

10-011

**PROJECT TO IMPROVE THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF A PRODUCTION LINE IN A
COMPANY IN THE FOOD-DAIRY SECTOR**

Lozano Sanchez, Paula; Arnal Arnal, Jose Miguel; Garcia Fayos, Beatriz

Universitat Politècnica de València

In a company of the food-dairy sector, a new production line has been installed for the manufacture of new products. The advantage of this new line compared to the existing ones is the manufacturing capacity for the bottle and the dairy product.

In the start-up of the new line, a high percentage of stoppages has been obtained, which has meant that the operational efficiency of the line stands at 55% compared to the 75% required for the company to meet the production demanded by the customer. An improvement project is proposed with the main objective of increasing the percentage of operational efficiency of the line, based on the methodology of the focused improvement process in order to analyse the root causes, the process, propose and implement corrective improvements and check if the results allow consolidating the improvement of the results. In addition, different tests were carried out on speed, cadence, temperature, time, pressure, lubrication and cleaning.

After the completion of the project, operational efficiency has been improved by 13.5%, achieving a significant improvement in the production line.

Keywords: Operational Efficiency; Total Downtime; Production Line; Production Line

**PROYECTO DE MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN
UNA EMPRESA DEL SECTOR DE ALIMENTACIÓN-LÁCTEO**

En una empresa del sector alimentación-lácteo se ha llevado a cabo la instalación de una nueva línea de producción para la fabricación de nuevos productos. La ventaja de esta nueva línea frente a las existentes es la capacidad de fabricación tanto de la botella como del producto lácteo.

En la puesta en marcha de la nueva línea se ha obtenido un elevado porcentaje de paradas, lo que ha hecho que la eficiencia operacional de la línea se sitúe en un 55% frente al 75% que se requiere para que la empresa pueda satisfacer las producciones demandadas por el cliente. Se plantea un proyecto de mejora con el objetivo principal de aumentar el porcentaje de eficiencia operacional de la línea, basado en la metodología del proceso de mejora enfocada con el fin de analizar las causas raíz, el proceso, proponer e implementar las mejoras correctivas y comprobar si los resultados permiten consolidar la mejora de los resultados. Además, se realizaron diferentes ensayos de velocidad, cadencia, temperatura, tiempo, presión, lubricación y limpieza.

Tras la realización del proyecto se ha conseguido mejorar la eficiencia operacional en un 13,5 % logrando una mejora significativa de la línea de producción.

Palabras clave: Eficiencia Operacional; Tiempos de inactividad totales; Línea de producción

Correspondencia: beagarfa@iqn.upv.es



©2024 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El proyecto se ha realizado en el Departamento de Procesado y Envasado de una industria alimentaria multinacional con sede en España que se dedica a la comercialización de productos lácteos, así como a la venta de aguas minerales, nutrición infantil y nutrición médica.

La producción de la empresa está basada en un proceso multilínea, en concreto, 11 líneas de producción tanto de yogures bebibles como de postres, que posteriormente se envasan para su comercialización. Todas las líneas reciben el envase formado de una empresa externa, sin embargo, recientemente, la empresa ha añadido una nueva línea (Línea 16) capaz de formar sus propios envases y de fabricar una amplia gama de productos, desde botellas más pequeñas a botellas más grandes (15.000 botellas/hora). La incorporación de esta nueva línea ha supuesto la integración de nueva maquinaria y formatos diferentes a las demás adaptándose a las necesidades demandadas por el cliente final.

En la puesta en marcha de la línea se han detectado numerosas paradas que afectan directamente a la eficiencia operacional de la línea, es decir, al volumen de producción, pero que también pueden deteriorar la calidad del producto acabado y afectar, por tanto, a su venta. Actualmente la eficiencia de la nueva línea es del 55%, valor un 20% inferior a la Eficiencia Global de la fábrica, lo que implica que la empresa no sea capaz de llegar a las producciones requeridas por el cliente. Por eso, este Trabajo Fin de Máster ha realizado un análisis de mejora en el proceso y una optimización, para identificar el origen de las paradas y proponer e implementar soluciones que permitan mejorar la eficiencia operacional de la línea.

El análisis de mejora de la línea de producción se ha llevado a cabo mediante la aplicación de la metodología de Mejora Enfocada (“Focused Improvement”). Esta metodología permite identificar los problemas de fabricación y aplica métodos sistemáticos de resolución para encontrar las soluciones más rentables, que ahorran tiempo y no perturban a la hora de optimizar el sistema. Además, se han aplicado acciones de mantenimiento preventivo a través de la “Gestión Autónoma” para prevenir el desgaste forzado de la maquinaria y mantener la condición básica de los equipos bajo control. Las acciones realizadas han sido implementadas, permitiendo mejorar la eficiencia operacional de la línea objeto de este trabajo hasta un 68,5%.

Además, el desarrollo de este proyecto ha contribuido a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fijados por Naciones Unidas para la Agenda 2030. En concreto: el ODS 3 y el ODS 12 por el compromiso de ofrecer los más altos estándares de calidad y seguridad alimentaria a través de la mejora de línea de producción, el ODS 8 por el desarrollo de la empresa de una oferta única de productos que se envasan en los formatos de la línea 16 y que favorecen la salud en alguna de las categorías de mayor crecimiento, dando respuesta a las tendencias actuales de alimentos y bebidas y de futuro, y los ODS 2, 6, 7, 12, 13 y 15 por el compromiso con el abastecimiento sostenible de todos los ingredientes, apostando por la economía circular de los envases, por la agricultura regenerativa y el cuidado del ciclo de agua, así como la lucha contra el cambio climático.

2. Objetivos

El objetivo general la mejora de la eficiencia operacional (OE) de la línea de producción 16 reduciendo el porcentaje de paradas de las máquinas logrando satisfacer el abastecimiento completo al cliente dentro del periodo establecido.

Así pues, para alcanzar dicho objetivo se han seguido una serie de objetivos específicos:

- Identificación y clasificación de los problemas técnicos observados
- Estudio y análisis de los datos sobre las paradas.

- Identificación y clasificación de los problemas técnicos observados.
- Estudio y determinación de las causas raíz de los problemas.
- Propuesta, planificación e implementación de acciones correctivas para cada uno de los defectos.

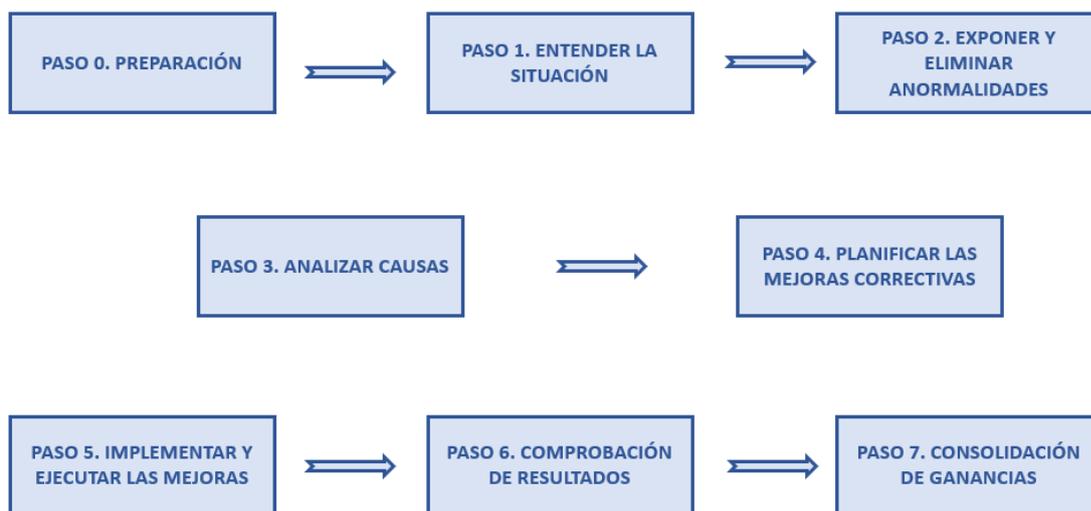
3. Metodología

La metodología implementada en el proyecto se denomina proceso de Mejora Enfocado (“Focused Improvement”) que es un enfoque de resolución de problemas en equipo. Su objetivo es eliminar todas las posibles pérdidas para mejorar la seguridad y la productividad y reducir defectos y costes de producción.

Para ello, es necesario crear una cultura de mejora continua utilizando la técnica de mejora enfocada (Kaizen) para lograr la máxima productividad de las personas, la maquinaria y la utilización de materiales y así conseguir CERO accidentes, CERO residuos, CERO defectos y CERO pérdidas.

Por tanto, esta técnica cumple distintas tareas estandarizadas y complementarias que se definen siguiendo los pasos que se muestran en la Figura 1.

Figura 1: Metodología para el desarrollo del proyecto



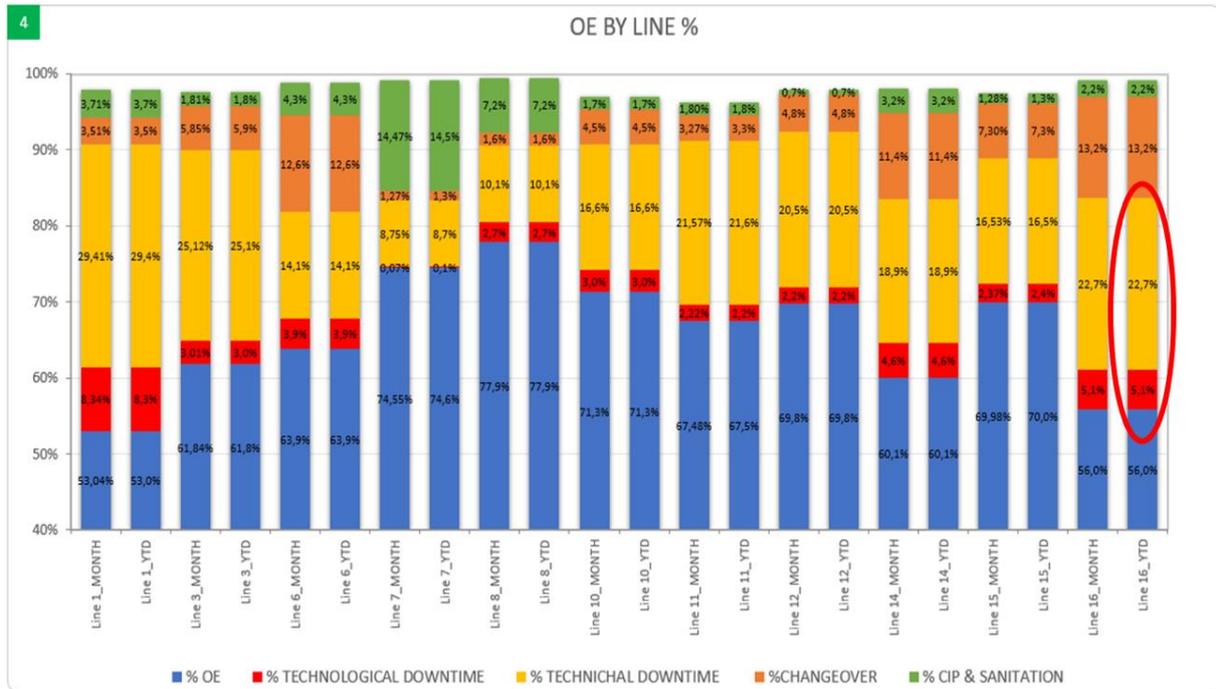
4. Resultados

A continuación, se muestran y analizan los principales resultados de acuerdo con la metodología expuesta.

PASO 0. PREPARACIÓN

Se creó un equipo de resolución de problemas compuesto por 7 miembros de distintos departamentos, ya que el problema no afecta a un único sector: 2 ingenieros de producción (entre ellos la solicitante), 3 operarios de planta, 1 ingeniero de mantenimiento y 1 operario de mantenimiento. Este equipo está formado por personas que tienen la experiencia y autorización interna para resolver problemas, tomar decisiones e iniciar acciones.

Figura 2. Eficiencia Operacional de todas las líneas



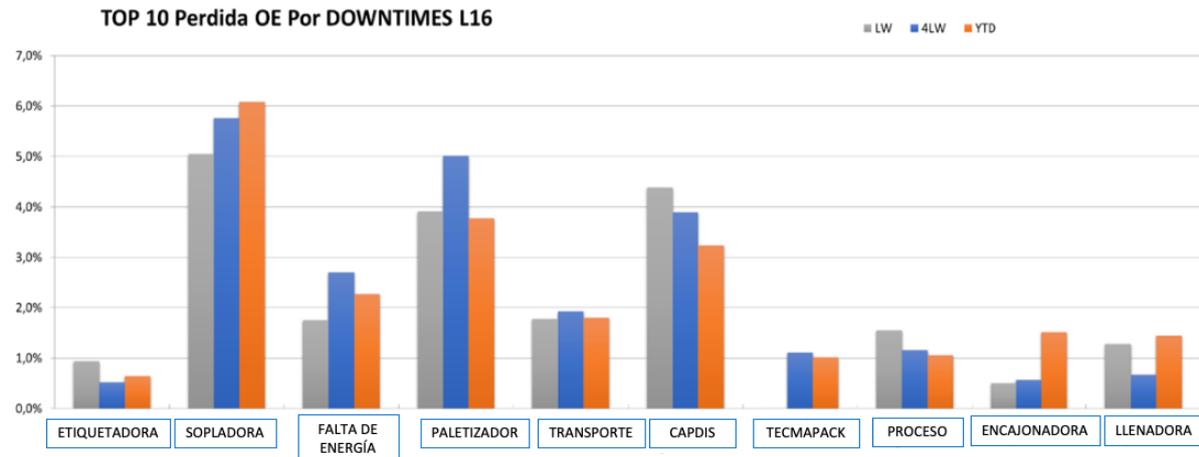
Para identificar el problema, se comparó la eficiencia operacional de todas las líneas de la empresa, como se indica en la Figura 2. Ésta se define en base a la obtención del mejor o el máximo rendimiento utilizando un mínimo de recursos. El análisis de la eficiencia operacional indicó que la nueva línea de producción (Línea 16) se sitúa en un 56% con respecto al 75-77% que obtienen las demás líneas que fabrican 7 días a la semana. Esta diferencia es debida a las distintas paradas no planificadas con un tiempo superior a 10 minutos y que suponen una intervención en la máquina.

Además, se elaboró una guía de planificación para definir los pasos y tiempos establecidos en las 22 semanas de duración del proyecto. También se definió una matriz de habilidades de los componentes del equipo con el objetivo de conocer las competencias de cada uno de ellos y organizar mejor el proyecto teniendo en cuenta sus fortalezas para llevar a cabo las tareas específicas.

PASO 1. ENTENDER LA SITUACIÓN

Para entender la situación se elaboró un mapa de pérdidas (Top 10) con el fin de estudiar las máquinas que generan las mayores pérdidas de disponibilidad y clasificar las deficiencias que afectan a la producción (Figura 3). La línea 16 está compuesta de una sopladora, una llenadora, una etiquetadora, una encajonadora, una formadora de bandejas y un paletizador.

Figura 3. Porcentaje de pérdida de eficiencia operacional por paradas de cada máquina en la L16



Los motivos que llevan a tiempos de inactividad son los cambios de formato, el cambio de producto, las limpiezas y las pruebas (producto no comercializable) Estas paradas son obligatorias y no se contabilizan como problemáticas en la eficiencia operacional de la línea aunque provocan que está nunca pueda llegar al 100 %. Por otra parte, se tienen las paradas tecnológicas (debido a paradas en máquinas anteriores o posteriores que abastecen a la línea 16), técnicas (debido a paradas de máquinas que forman la línea) y organizacionales (debido a paradas por desabastecimiento de materias primas) que provocan tiempos de inactividad no planificados debido a incidentes imprevistos.

Estos motivos son los que afectan inesperadamente a la eficiencia operacional y son los que se abordan en este trabajo. El mapa elaborado muestra que los equipos más críticos de la línea 16 son: Sopladora, Llenadora, Paletizadora e Intercambiador de calor, debido a las siguientes razones:

- Sopladora: Se obtiene una preforma del envase con “orejas” que se considera defectuoso tal y como se observa en la Figura 4.
- Llenadora: Pérdida de esterilidad (“Cap Discontamination”) por falta de caudal de peróxido de hidrógeno.
- Paletizadora: Las bandejas que se caen al suelo.
- Energías: Falta de presión en el intercambiador de calor que enfría el producto.

Figura 4. Preforma PET con orejas



Posteriormente, se llevó a cabo un análisis “4M” con el objetivo de buscar la causa raíz de los modos de fallo encontrados. Se propusieron posibles orígenes de cada modo de fallo y se

clasificaron en distintas categorías según el enfoque de este método (Material, Machine, Man y Method). Este análisis permitió concluir que la mayoría de las causas raíz provienen de la máquina y del material en los equipos críticos.

PASO 2. EXPONER Y ELIMINAR ANORMALIDADES

Dado que los mayores fallos encontrados provienen, en gran medida, de las máquinas, se implementó un sistema de gestión de etiquetas que permitía identificar rápidamente el lugar de la deficiencia de la máquina y prevenir las pequeñas paradas (inferiores a 1 hora) con antelación. Las incidencias detectadas fueron:

- Atasco de tapones en la llenadora (CAPDIS).
- Enganche de botellas a la salida de la mesa de acumulación.
- Enganche de botellas en el rechazo.
- Suciedad a la salida del FTSYTEM.
- En este periodo de ajuste se corrigieron todas las incidencias detectadas que suponían paradas menos críticas en la línea y se documentaron cada una de las soluciones propuestas mediante la creación de Modos Operatorios (hojas de instrucción) o OPL's ("One Point Lesson").

PASO 3. ANALIZAR CAUSAS

Una vez corregidas las incidencias menores que podían desfocalizar los problemas más críticos, se llevó a cabo un análisis de causas de los mismos a partir de la herramienta de los 5W ("Why?"). Las causas preliminares encontradas fueron:

- Preforma con orejas en la Sopladora: Moldes en mal estado por falta de limpieza o inspección, exceso de temperatura en el horno provocando el plástico mal repartido, pinzas que bajan a la sopladora desalineadas por falta de mantenimiento preventivo, mala transferencia del riel de bajada a la zona de desempolvado por guías mal ajustadas, mal ajuste de las posiciones de la sopladora por la intervención del proveedor, especificaciones de las preformas grandes y pequeñas distintas y exceso de velocidad y carga de preformas en el transporte.
- Pérdida de esterilidad en la llenadora (CAPDIS): Falta de flujo de aire por no tener los valores nominales de los presostatos o falta de limpieza en el mantenimiento preventivo.
- Bandejas caídas en el Paletizador: Fallo de robo en los intercaladores del Paletizador por no tener una seguridad de falta de presión y colisión de los compactadores laterales.
- Falta de energía: Falta de caudal de agua helada y falta de inspección y limpieza.

PASO 4. PLANIFICAR MEJORAS CORRECTIVAS

A partir de todos los porqués que se encontraron en el análisis anterior, se planificaron acciones correctivas programadas para conseguir eliminar la causa raíz de los problemas. En el plan de acción se definieron las múltiples alternativas de mejora y los responsables de llevarlas a cabo, además, se establecieron un conjunto de indicadores como la fecha y el porcentaje de mejora que permiten conocer el grado de avance con relación a los objetivos (Figura 6).

Figura 5: Análisis 5W de los problemas más críticos

ANÁLISIS 5W										
CAUSAS PRELIMINARES	CAUSAS RAIZ									
	PORQUE (1)	CHECK	PORQUE (2)	CHECK	PORQUE (3)	CHECK	PORQUE (4)	CHECK	PORQUE (5)	CHECK
Falta energía. Cruce de presiones de agua helada con la del condensado	Aumento de consumo de agua helada en proceso	→	Falta de caudal de agua helada							
Sopladora. Preformas con orejas. Moldes en mal estado	Molde mal mantenido	→	Falta de CIL							
Sopladora. Preformas con orejas. Exceso Tº en horno	Modificación temperatura formado	→	Plástico mal repartido							
Sopladora. Preforma con orejas. Pinzas desalineadas	Desgaste	→	Falta PM							
Sopladora. Preforma con orejas. Mala transferencia del riel de bajada a la zona de desempolvado	Preforma cabecea en la bajada	→	Guías de bajada mal ajustadas							
Sopladora. Preformas con orejas. Mala cogida rail del horno	Mala estado narices de turnela	→	Juntas en mal estado	→	Falta PM					
Sopladora. Preforma con orejas. Guías intercambio homo/sopladora desajustadas	Desgaste de uso	→	Falta PM							
Sopladora. Preforma con orejas. Modificación posiciones por preventivo Sidel	Mal ajuste en intervención									
Sopladora. Preforma con orejas. Diferente tamaño de ar externo entre Cachaça y Darwin	Especificaciones de preformas distintas									
Sopladora. Atasco riel con preforma Darwin	Exceso de preformas en el riel	→	Exceso de velocidad y carga de preformas en el transporte							
Capdis. Pérdida de esterilidad por falta de flujo	Presiones de aire incorrectas	→	Modificación de presostatos	→	Falta nominales					
	Mezclador obstruido	→	Falta de limpieza PM							
Paletizador LAC. Colisión intercaladores con el aro centrador	No sabe si el intercalador está bien colocado	→	No tiene detectores							
Paletizador LAC. Fallo robo intercaladores	No roba cuando quedan pocos intercaladores									
	No detecta que no lleva intercalador	→	No tiene seguridad de falta de presión y/o detectores de intercalador							
Paletizador LAC. Colisión compactadores laterales	No detecta el compactador lateral	→	No tiene seguridades							

Entre las acciones planificadas se incluyeron:

- Preforma con orejas en la Sopladora: Revisión y ajuste de las guías del riel de bajada con la zona de desempolvado, revisión del mantenimiento preventivo, cambio de juntas de las narices de turnela, revisar las especificaciones de las preformas con I+D y calidad, establecer nominales de velocidades, revisar si se ha realizado la inspección y limpieza y realizar un proceso de validación con las especificaciones de cliente para comprobar el reparto del plástico.

- Pérdida de esterilidad en la llenadora (CAPDIS): Establecer nos valores nominales del control de calibración de instrumentos para los presostatos y realizar una limpieza con ácido cítrico.
- Bandejas caídas en el Paletizador: Colocar detectores para el centrado del intercalador e instalar seguridades para detectar la cogida del intercalador.
- Falta de energía: Cambiar la válvula reductora para regular el caudal de entrada de agua y poner en marcha la balsa 3 para aumentar dicho caudal.
- Según el plan de control, si todas las acciones se llevaran a cabo tal y como estaba establecido, se lograría aumentar la eficiencia operacional de la línea en un 16%.

Figura 6. Plan de acción definido para abordar cada causa raíz

PLAN DE ACCIÓN							
CAUSA RAÍZ	CONTRAMEDIDA	RESPONSABLE	FECHA	RECURSOS	MEJORA (%)	HECHO	VALIDACIÓN
Falta de caudal de agua helada	Cambio de la reductora de entrada	Jefe de mantenimiento	S11	-	2,5		
	Puesta en marcha de la balsa 3	Jefe de mantenimiento	S11	-	2,5		
Falta de CIL en mantenimiento molde	Revisión de CIL	Líder y asistente	S18	-	5,5		
Plástico mal repartido	Proceso de validación y molde según las especificaciones de cliente	Líder y asistente	S15	-			
Falta PM en la pinzas de cogida de preformas	Revisión del PM	Jefe de mantenimiento	S18	-			
	Cambio/o alineación de pinzas	Jefe de mantenimiento	S15	-			
Guías de bajada mal ajustadas	Revisión y ajuste de las guías del riel de bajada con la zona de despolvado	Jefe de mantenimiento	S15	-			
Falta PM en las juntas de las narices de turnela	Revisión del PM	Jefe de mantenimiento	S18	-			
	Cambio juntas de narices de turnela	Jefe de mantenimiento	S15	-			
Especificaciones de preformas distintas	Revisar especificaciones con I+D y Calidad	Líder y asistente	S17	-			
Exceso de velocidad y carga de preformas en el transporte	Establecer nominales de velocidades	Líder y asistente	S20	-	0,5		
Falta nominales en presostatos	Establecer nominales y control de calibración de instrumentos	Operario de mantenimiento	S13	-	2		
Falta de limpieza del mezclador	Realizar limpieza con cítrico	Jefe de mantenimiento	TBD	Compra cítrico			
No tiene detectores para saber si el intercalador va centrado con el aro	Se colocan detectores para el centrado del intercalador	Líder	S17	LAC	1		
No tiene seguridades de cogida de intercalador	Instalación de seguridades	Líder	TBD	LAC	2		
No tiene seguridad de colisión con el compactador lateral							
				TOTAL	16	%	

PASO 5. IMPLEMENTAR Y EJECUTAR LAS MEJORAS

Se ejecutaron todas las acciones establecidas en el plan de control definido en el paso anterior teniendo en cuenta las fechas establecidas y motivando a quienes lideraban cada una de ellas para su cumplimiento. Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos validando las acciones correctivas que habían sido exitosas (Tabla 1) y se compararon con los objetivos establecidos logrando un aumento en la eficiencia operacional de la línea de un 13,5%.

Tabla 1. Resultado de aplicación del proyecto FI en la L16

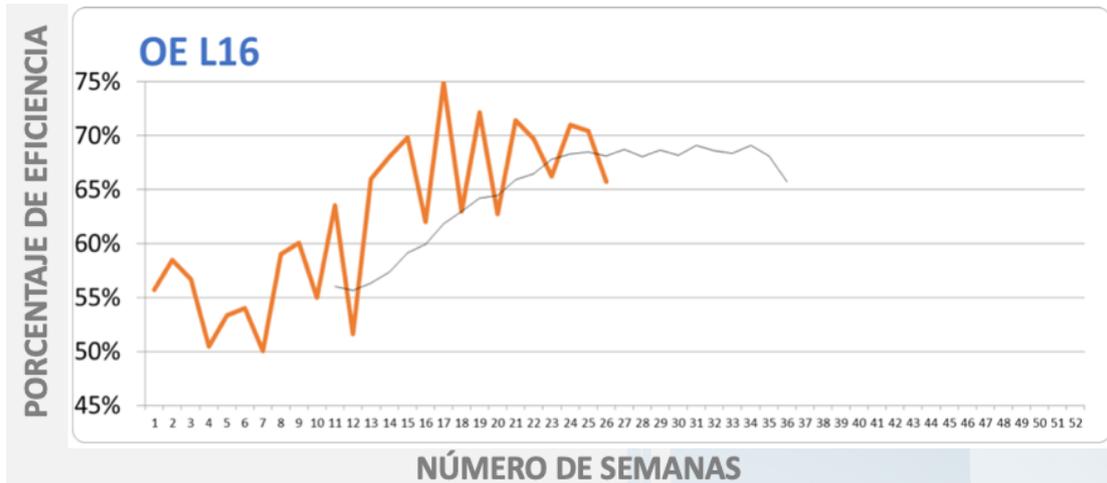
PROBLEMA	SOLUCIÓN	VALIDACIÓN S26	DESAPARICIÓN DEL PROBLEMA PRINCIPAL
Falta de caudal de agua helada	Cambio de la válvula reductora	Proporciona una mejora de 2,5 puntos sin eliminar el problema	NO
	Puesta en marcha de la balsa 3	Proporciona una mejora de 0,5 puntos pero se vuelve a parar	
Preforma con "orejas"	Revisión y ajuste de las guías del riel de bajada con la zona de desempolvado	Supone un aumento de 5 puntos en la eficiencia de la máquina	SI
	Cambio de juntas de narices de turnela	Proporciona una mejora de 0,5 puntos	NO
	Establecer nominales de velocidades por exceso	Supone un aumento de eficiencia de 0,5 puntos	NO
	Marcar los nominales de los presostatos	Supone una mejora de 1,5 puntos	SI
Realizar limpieza del mezclador con ácido cítrico	Proporciona una mejora de 0,5 puntos		
Fallo de robo de intercaladores en el Paletizador	Instalación de seguridades	Supone una mejora de eficiencia de 0,5 puntos	SI
	Se colocan detectores para el centrado del intercalador	Mejoran en 1,5 la eficiencia de la máquina	

PASO 6. COMPROBACIÓN DE RESULTADOS

Tras implementar todas las acciones correctivas, se compararon los resultados iniciales con los obtenidos tras las 26 semanas de implementación del proyecto (Figura 7), logrando una mejora significativa respecto de la situación inicial con una tendencia positiva, alcanzando puntualmente eficiencias operacionales del 75% (igual al obtenido en la eficiencia global de la

empresa), y obteniendo en promedio una eficiencia operacional del 68,5% para la línea 16, por lo que el proyecto resultó exitoso.

Figura 7. Evolución de la eficiencia operacional de la L16 frente a las semanas de estudio



PASO 7. CONSOLIDACIÓN DE GANANCIAS

Finalmente, se documentaron todos los procedimientos con el fin de establecer estándares claros que permitan la capacitación y entrenamiento del personal de producción y mantenimiento de la línea, así como extrapolarlo a otros procesos en un futuro cercano.

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones son:

-La implementación de la metodología “Focused Improvement” en la nueva línea de producción (Línea 16), ha conseguido eliminar 3 de los 4 problemas críticos que disminuyen la eficiencia operacional de la línea (rebabas tipo oreja en la preforma obtenida en la sopladora de envases, pérdida de esterilidad en la llenadora y bandejas caídas en la paletizadora).

-No se ha resuelto en su totalidad el problema crítico de la falta de caudal de agua helada en el intercambiador de calor al no ser eficaz la solución de la incorporación de la balsa 3 propuesta.

-La realización de este proyecto ha supuesto un aumento de la eficiencia operacional de la línea 16 de un 55% a un 68,5% y esta mejora ha permitido a la empresa alcanzar el volumen de producción requerido por los clientes.

Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible

