 2017

##### **Acción 8.1:** Valorar un molinete en la cinta de alimentación de la pesadora

Como se ha explicado en anteriormente, un molinete en la cinta de alimentación de la pesadora podría servir para controlar el volumen de materia prima que llega a la pesadora y de esa manera, poder controlar mejor los parámetros técnicos que afectan a su embolsado. Pero su valoración va más allá de este producto con el que se realiza el proyecto, ya que por esa embolsadora se trabaja con más y diferentes, por lo que requiere una concienzuda valoración.

Esta corre a cargo del jefe de mantenimiento de la sección de embolsado y de un técnico de mantenimiento. Por lo tanto, el jefe de mantenimiento será el ejecutor, también, de dicha acción. La fecha de inicio está programada el día 06 de octubre de 2017.

##### **Acción 8.2.:** Instalar un molinete en la cinta de alimentación de la pesadora

En relación a la acción anterior (8.1), una vez llevada a cabo la misma, se procederá a la colocación del molinete en la cinta. En este caso, el responsable y el ejecutor serán la misma persona, el técnico de mantenimiento apoyado en el caso de llevar a cabo dicha instalación, por operarios de mantenimiento.

La fecha de inicio en este caso se remontará al 15 de diciembre de 2017, una vez que se haya valorado positivamente su colocación y se haya realizado el diseño del sistema.

#### **Acción 9:** Valoración de la apertura de un nuevo proyecto de mejora continua

En este caso, para los problemas relacionados con la materia prima como una mezcla no homogénea, miga de producto, así como sus condiciones físicas de volumen y humedad, se propone la valoración de un nuevo proyecto de mejora continua que intente abarcar las causas-raíz relacionadas con el material de trabajo, siendo en este caso la materia prima.

Tal y como se observa con la acción 8.1, por la embolsadora estudiada, no solo pasa la mezcla con la que se trabaja en este proyecto, y también existen problemas con otras materias primas, por lo que la apertura de un nuevo proyecto abarcaría mucho más que las cuestiones presentadas en este apartado del proyecto.

De esta acción es responsable tanto el técnico de mejora continua, como la jefa de calidad y los jefes de equipo de la planta, siendo el responsable de su ejecución el técnico de mejora. La fecha de inicio de esta acción es el 16 de octubre de 2017.

#### 5.4.5. Potencial de mejora

Como última fase de esta etapa, se estimó el impacto que pueden ocasionar las acciones propuestas respecto a la situación inicial. Recordando la situación inicial; de las 17.204 bolsas muestreadas, la **No Calidad** resultó ser del **6,13%**, siendo la causa principal de esta No Calidad las **bolsas pilladas** representadas con un **63,6%** del total muestreado. Respecto a la **hora de arranque**, la media durante los días de estudio se situó sobre las **6:20h de la mañana** debido al muestreo realizado en el plato giratorio, donde el 95% de las bolsas muestreadas, eran bolsas pilladas. Finalmente, el 53% de los días, la máquina fue testada previo a la hora del arranque, reduciéndose la No Calidad aun 5,27%. De lo contrario, durante los días en los que la máquina no se encontraba testada antes del arranque, el porcentaje de No Calidad ascendía al 7,26%.

Con las soluciones propuestas, se quiere conseguir una reducción de la **No Calidad** del 3%, reduciéndose así del 6,13% al **3%**, haciendo de esta manera, que el porcentaje de **bolsas pilladas** disminuya de un 63,3% a **30%** aproximadamente. De esta manera, la cantidad de bolsas pilladas durante la 1ª hora del arranque de reduciría casi a la mitad de bolsas, lo que conllevaría un ahorro tanto de tiempo, como trabajo, así como la mejora de la calidad de ese producto al no verse reembolsado.

Respecto a la hora del arranque, se estima que se mejore a de las 6:20h a las **6:03h** de la mañana, el inicio del turno. Por último, respecto a los días en los que la máquina se ha configurado y testado, se pretende mejorar, haciendo que de un 50% y 53% respectivamente de los días inicialmente, se pase a un **90%** de los días en los que la máquina se encuentre tanto configurada como testada, ya que se ha comprobado a su vez, que una máquina correctamente preparada reduce por sí misma el porcentaje de No Calidad.

### 5.5. Etapa 5: CONTROLAR

Una vez establecido el plan de acción y llevado a cabo varias de las acciones propuestas, llega la última etapa del proyecto, y una de las más importantes: **controlar el resultado** de dichas acciones.

Para ello se determinaron una serie de **indicadores** de fácil control y con los cuales garantizar la duración de la mejoría en la eficiencia de la calidad en la línea. Estos indicadores han de ser controlados tanto por los jefes de equipo como por los técnicos de calidad de la planta, y son los siguientes:

- 1) Configuración de la máquina con el programa definido para el producto Mezcla 500g por parte del especialista de mantenimiento
- 2) Testeo de la máquina programado para las 5:54h de la mañana
- 3) Número de bolsas pilladas durante la 1ª hora del arranque
- 4) Hora del arranque
- 5) Velocidad de fabricación (bolsas/minuto)

Inicialmente, durante las 4 primeras semanas de implantación de las acciones, se recogerán datos de los 4 primeros indicadores sobre el producto Mezcla 500g de forma diaria sobre una hoja excel, presentado los datos una vez al mes en una **reunión de seguimiento** con los participantes del taller Kaizen, sobre todo con los jefes de equipo y personal de mantenimiento de la zona de embolsado.

Durante la primera reunión, se han detectado fallos a la hora de la toma de datos por parte de los operarios, por lo que se les **informa y forma** sobre la información a recoger. Además, se les facilita la transmisión de dicha información gracias al **panel de cambio de turno**, donde se instauró una plantilla que ellos mismos solamente deben rellenar. Además, para reforzar la esta fase y asegurar que los operarios se adaptan a los nuevos métodos de trabajo, se procede incluir la **revisión diaria** de estos indicadores durante el “tour de terrain” realizado por los jefes de equipo de embolsado, como parte del control de mejora continua, seguridad y ergonomía de la zona de embolsado.

Durante la segunda reunión, se ha propuesto un nuevo indicador para controlar las acciones. Este consiste en controlar la **velocidad de fabricación** durante la 1ª hora del arranque (bolsas/minuto) y además, seguir tomando los datos de los indicadores anteriores, pero esta vez, de **todos los productos** que pasarán por la embolsadora en cuestión durante la 1ª hora del arranque.

Por último, una vez se haya comprobado que su efecto resulta ser positivo en relación a la eficiencia de la embolsadora, seguirá el proceso de mejora en esta misma línea para continuar con la mejora de la eficiencia del proceso. Además, se valorará, la posibilidad de implantar dichas acciones en **otras de las líneas** presentes en la industria.



## 6. Conclusiones

1. La eficiencia inicial de la línea de embolsado, durante la **1ª hora del arranque**, expresada en porcentaje de **no calidad empleando como indicador de eficiencia OEE** (*Overall Equipment Efficiency*) y a partir de datos analizados en campo es del **6,14%**, valor por encima del umbral de eficiencia de calidad considerados en la empresa.

2. La principal causa que genera esta no calidad son las **bolsas “pilladas”**, representando un **63,6%** del total de ineficiencias identificadas como posibles causas. Además, esto ha demostrado que la hora de inicio de fabricación, se retasa de las 6:03h al rango de las 6:15-6:20h.

3. En la situación inicial, la **configuración de la máquina antes del arranque** (53% de los días de seguimiento) provoca un **5,27% de no calidad**, ante un **7,26% de no calidad** cuando la **máquina no se ha configurado** antes del inicio del turno de la mañana (un 47% de los días de seguimiento). Siendo, a su vez en ambos casos, las bolsas pilladas la principal causa.

4. Los **principales problemas** que causan el exceso de no calidad están relacionados con:

La **mano de obra** (personal), por la falta de polivalencia y comunicación entre los pilotos de embolsado de la propia máquina en el cambio de turno noche-día.

La **maquinaria**, donde destacan la falta de testaje de la máquina antes del arranque y la ausencia de golpeador en la embolsadora.

El **método**, principalmente lo relacionado con la configuración de la máquina y la velocidad excesiva de fabricación.

El **material**, especialmente las características de la materia prima a la hora de embolsarla: su volumen, su composición, etc.

5. El plan de acción de las **11 acciones de mejora** propuestas, ha generado una mejora del 82% respecto a la **no calidad** inicial, situándose actualmente en valores de **2,5%**. La **configuración de la máquina** se realiza correcta y diariamente, aumentando de un 53% a un **86% de días efectuada**.

6. Los **índices del plan de control**, son **revisados diariamente** por parte de los jefes de equipo a través del “*tour de terrain*” (revisión diaria a pie de fábrica para comprobar la seguridad y ergonomía de la zona de trabajo), que realizan en la zona de embolsado. Dichos índices han generado resultados alentadores, obteniendo valores de **no calidad del 0,5%**.

7. El empleo de las **técnicas Lean** en la **industria de IV gama** estudiada, resulta efectivo para identificar las causas raíz del problema definido y causante de ineficiencia en el proceso. Asimismo, genera posibles soluciones de mejora, demostrando que el **análisis del OEE** es una herramienta útil para cuantificar y revisar el impacto de las medidas implantadas en el proceso.



## 7. Referencias

- AFHORLA: Asociación Española de Frutas y Hortalizas lavadas, Listas para su Empleo. (2010). *Guía de buenas prácticas de producción de IV gama*. Madrid.
- Aguilar, A. (2015). *Lean Manufacturing. La excelencia operativa en la industria alimentaria, la clave para competir*.
- Alva Menéndez, G. (2016). *Gestión*. Recuperado el 1 de diciembre de 2017, de <https://gestion.pe/tendencias/son-ventajas-optimizar-procesos-empresas-121297>
- Aral. (3 de junio de 2016). *Verduras y frutas de IV y V gama, una de las categorías más prometedoras*. Recuperado el 17 de octubre de 2017, de <http://www.revistaaral.com/es/notices/2016/06/verduras-y-frutas-de-iv-y-v-gama-una-de-las-categorias-mas-prometedoras-76762.php#.WnSfIHZavIX>
- Boletín Oficial del Estado. (2011). *Reglamento (UE) N° 10/2011 de la comisión de 14 de enero de 2011 sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos*. Madrid.
- Bonals, J. (2001). *El trabajo en equipo del profesorado*. GRAO.
- Cantalapiedra, M. (12 de Abril de 2013). *Eficiencia energética frente a eficiencia técnica*. Recuperado el 28 de octubre de 2017, de <http://www.gestoresderiesgo.com/colaboradores/eficiencia-economica-frente-a-eficiencia-tecnica>. Blog: gestores de riesgo y morosidad.
- Caro-Carretero, R., & Ortiz-Marcos, S. (2013). Factores determinantes en la tasa de rendimiento de una empresa del sector cosmético. *DYMA Management*, 1-17.
- Carreres, J. (2010). *Evolución de las últimas novedades alimentarias en hortofruticultura derivadas de las nuevas demandas del consumo así como de i+d: los productos alimenticios de la IV y V gama*. Recuperado el 2 de noviembre de 2017, de [http://www.infoagro.com/hortalizas/productos\\_iv\\_v\\_gama.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/productos_iv_v_gama.htm)
- Ceolevel. (5 de marzo de 2015). *CEOLEVEL*. Recuperado el 16 de noviembre de 2017, de <http://www.ceolevel.com/que-es-el-diagrama-ishikawa-y-para-que-sirve>
- CMSA. (2018). *Maquinaria. Envasadora vertical*. Recuperado el 16 de enero de 2018, de <http://cmsa.es/index.aspx>
- Cruelles Ruiz, J. (2010). *La teoría de la medición del despilfarro*.
- Direct industry. (2018). *Máquina de producción agroalimentaria*. Recuperado el 14 de enero de 2018, de <http://www.directindustry.es/prod/cremona-inoxidable-sa/product-175029-1766279.html>
- Direct industry. (2018). *Tolvas de alimentación*. Recuperado el 28 de diciembre de 2018, de <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/tolva-alimentacion-93410.html>
- Eroski consumer. (2018). *Hortalizas y verduras*. Recuperado el 26 de octubre de 2017, de Guía práctica de verduras: <http://verduras.consumer.es/lechuga/introduccion>

- Feld, W. (2001). *Lean Manufacturing. Tools, Techniques, and How to Use Them*. CRC Press.
- Florette. (2018). *Ensalada mezclum*. Recuperado el 8 de noviembre de 2017, de <http://www.florettefoodservice.es/producto/ensalada-mezclum/>
- García-Alcaraz, J., Maldonado-Macías, A., & Cortés-Robles, G. (2014). *Lean Manufacturing in the developing world*. Springer. ISBN: 978-3-319-04950-2.
- Hernandez, J., & Vizán, A. (2013). *Escuela de organización industrial*. (E. y. Ministerio de Industria, Ed.) Recuperado el 3 de noviembre de 2017, de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>
- Huerta, A. F. (2010). *Monografías*. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, de Herramientas de Lean Manufacturing: <http://www.monografias.com/trabajos82/herramientas-lean-manufacturing/herramientas-lean-manufacturing2.shtml#ixzz5586CgZ2H>
- Hurtado. Frutas y verduras. (2017). *Hurtado. Frutas y verduras*. Recuperado el 9 de octubre de 2017, de <http://frutashurtado.esy.es/Radichio/>
- IMM AUTOMATION. (2018). *Catálogo de productos*. Recuperado el 15 de enero de 2018, de <http://immautomation.com/catalogo-de-productos-de-imm-automation/#close>
- Jinlong industrial co. (2018). *Pesador combinado del detector de metales y del control*. Recuperado el 9 de enero de 2018, de <http://spanish.shanghaijinlong.com/supplier-174085-combined-metal-detector-and-check-weigher>
- Kennedy, I., Plunkett, A., & Haider, J. (2013). Implementation of Lean Principles in a Food Manufacturing Company. En *Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems*. Springer.
- Licata, M. (2017). *Zonadiet*. Recuperado el 2 de noviembre de 2017, de La espinaca: Beneficios, propiedades y nutrientes: <https://www.zonadiet.com/comida/espinaca.htm>
- Luna-Riquelme, M. C. (2 de abril de 2014). *Alimentos IV gama*. Recuperado el 22 de octubre de 2017, de <https://cienciacebas.wordpress.com/2014/04/02/que-es-la-iv-gama/>
- Macoypack. (2018). *Formadores de bolsas*. Recuperado el 16 de enero de 2018, de <http://macoypackaging.com/Formadores.html>
- Mafrigarlo. (2018). *Vibrador dosificador*. Recuperado el 13 de enero de 2018, de <http://www.mafrigarlo.com/vibrador.php>
- Manzano Ramírez, M., & Gisbert Soler, V. (2016). Lean Manufacturing: implantación 5S. *3C Tecnología*, 5(4), 16-26.
- MAPAMA. (2018). *Industria Agroalimentaria*. Recuperado el 29 de noviembre de 2017, de Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente: <http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/industria-agroalimentaria/>
- Maquinaria de envases consultores. (2018). *Envasadora vertical*. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <http://maquinariadeenvaseconsultores.com/ensavadora-vertical/>

- Marhuenda, J. A., & García, J. (Enero de 2017). Cultivos hortícolas al aire libre. (C. C. Rural, Ed.) *Serie Agricultura*(13), 276-287.
- Marín, F., & Delgado, J. (2000). Las técnicas justo a tiempo y su repercusión en los sistemas de producción. (A. d. Departamento de Ingeniería de Organización, Ed.) *Economía industrial*(331).
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance Measurement using Overall Equipment Effectiveness (OEE): Literatura Review and Practical Application Discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535.
- Naturnoa. Siembra sostenible. (2018). *Naturnoa. Siembra sostenible*. Recuperado el 17 de octubre de 2017, de <http://naturnoa.com/es/lechugas-ruculas-y-mas/53-lechuga-lollo-rossa-semillas-ecologicas.html>
- Orellana huerta, A. F. (2010). *Herramientas de Lean Manufacturing*. Recuperado el 1 de diciembre de 2017, de <http://www.monografias.com/trabajos82/herramientas-lean-manufacturing/herramientas-lean-manufacturing2.shtml#ixzz5586CgZ2H>
- Rajadell Carreras, M., & Sánchez García, J. L. (2010). *LEAN MANUFACTURING. La evidencia de una necesidad*. Diaz de Santos.
- Retail Actual. (23 de Marzo de 2017). *La industria alimentaria española modelo de modernización y exportaciones*. Recuperado el 3 de noviembre de 2017, de <https://www.retailactual.com/noticias/20170323/industria-alimentaria-cifras-exportaciones#.WnSEBnzavIV>
- SoloStocks*. (2017). Recuperado el 11 de enero de 2018, de Envasadora automática multicabezal 10h: <http://www.solostocks.com/venta-productos/maquinaria-ensvasado/ensvasadoras/ensvasadora-automatica-multicabezal-10h-6545549>
- T.J.F. (2018). *Máquinas. Pesado*. Recuperado el 7 de enero de 2018, de <http://tjf.es/maquina.php?idweb=62cat=44>

# ANEXO 1.

## Plantillas de recogida de datos

# PLANTILLA A

**E-11: REGISTRO BOLSAS DEFECTUOSAS (NO CALIDAD)**

**DÍA:** \_\_\_\_\_

Hora	ARTICULO	PESO	BOLSAS PILLADAS	METAL	TERMOS. DEFECT. HORZ	TERMOS. DEFECT. VERT	SOBRANTES	RESTOS OTROS PROD.	FECHA MAL ENCUADRADA	PLÁSTICO INCORRECTO	OBJETOS EXTRAÑOS	MAL AJUSTE GAS	CONTROL CALIDAD	MEZCLA MAL HECHA
06:00 - 06:15														
06:15 - 06:30														
06:30 - 06:45														
06:45 - 07:00														
07:00 - 07:15														
07:15 - 07:30														

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

INDICENCIAS MÁQUINA:

## **PLANTILLA B**

**E-11: REGISTRO BOLSA**

**DÍA:**

<b>Hora</b>	<b>ARTICULO</b>	<b>O K</b>	<b>NO K</b>	<b>OBSERV.</b>
06:00 - 06:05				
06:05 - 06:10				
06:10 - 06:15				
06:15 - 06:20				
06:20 - 06:25				
06:25 - 06:30				
06:30 - 06:35				
06:35 - 06:40				
06:40 - 06:45				
06:45 - 06:50				
06:50 - 06:55				
06:55 - 07:00				
07:00 - 07:05				
07:05 - 07:10				
07:10 - 07:15				
07:15 - 07:20				
07:20 - 07:25				
07:25 - 07:30				

0

0

# ANEXO 2.

## Programación del taller Kaizen

<b>PROGRAMACIÓN TALLER KAIZEN</b>		
<b>5:30 - 07:00</b>	<b>Reunión del equipo en la E11 y Ver proceso de fabricación</b>	<b>Grupo</b>
<b>7:00 - 7:15</b>	<b><i>Pausa</i></b>	
<b>7:15 - 8:15</b>	<b>Introducción taller KAIZEN y situación actual</b>	<b>Grupo</b>
<b>8:15 - 9:30</b>	<b>Análisis causas y subcausas a través del diagrama Ishikawa / espina de pez</b>	<b>Grupo</b>
<b>9:30 - 9:45</b>	<b><i>Pausa</i></b>	
<b>09:45 - 13:00</b>	<b>Análisis causas y subcausas Acciones correctivas</b>	<b>Grupo</b>
<b>13:00 - 13:30</b>	<b>Presentación Final</b>	<b>Grupo</b>