

# Evaluation and improvement proposal using Lean Manufacturing tools to increase the efficiency of the filled candy production line. A Case Study in the Food Industry

I. Luis Retuerto, Magister, J. Rau Álvarez, Magister, M. León Perfecto  
Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, ivo.luis@pucp.edu.pe, jrau@pucp.edu.pe, mleonp@pucp.edu.pe

*Abstract— The objective of this document is to evaluate the implementation of Lean Manufacturing tools in the production line of filled candies in a mass consumption food company, with the aim of improving the efficiency of the line. The diagnosis shows that the main waste of the line is overprocessing, waiting, unnecessary movements and transfers, this generated costs of S/.80,000.00, per semester, in reprocessing and overtime. As explained, the implementation of tools such as Single Minute Exchange of Die (SMED), Visual Controls and the pillars of Total Productive Management (TPM): Autonomous and Preventive Maintenance are proposed.*

*Keywords— Lean Manufacturing, waste, maintenance, reprocessing, Single Minute Exchange of Die, Candy, Line, Reprocessing.*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

# Evaluación y propuesta de mejora usando herramientas de Manufactura Esbelta para incrementar la eficiencia de la línea de producción de caramelos con relleno. Un Caso de Estudio en la Industria Alimentaria

I. Luis Retuerto, Magister, J. Rau Álvarez, Magister, M. León Perfecto

Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, ivo.luis@pucp.edu.pe, jrau@pucp.edu.pe, mleonp@pucp.edu.pe

**Resumen—** La presente investigación es para evaluar la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta en la línea de producción de caramelos con relleno en una empresa de consumo masivo, con el objetivo de mejorar la eficiencia de la línea. El diagnóstico muestra que los principales desperdicios, de la línea son el sobre procesamiento, espera, movimientos y traslados innecesarios, esto generaba costos de S/80,000.00 por semestre, los cuales eran por reproceso y sobretiempo. Es por ello que, se propone la implementación de herramientas como el Cambio Rápido de Herramientas (SMED), Controles Visuales y los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM): Mantenimiento Autónomo y Preventivo.

**Palabras Clave—** Manufactura Esbelta, desperdicio, mantenimiento, reproceso, Cambio Rápido de Herramienta, Caramelos, Línea, Reproceso.

## I. INTRODUCCIÓN.

Dado el contexto, la globalización demanda que las empresas sean más competitivas, no alcanza con la innovación de productos y de buena calidad, también se requiere tener operaciones eficientes, lo cual generará una ventaja competitiva en el mercado. Empresas de distintos sectores han optado por la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta, lo cual generó mejoras de 20% a 50% en la reducción de costos de producción, *lead time* y reducción de desperdicios. Por lo explicado, el presente trabajo tiene como propósito, presentar un análisis, descripción y propuesta de mejora, a través de las herramientas de Manufactura Esbelta. Esto se logrará con herramientas tales como *Value Stream Mapping*, Controles Visuales, Cambio Rápido de Herramienta y Mantenimiento Productivo Total. La metodología de implementación de estas herramientas es, en primer lugar, identificar los mayores desperdicios (sobreproducción, esperas, movimientos y traslados innecesarios), luego, reducir y eliminarlos. Los beneficios de estas herramientas son la reducción del tiempo de cambio de formato en la línea, estandarización de parámetros críticos de elaboración de producto y mantener las condiciones iniciales de los equipos. De esta manera, se logrará tener un proceso más esbelto y libre de desperdicios.

## II. ASPECTOS GENERALES

### A. Filosofía Lean

El pensamiento *Lean* es un tipo de gestión que tuvo origen en la industria automotriz japonesa, tomando como referencia a

la empresa Toyota. Este sistema trata sobre un método de trabajo que se basa en el principio de: “Preservar el valor de cliente, trabajando menos, a través de la eliminación de desperdicios” [1].

### B. Concepto de Desperdicio

La muda o desperdicio se basa en una actividad o elemento del proceso que es un generador de costos a lo largo del proceso productivo; sin embargo, no influye en la generación de valor [2]. Los desperdicios son clasificados en siete grupos. Ver tabla 1[3].

TABLA 1  
SIETE DESPERDICIOS O MUDAS MANUFACTURA

Tipo de Mudadas	Descripción
Sobreproducción	Se refiere al exceso de producción, no se realiza un correcta planificación del plan.
Espera	Espera para pasar de un proceso a otro.
Transporte	Exceso de traslado del material que ingresa al proceso.
Procesos Innecesarios	Exceso de actividades que no generan valor agregado
Inventarios	Exceso de inventarios de productos en proceso o terminados.
Productos Defectuosos	Alta cantidad de mermas de las salidas de los procesos.
Movimientos Innecesarios	Alta cantidad de movimientos del empleador en un proceso

### C. Manufactura Esbelta

Manufactura Esbelta hace referencia al Sistema Justo a Tiempo (Just in Time) en el occidente. Este término también es denominado como el Sistema de Producción Toyota [3]. El verdadero fin de la Manufactura Esbelta es identificar todas las oportunidades de mejora que se esconden en todo el proceso productivo, puesto que, siempre existirán desperdicios. Además, la Manufactura Esbelta busca crear un hábito o forma de vida en la que se reconozcan continuamente los desperdicios y hay total disposición para encontrarlos y eliminarlos [3].

### D. Herramientas Manufactura Esbelta

En esta sección, se mencionarán las herramientas principales de la Manufactura Esbelta, herramientas que se utilizan para lograr la reducción y/o supresión de desperdicios y aumento de la eficiencia del proceso en estudio como la

minimización de tiempos de espera y fallas en el proceso productivo [2].

#### 1) Mapa de Flujo de Valor (VSM)

El Mapa de Flujo de Valor es una herramienta que se basa en la representación gráfica del proceso productivo a analizar, aquí se identificarán todos los aspectos críticos que conllevan a la realización de cada etapa del proceso, como tiempos de ciclo, tiempos de entrega, tiempos que agregan y no agregan valor, inventarios de productos en proceso, etc. Esta herramienta ayuda a poder identificar todos los desperdicios de cada etapa de manera más clara.

Se utilizan dos Mapas de Flujo de Valor: Actual y Futuro, este último sirve para plasmar todas las herramientas que se utilizarán para atacar a los desperdicios y se muestra el estado deseado [8].

#### 2) Cambio Rápido de Herramienta (SMED)

*Single Minute Exchange of Die* o Cambio Rápido de Herramienta (SMED) es una herramienta de Manufactura Esbelta que se basa en incrementar el desempeño de las actividades relacionadas al tiempo y preparación de máquinas. De esta manera, la productividad y la flexibilidad de las operaciones se verá incrementada [4].

Las etapas de implementación de la herramienta SMED son las siguientes [5].

- Etapa 1: Estudiar la situación actual.
- Etapa 2: Clasificación de tareas en internas y externas.
- Etapa 3: Transformar las tareas internas en tareas externas.
- Etapa 4: Optimización de las tareas internas.
- Etapa 5. Optimización de las tareas externas.

#### 3) Control Visual (Andon)

Andon forma parte del principio Jidhoka que, a través de ciertos mecanismos, detecta cuando aparece una falla y se genera una señal visual que notifica al operador que hay un problema que debe atender. Es una señal que incorpora elementos visuales, auditivos y textuales que notifican problemas relacionados a la calidad o por otros motivos. La información que brinda es en tiempo real y hay retroalimentación del estado del proceso del cual se trata. [3].

#### 4) Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total se define como un sistema de actividades que tiene como objetivo el incremento de la capacidad de distintas áreas de la organización, a través del mantenimiento [6].

El objetivo principal de Mantenimiento Total de la Producción es incorporar el mantenimiento autónomo, que es una forma de trabajo donde los operarios tienen la capacidad de realizar tareas de mantenimiento simples. La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) se rige bajo ocho pilares [7].

##### a) Mejora Focalizada

Este pilar se basa en la identificación de desperdicios o pérdidas que afectan a la disponibilidad de la línea y ocasionan anomalías en los equipos, estas pérdidas tienen que ser atacadas

bajo la metodología CAPDo (Controlar, Analizar, Planificar y Hacer)

##### b) Mantenimiento Autónomo

Este pilar se enfoca en mantener las condiciones iniciales del equipo, a través de actividades de limpieza, lubricación, apriete e inspección; las cuales serán realizadas mayormente por el personal operativo.

##### c) Mantenimiento Planificado

Este pilar es realizar netamente por el área de mantenimiento y se basa en organizar, de manera cronológica, las actividades relacionadas al mantenimiento de los equipos.

##### d) Mantenimiento de la calidad

Este pilar de enfoca en el mantener en correctas condiciones la máquina, atacando a las fuentes de suciedad y anomalías del equipo que son potenciales causas de productos defectuosos o fuera de especificación.

##### e) Prevención del Mantenimiento

El objetivo de este pilar es reducir los gastos de mantenimiento, una vez implementado el plan de mantención, aquí se aplica el conocimiento y cambios de diseño en la máquina para poder prolongar su vida útil y evitar desgastes prematuros.

##### f) Actividades administrativas

Este pilar se encarga de la documentación de lo implementado en todos los demás pilares, de esta manera, se tendrá información de programas pilotos realizados y tomar como referencia para la aplicación en otros equipos.

##### g) Educación y Entrenamiento

Este pilar es encargado de brindar los conocimientos necesarios al personal operativo, forma monitores y capacitadores.

##### h) Gestión de la Seguridad

Este último pilar se basa en identificar los riesgos que implican el accionar de las máquinas y poder tomar medidas preventivas para su gestión y reducción.

### III. METODOLOGÍA

La metodología, en la cual se basará la implementación de las mejoras para incrementar la eficiencia de la línea de producción de caramelos con relleno, consta de tres fases: Diagnóstico, Propuesta de Mejora y Evaluación Económica de la Propuesta.

**Fase Diagnóstico:** Durante esta fase, se definirá el objeto de estudio, luego, se realizará el diagnóstico e identificación de problemas y se propondrán las contramedidas correspondientes.

#### A) Definición del Objeto de Estudio

Para poder priorizar la planta en la cual se enfocará el estudio, se realizará una tabla de priorización, se tomó en cuenta los ingresos, de la empresa en el último semestre del 2021. Ver Tabla 2.

TABLA 2  
PRIORIZACIÓN DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN

	Ingreso Semestral (Millones soles)	%	% Acum.	
Planta Caramelos	10,194,322	25%	25%	A
Planta Galletas	10,089,351	25%	50%	B
Planta Chocolates	7,851,971	19%	69%	B
Planta Perros y Gatos	6,888,156	17%	86%	B
Planta Harinas	3,542,176	9%	95%	C
Planta Tomates	2,145,110	5%	100%	C
	<b>40,711,086</b>			

Dentro de la planta de caramelos, existen dos macro procesos: elaboración (producto semiterminado) y envasado (unitario y embolsado) de caramelos. Sin embargo, para este estudio, se está enfocando en el macroproceso de elaboración de caramelos; ya que, el envasado es un proceso mayormente automatizado y su desempeño se rige bajo la calidad del producto que brinda elaboración.

Luego, se realizó la selección de la familia estrella en el macroproceso de elaboración; en primer lugar, se enlistaron todos los procesos de la línea de elaboración. Ver tabla 3.

TABLA 3  
PROCESOS CARAMELOS

A	Mezclado y Cocinado	G	Rellenado 2
B	Batido	H	Egalizado
C	Amasado	I	Bastonado
D	Laminado	J	Enfriado
E	Elongado	K	Brillado
F	Rellenado 1	L	Apilado

Después se elaboró la Matriz de Productos y Procesos, para agrupar los productos en familias, el resultado de esta matriz arrojó cuatro familias: Familia W (Caramelos con relleno), X (Caramelos con relleno efervescente), Y (Caramelos con Brillado), Z (Caramelos Duros). Ver tabla 4.

TABLA 4  
MATRIZ PROCESO PRODUCTO - PROCESOS

	PROCESOS												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
Producto 1	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Familia W
Producto 2	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Familia W
Producto 3	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Familia W
Producto 4	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	Familia X
Producto 5	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	Familia X
Producto 7	X	X	X	X	X			X	X	X	X		Familia Y
Producto 8	X	X	X	X	X			X	X	X		X	Familia Z
Producto 9	X	X	X	X	X			X	X	X		X	Familia Z

Luego, se elaboró una tabla de priorización para determinar cuál era la familia de productos con mayor impacto dentro de la Planta (en base al ingreso semestral), dando como resultado a la familia W (Caramelos con relleno líquido), como la familia con mayor participación dentro de la planta. Ver Tabla 5. Además, los tiempos de las operaciones, de la familia de producto elegidas, son similares.

TABLA 5  
PRIORIZACIÓN DE FAMILIA DE PRODUCTOS

	Ingreso Semestral (Millones soles)	%	% Acum.	
Familia W	7,460,000	73%	73%	A
Familia X	1,732,245	17%	90%	B
Familia Z	523,456	5%	95%	B
Familia Y	478,621	5%	100%	C
	<b>10,194,322</b>			

### B) Identificación de Problemas

En esta sección se tratarán los métodos para poder identificar los problemas en la familia de productos elegida.

#### B.1) Mapa de Flujo de Valor (VSM)

En los puntos anteriores, se definió a la Familia W como la familia estrella en la línea de producción de caramelos, y a partir de esto, se procedió a elaborar el Mapa de Flujo de Valor (VSM). Este mapeo tiene como objetivo calcular el tiempo de valor y no valor agregado, el ritmo de producción de la línea y luego realizar la comparación con el ritmo de producción que demanda el cliente, que es el proceso de envasado (*Takt Time*). Los datos que se tomaron inicialmente para poder determinar la disponibilidad de la línea para la producción de caramelos con relleno. Ver tabla 6 y 7.

TABLA 6  
DATOS DISPONIBILIDAD

Información del tiempo en una jornada de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 días por mes.</li> <li>• 1 turno de trabajo por días.</li> <li>• 3.5 horas de trabajo por turno.</li> </ul>
Disponibilidad	Disponibilidad = 60 min/hora x 3.5 hora/turno x 1 turno/día Disponibilidad = 210 min / día

TABLA 7  
DEMANDA CARAMELOS CON RELLENO

Datos Demanda Caramelos con Relleno	Peso Lote	60	Kg x lote
	Demanda	11672	Kg x mes
	Demanda	195	Lotes x mes
	Demanda	9	Lotes x día

Después, con los datos mencionados, se elaboró al Diagrama de Flujo de Valor Actual de la línea. Ver Figura 1.

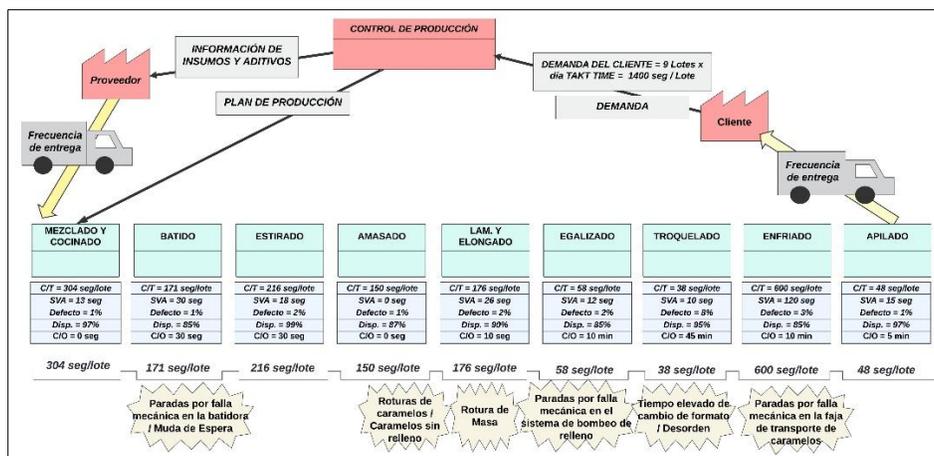


Fig. 1 VSM Actual – Línea Caramelos con Relleno

En el Diagrama de Flujo de Valor, no existe inventario entre proceso; ya que, para este estudio, se está tomando el macroproceso de elaboración, el cual no puede tener inventario debido a que el producto en proceso (masa de caramelo) no puede tenerse retenido entre los procesos, porque esto ocasionaría una muda de sobre procesamiento al tener que reprocesar este caramelo (masa endurecida). Ver tabla 8.

TABLA 8  
DEMANDA CARAMELOS CON RELLENO

Takt Time	1400	Seg x lote
Tiempo de Ciclo	1767	Seg x lote
Tiempo de Valor Agreg.	1524	Seg x lote
Tiempo No Valor Agreg.	243	Seg x lote

A partir de la tabla 8, se puede comprobar que el tiempo de ciclo es mayor al Takt Time; esto significa que el ritmo de producción en la elaboración de un caramelo con relleno, no se encuentra al ritmo de la demanda del cliente y no se llega a cumplirla.

### B.2) Identificación de Desperdicios

Luego de haber hecho la comparación de las métricas, se procedió a realizar un análisis de desperdicios y/o mudas que se encuentran en cada una de las etapas del proceso productivo. Ver tabla 9.

TABLA 9  
IDENTIFICACIÓN DE MUDAS

Muda	Batido	Laminado	Elongado	Egalizado	Bastonado	Apilado
Movimiento Innecesario					X	
Espera	X	X	X		X	
Sobre procesamiento			X	X		X
Transporte Innecesario					X	

#### a) Movimientos y Transportes Innecesarios

Este desperdicio fue identificado en el proceso de bastonado, se refleja en los largos traslados para cambiar de molde y para la búsqueda de las herramientas necesarias para poder realizar el cambio, esto es causado porque las herramientas y rack son compartidas por distintas áreas. Asimismo, se realizó el listado de actividades y diagrama de recorrido donde se puede apreciar los largos traslados que realiza el maquinista para el cambio. El tiempo total es de 4126 segundos. Ver Tabla 10 y Figura 2.

TABLA 10  
LISTADO DE ACTIVIDADES SMED

N°	Actividades	Tiempo (seg)
1	Búsqueda de llaves	120
2	Búsqueda de discos egalizadores para el nuevo molde	90
3	Búsqueda de pallet jacket	270
4	Colocar pallet jacket al lado de bastonador	5
5	Retiro de masa acumulada en la entrada de bastonador	10
6	Desmontaje de discos de la Egalizadora	70
7	Levantado de tapa de la cabina de bastonado	5
8	Desmontaje de molde	138
9	Retiro de molde de la cabina del bastonador al pallet jacket	21
10	Montaje de discos de egalizado	87
11	Colocar molde en pallet jacket	10
12	Traslado del molde al rack de moldes	149
13	Colocación de molde y retiro del molde a utilizar del rack	163
14	Traslado del molde hacia el bastonador	86
15	Colocación y conexión de molde en el bastonador	96
16	Limpieza de la guarda del bastonador	10
17	Trasladarse a la zona de rack de moldes	30
18	Colocación del pallet jacket en su lugar inicial	92
19	Activación de los parámetros del equipo en el panel	96
20	Regulación de masa	10
21	Rociar vaselina líquida a molde usado	8
22	Retiro de masa acumulada en el molde usado	2560

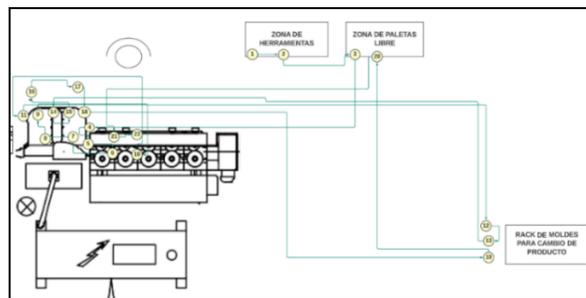


Fig. 2 Diagrama de Recorrido Cambio de Molde (Actual)

#### b) Sobre procesamiento

Este desperdicio fue identificado en la etapa de elongado, egalizado, bastonado, enfriado y apilado. En el caso de elongado, se mostraba en la rotura de masa, esto ocurre cuando el cordón de caramelo se rompe y ocasiona que la masa de acumule y se considere como reproceso al ser un caramelo endurecido, también, en el proceso de egalizado, ocurría este fenómeno, en la entrada al proceso de bastonado, ya que, se alimentaba al troquel con una velocidad o la temperatura del relleno muy elevada y ocasionaba un choque de calor entre la masa y el relleno, haciendo que explotara, este fenómeno también ocasionaba la producción de caramelos sin relleno. Además, se encontraron caramelos que traspasaban la malla del túnel, donde se desprenden las migas, las cuales se combinaban con caramelos buenos y se destinaba todo a reproceso. Finalmente, también se encontraron caramelos pegados en el túnel, esto es causado porque la humedad del túnel no se encuentra estandarizada. Ver Figura 3.



Fig. 3 Rotura de Masa, Caramelos sin Relleno, combinados y pegados

Se elaboró un Diagrama de Pareto en base a la cantidad de reproceso generada (Kilogramos) durante el año 2022. Ver Figura 4.

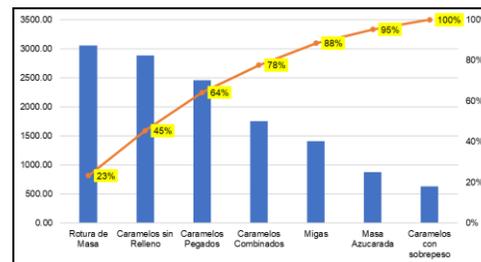


Fig. 4 Diagrama de Pareto Generadores de Reproceso

En base al diagrama, se determina que los principales defectos a ser atacados son la rotura de masa, caramelos sin relleno, pegados y combinados.

#### c) Espera

Este desperdicio fue encontrado en los procesos de batido, laminado, elongado, bastonado y enfriado; esto ocurre por la espera generada ante la falla de las máquinas. Ver Tabla 11.

TABLA 11.  
TIEMPO DE FALLAS (HORAS)

Tiempo de Fallas Línea Elaboración Caramelos									
Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Prom	Meta
125	30	570	130	141	61	31	68	145	90

B.3) Métricas Lean

El Tiempo Promedio entre Fallas nos muestra el tiempo promedio para que vuelva a reportarse una falla. Los valores de este indicador nos muestran que el tiempo para que ocurra una falla es corto. Ver Tabla 12.

TABLA 12.  
TIEMPO DE FALLAS (HORAS)

Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)									
Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Prom	Meta
146	133	98	87	120	137	165	140	128	160

El Tiempo Promedio para Reparar nos muestra cuánto tiempo le toma al área de mantenimiento y producción, en poder solucionar y/o reparar una falla. Los valores de este indicador indican que el tiempo para reparar una falla promedio es elevado. Ver Tabla 13.

TABLA 13.  
TIEMPO DE FALLAS (HORAS)

Tiempo Medio para Reparar (TMPR)									
Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Prom	Meta
190	135	143	130	176	201	250	187	176	120

Las pérdidas, que afectan en mayor grado a la disponibilidad de la línea, son las paradas por ajuste de equipo, fallas mecánicas, eléctricas, y el cambio de formato. Ver Tabla 14.

TABLA 14.  
MAYORES PÉRDIDAS DE LÍNEA

Pérdidas Disponibilidad									
Familia	Descripción	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Pérdidas por falla de equipos	Falla Mecánica	9.0%	10%	9.0%	7.0%	6.0%	8.0%	13.2%	12.3%
	Falla Eléctrica	7.0%	7.0%	6.0%	8.0%	8.0%	8.0%	7.0%	6.0%
Pérdidas por producciones estándar	Ajuste de Equipo	4.0%	5.0%	5.0%	6.0%	7.0%	10.0%	3.0%	4.0%
	Cambio de Formato	1.7%	1.3%	1.7%	2.1%	2.0%	1.5%	1.3%	2.2%

C) Listado de Problemas

Finalmente, los problemas identificados fueron agrupados en efectos principales del proceso. Ver tabla 15.

TABLA 15.  
LISTADO DE PROBLEMAS

Fuente Diagnóstico	Problemas Identificados	Efecto
VSM	Paradas por ajuste de máquina (sistema bastonador)	Baja Disponibilidad en la línea de elaboración
7 + 1 Desperdicios (Movimientos y Transportes innecesarios y Espera)	Demoras en el cambio de molde en el proceso de bastonado	
VSM	Paradas por ajuste de máquina (sistema batidora)	
VSM	Paradas por fallas en el dosificador de relleno	
Métricas / VSM	Tiempo elevado en el cambio de formato/molde	
Métricas (TMEF)	Tiempo Medio Entre fallas es bajo	
Métricas (TMPR)	Tiempo elevado para reparar una falla es elevado	Elevada Generación de Reproceso
	Rotura de Caramelos	
	Caramelos sin relleno	
	Variación en las dimensiones del caramelo	
	Rotura de masa	
7 + 1 Desperdicios (Productos Defectuosos) / Métricas (Calidad)	Los caramelos se combinan con las migas generadas en el túnel	
	Desprendimiento de miga en el túnel de enfriamiento	

D) Priorización de Problemas

Luego, se elaboraron dos gráficos de Pareto (Figuras 5 y 6) para evaluar los problemas en base dos criterios:

- Efecto de Baja Disponibilidad: Paralización de Planta
- Efecto Generación Reproceso: Costo de Kg Reprocesado.

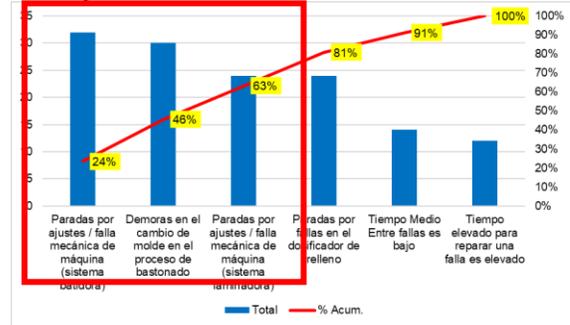


Fig. 5 Diagrama de Pareto (Efecto Baja Disponibilidad)

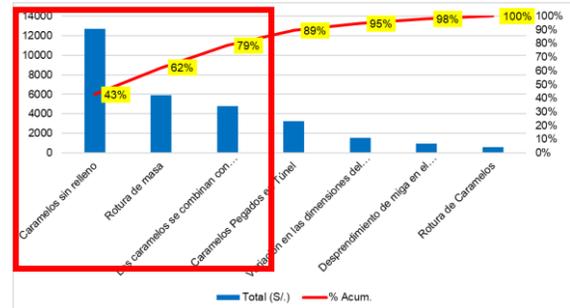


Fig. 6 Diagrama de Pareto (Efecto Generación de Reproceso)

E) Identificación de Causas Raíces

A partir de la priorización de los problemas principales de cada efecto, se procedió a realizar el análisis de causas raíz. Ver Tablas 16 y 17.

TABLA 16.  
ANÁLISIS CAUSA RAÍZ (EFECTO BAJA DISPONIBILIDAD)

Problema	Causa Raíz
Paradas por ajuste de máquina (sistema de relleno)	No se realizó una correcta lubricación del sistema de relleno No existen actividades de limpieza programadas ni estandarizadas
Demoras en el cambio de molde en el proceso de bastonado	La zona de formatos y/o moldes se encuentra alejado de las líneas No existe un estándar de actividades de cambio de molde en las líneas de elaboración de caramelos
Paradas por mantenimiento correctivo	No existen actividades de mantenimiento preventivo al sistema de moldeado
Paradas por ajustes / falla mecánica de máquina (sistema batidora)	No hay un cronograma de mantenimiento preventivo al sistema batidor
Paradas por ajustes / falla mecánica de máquina (sistema laminadora)	No existen actividades de mantenimiento preventivo al sistema de laminado No se realiza una correcta inspección al sistema laminador

TABLA 17.  
ANÁLISIS CAUSA RAÍZ (EFECTO GENERACIÓN REPROCESO)

Problema	Causa Raíz
Reproceso generado por la falta en el relleno de caramelos	No existen actividades de mtto. preventivo al sistema de relleno
Rotura de masa	No se realiza un correcto mantenimiento preventivo de cambio de repuestos No hay parámetros estandarizados
Los caramelos se combinan con las migas generadas en el túnel	No se realiza una correcta inspección y mantenimiento a la malla del túnel de enfriamiento
Caramelos se quedan pegados en el túnel	No hay parámetros estandarizados

### F) Matriz de Contramedidas

En base a la identificación de causas raíz, se elaboró una matriz de contramedidas que atacarán directamente a las causas raíces. Ver Tabla 18.

TABLA 18  
MATRIZ DE CONTRAMEDIDAS

Nº	Causa Raíz	Contramedida
1	No hay parámetros estandarizados para la elaboración de caramelos	C1: Implementación de Controles Visuales para la estandarización de parámetros de elaboración de caramelos en la línea Euromec
2	No existen actividades de mantenimiento preventivo al sistema de relleno / No se realiza un correcto mantenimiento preventivo de cambio de repuestos	C2: Implementación de un cronograma de mantenimiento preventivo para los equipos de dosificador de relleno y bastonador e actividades de mantenimiento autónomo por parte del maquinista (planillas de lubricación, inspección, limpieza y apriete)
3	No se realiza una correcta inspección y mantenimiento a la malla del túnel de enfriamiento	C3: Implementación de un cronograma de mantenimiento preventivo para el túnel de enfriamiento y actividades de mantenimiento autónomo por parte del maquinista (planillas de lubricación, inspección, limpieza y apriete)
4	La zona de formatos y/o moldes se encuentra alejado de la línea / No existe un estándar de actividades de cambio de molde	C4: Reducción de las actividades internas y eliminación de desperdicios en las actividades relacionadas al cambio de formato en la línea de producción Euromec
5	No se realizó una correcta inspección al sistema laminador / No se realizó una correcta lubricación del sistema de relleno / No existen actividades de limpieza programadas ni estandarizadas	C5: Implementación de un cronograma de mantenimiento preventivo para la línea Euromec y actividades de mantenimiento autónomo por parte del maquinista (planillas de lubricación, inspección, limpieza y apriete)
6	No existen actividades de mantenimiento preventivo del sistema de moldeado / No hay un cronograma de mantenimiento preventivo al sistema batidor / No existen actividades de mantenimiento preventivo al sistema de laminado	C6: Implementación de un cronograma de mantenimiento que abarque todos los equipos y repuestos de la línea Euromec

### G) Priorización de Contramedidas

Después, se realizó la priorización de las contramedidas que serán implementadas. Para ello, se establecieron cuatro criterios de evaluación de contramedidas: Complejidad (Baja (1), Neutro (2) y Alta (3)), Impacto Económico (Alto (3), Medio (2) y Bajo (1)), Inversión Estimada (Baja (3), Medio (2) y Alta (1)), Tiempo de Implementación (Largo (3), Medio (2) y Corto (1))

A partir de la evaluación de las contramedidas, se realizará la implementación de un cronograma de mantenimiento a los sistemas de relleno y túnel, implementación de controles visuales y la implementación del cambio rápido de herramienta. Ver Tabla 19.

TABLA 19  
EVALUACIÓN DE CONTRAMEDIDAS

Contramedida	Criterio				Puntaje
	Comp.	Imp. Eco.	Inversión	Tiempo	
Contramedida 2	3	3	3	2	54
Contramedida 1	3	3	3	2	54
Contramedida 3	3	3	3	2	54
Contramedida 4	2	3	2	2	24
Contramedida 6	1	3	2	1	6
Contramedida 5	1	3	2	1	6

**Fase Mejora:** Durante esta fase, se mencionarán las contramedidas o herramientas que se implementarán para atacar a los problemas identificados en el diagnóstico.

#### A) Implementación de Cambio Rápido de Herramienta (SMED)

Para lograr la reducción de los tiempos de cambio de molde en el proceso de bastonado, se implementará el cambio rápido de herramienta.

#### A.1) Medición de tiempo actual y clasificación de actividades

En primer lugar, se enlistaron todas las actividades relacionadas al cambio de formato. Asimismo, se realizó la toma de tiempos de cada una de estas actividades, resultando un total de 4126 segundos. Después, se realizó la clasificación de las actividades de cambio de molde en externas e internas. Ver tabla 20

TABLA 20  
ACTIVIDADES CAMBIO DE FORMATO

Nº	Actividades	Tiempo (seg)	Clasificación
1	Búsqueda de llaves	120	Externa
2	Búsqueda de discos egalizadores para el nuevo molde	90	Externa
3	Búsqueda de pallet jacket	270	Externa
4	Colocar pallet jacket al lado de bastonador	5	Externa
5	Retiro de masa acumulada en la entrada de bastonador	10	Interna
6	Desmontaje de discos de la Egalizadora	70	Interna
7	Levantado de tapa de la cabina de bastonado	5	Interna
8	Desmontaje de molde	138	Interna
9	Retiro de molde de la cabina del bastonador al pallet jacket	21	Interna
10	Montaje de discos de egalizado	87	Interna
11	Colocar molde en pallet jacket	10	Interna
12	Traslado del molde al rack de moldes	149	Interna
13	Colocación de molde y retiro del molde a utilizar del rack	163	Interna
14	Traslado del molde hacia el bastonador	86	Interna
15	Colocación y conexión de molde en el bastonador	96	Interna
16	Limpieza de la guarda del bastonador	10	Interna
17	Trasladarse a la zona de rack de moldes	30	Interna
18	Colocación del pallet jacket en su lugar inicial	92	Interna
19	Activación de los parámetros del equipo en el panel	96	Interna
20	Regulación de masa	10	Externa
21	Rociar vaselina líquida a molde usado	8	Externa
22	Retiro de masa acumulada en el molde usado	2560	Externa

#### A.2) Conversión de actividades internas en externas

En este punto, se realizará la conversión de actividades internas en externas, aquí se tomará como base a la reducción de los traslados del operario para la manipulación de moldes de la zona de racks a la zona de bastonado; para ello, se propone la implementación de una cabina de moldes alrededor del túnel de, la cual abarcará los cinco tipos de moldes. Además, dentro de cada cabina de molde también, se colocarán los implementos necesarios para el cambio de formato (discos egalizadores y topes) para la poder reducir el tiempo de la actividad de búsqueda de discos y cambio de estos; ya que, no existía orden de estas herramientas y también el operador no conocía cuáles discos utilizar cuando realizaba el cambio de producto.

También, se propone la implementación de dos carritos para el traslado de moldes, desde la nueva zona de moldes hasta la zona de bastonado, la cual se encuentra acondicionada para la fácil manipulación del molde, el otro carrito será utilizado para colocar el molde que ha sido utilizado, el cual será limpiado. Estos carritos serán netamente para el uso de cambios de molde de la línea; ya que, lo que ocurría es que, la paleta que se utiliza actualmente, es utilizada por distintas áreas para el traslado de materiales, producto en proceso, entre otros; por lo que, los tiempos de espera, del operario, para poder conseguir el carrito serán mínimos. Ver Figura 7.



Fig. 7 Cabina, Carrito de Moldes e Interior Cabina

### A.3) Eliminar el desperdicio de actividades internas

Con respecto a las actividades internas, el cambio de discos egalizadores es una de las actividades que demandan mayor tiempo en el cambio de formato, esto es causado por dos factores: el no tener a la mano los discos egalizadores y la demora en establecer la apertura de los seis discos egalizadores, esta apertura es importante, porque determina el diámetro final del cordón de caramelo y, si no coloca el diámetro correcto, puede provocar sobrepeso en el producto final y rotura de masa, lo que conlleva a generar mermas.

Por este motivo, se propone la implementación de un control visual (Andon), en el cual se colocará, por cada tipo de producto, la apertura que debe tener cada disco egalizador. Esto ayudará, al maquinista, a poder establecer la apertura de los discos en menor tiempo, la tabla de aperturas que se colocará, en la zona de trabajo siendo el grupo de “Caramelos Huevo” como el grupo en donde se encuentra los productos de la Familia W. Ver Tabla 21.

TABLA 21  
APERTURA DISCOS EGALIZADORES (MILÍMETROS)

	Caramelos Huevo	Caramelos Pastilla	Caramelos Redondos	Caramelos Pera	Caramelos Gajo
Aper. disco egalizador 1 (mm)	10	12	12	12	12
Aper. disco egalizador 2 (mm)	15	18	20	16	18
Aper. disco egalizador 3 (mm)	20	24	24	20	26
Aper. disco egalizador 4 (mm)	43	48	37	42	38
Aper. disco egalizador 5 (mm)	46	50	43	46	42
Aper. disco egalizador 6 (mm)	61	70	69	72	54

### A.4) Eliminar el desperdicio de actividades externas

Dentro de las actividades externas que demanda mayor tiempo, se encuentra la búsqueda de herramientas, esto ocurre, porque el maquinista no tiene las herramientas a la mano, esto significa que tenga que realizar varios traslados y demoras. Por lo explicado, se propone la implementación de una cabina de herramientas, la cual estará ubicada al costado de la zona de bastonado.

También, otra de las actividades externas que demanda más tiempo es la limpieza del molde; este molde tiene que ser limpiado en el momento, esto debido a que, si se deja mucho tiempo reposando el caramelo, que fue bastonado, se endurece y se pega aún más en los moldes (cadenas y zona de corte), haciendo que la limpieza se dificulte y le tome mucho tiempo al maquinista para poder desempeñarlo. Por ello, se propone la implementación de una máquina limpia moldes, en el cual, solo se colocará el molde y la limpieza se realizará automáticamente. La limpieza, inicialmente, demanda un tiempo de 2560 segundos y, ahora, como el tiempo de limpieza se encuentra estandarizado y seteado, es de 1200 segundos; esto significa una reducción de 46.8%. Ver Figura 8.

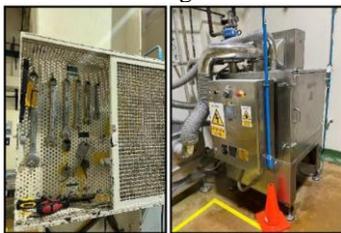


Fig. 8 Cabina de Herramientas y de Lavado de Moldes

Finalmente, se procedió a realizar la nueva toma de tiempos de las actividades del cambio de moldes, logrando una reducción de 44.62%, con respecto al tiempo actual. Ver Tabla 22.

TABLA 22  
MEJORA SMED

Dato	Actual	Propuesta
Tiempo actual de cambio (seg)	4126	1841
Tiempo ahorrado (seg)		2285
% Reducción		44.62%

### B) Implementación de Control Visual

Como se mencionó en el diagnóstico, uno de los problemas, más recurrente en la elaboración de caramelos con relleno, es la rotura de masa, esta rotura es causada porque, al momento de que el relleno hace contacto con la masa, la temperatura del relleno es elevada y ocasiona un intercambio de calor, lo cual genera la liberación de energía y ocasiona que la masa “explote” y se esparza por todo el egalizador y bastonador. También, otro parámetro, que influye en la rotura de masa, son los RPM con las que se dosifica el relleno; ya que, un RPM no adecuado puede ocasionar una elevada fuerza en el rellenado y esto trae como consecuencia que explote la masa.

Por ello, se propone la implementación de nuevos parámetros de dosificación de relleno. Se realizaron pruebas con diversas combinaciones de estos dos parámetros y también se basó en la experiencia por parte del área de producción (supervisor y jefe de producción), de tal modo que se reduzca el reproceso. Esta tabla, con nuevos parámetros, será colocada en la máquina dosificadora de relleno, en la parte donde se establece estos parámetros. Ver Tabla 23.

TABLA 23  
ESTÁNDAR PARÁMETROS (RELLENO)

Caramelo	Temperatura	Velocidad Relleno
Bon Ami Fruta	70.4 °C	25.5 RPM

Otro de los problemas, que se identificaron en la elaboración de caramelos con relleno, es la rotura de caramelos, la cual es ocasionada por la variación en el porcentaje velocidad de alimentación del cordón de caramelo al bastonador, al tener una velocidad elevada, ocasiona que el corte del molde al cordón presente variaciones en la dimensión, ya que la alimentación tiene que estar sincronizada con la velocidad de giro de los moldes de caramelo. Por lo explicado, se propone la implementación de nuevos parámetros de elaboración, los cuales se aprecian en la Tabla 24.

TABLA 24  
ESTÁNDAR PARÁMETROS (VELOCIDAD CARAMELO)

Caramelo	Velocidad
Bon Ami Fruta	93%

De la misma manera, otro de los generadores del reproceso en la planta caramelos, son los caramelos pegados, por la humedad, durante el transporte del caramelo (salido del proceso de bastonado) en el túnel de enfriamiento. Los parámetros de control del túnel no se encuentran estandarizados, por ello, es que no se puede controlar correctamente ese proceso y genera defectos en la salida del producto. El túnel de enfriamiento manejar cuatro parámetros:

- Chanel 1: El cual controla la temperatura de la primera bandeja de transporte.

- Chanel 2: Controla la temperatura de la segunda bandeja de transporte de caramelos.
- Chanel 3: Controla el % de humedad que retira el túnel a los caramelos en transporte.
- Chanel 4: Controla el tiempo que permanecen los caramelos en el túnel de enfriamiento.

Luego de haber realizado las combinaciones correspondientes, en conjunto con los maquinistas y supervisor de turno, se estableció un pequeño diagrama y una tabla de parámetros, el cual será colocado a lado del control de estos. Ver tabla 25.

TABLA 25

ESTÁNDAR PARÁMETROS (TÚNEL DE ENFRIAMIENTO)

Parámetros Túnel de Enfriamiento			
CH 1	CH 2	CH 3	CH 4
°C	°C	% H	min
26	28	45%	07:49

Finalmente, se puede apreciar el porcentaje de reducción al eliminar la cantidad de reproceso, que resultó 64.26 %, con respecto al reproceso de la planta en el 2023. Ver Tabla 26.

TABLA 26

REDUCCIÓN DE REPROCESO (CONTROL VISUAL)

Reproceso por Rotura de masa (Kg)	3054.97
Reproceso por Caramelos sin relleno (Kg)	2887.39
Reproceso por Caramelos Pegados (Kg)	2458.96
Reproceso Total Eliminado	8401.32
Reproceso Total Planta Actual (2023)	13074.27
% de Reducción	64.26%

C) Mantenimiento Productivo Total (TPM)

En esta sección se tratará la implementación de los pilares de Mantenimiento Autónomo y Preventivo.

C.1.) Definición de Sistemas

En este punto, se definirán los sistemas de los equipos pertenecientes a los procesos que forman parte de la línea, tal y como se definió en el alcance, se está tomando en cuenta a los procesos de bastonado, enfriado y relleno.

En cada sistema se definirá los equipos y componentes que lo conforman, esto facilitará a realizar un mayor control y tener una mejor referencia, estos sistemas fueron definidos por el Inspector de Procesos, Maquinista y el Mantenedor de Elaboración; a continuación, se presentan los sistemas correspondientes a la línea. Ver tabla 27.

TABLA 27

SISTEMAS EUROMECC

Sistema	Equipo
Sistema Relleno (Rellenado)	Elevadora Batidora Euromec
	Brazo de Batidora Euromec
	Sensores Batidora Euromec
	Injector Jarabe Euromec
Sistema Bastonador (Bastonado)	Bastonador Euromec
	Molde Bastonador
Sistemas Túnel (Enfriado)	Refrigeradora Túnel
	Vibradores Túnel
	Transmisión de Malla Túnel
	Lavadora Túnel

C.2) Implementación de Pilar de Mantenimiento Autónomo

Con el objetivo de estandarizar las actividades de limpieza, inspección, lubricación y apriete; actividades vitales para lograr mantener las condiciones iniciales de una máquina o activo, se propone la implementación de la planilla de las actividades estándar para la limpieza, inspección, lubricación y apriete.

C.2.1) Planilla de Limpieza

Con el objetivo de estandarizar las actividades de limpieza y lograr mantener óptimas condiciones los sistemas de la línea

Euromec, se propone la implementación de la planilla de limpieza, en la cual se eliminará la suciedad que podría generar una posterior parada. Se muestran los puntos estratégicos de limpieza, los materiales de limpieza a utilizar, el método de limpieza adecuado y la frecuencia de limpieza.

C.2.2) Planilla de Inspección

Se propone la implementación de una planilla de inspección correspondiente a la línea Euromec. De esta manera se logrará identificar, con anticipación, si existe algún desgaste en las mallas de transporte del túnel o una vibración anómala, los cuales son factores de que el caramelo atraviese la malla y se combine con las migas generadas. Esto se aplicará también a los otros sistemas.

C.2.3) Planilla de Lubricación.

Con el objetivo de tener en óptimas condiciones el funcionamiento del sistema de túnel de enfriamiento, se propone la implementación de una planilla de lubricación, la cual abarcará los puntos estratégicos, el lubricante a utilizar, el método y la frecuencia de lubricación. Las actividades de lubricación serán desempeñadas, en su mayoría, por el operario y las de mayor complejidad, por el mantenedor. El estandarizar las actividades de lubricación prevendrá el desgaste de componentes por fricción o asegurar el movimiento continuo de los componentes.

C.2.4) Planilla de Apriete.

Con el objetivo de estandarizar y facilitar al maquinista las actividades apriete, se elaborará una planilla de Apriete, en la cual se especifican los pernos a utilizar en cada sistema de la línea y el periodo en el cual debe realizarse. Con la estandarización de actividades, se logrará mantener en condición óptimas las máquinas.

C.3) Implementación de Pilar de Mantenimiento Preventivo

Tiene como alcance a los equipos de los procesos relleno, enfriado y bastonado.

C.3.1) Restaurar Defectos

En esta etapa, se busca poder identificar, prevenir y predecir los posibles fallos que pueden ocurrir en el equipo perteneciente a los equipos de los procesos relleno y enfriado. Para ello, se propone elaborar la lista de componentes, en este caso se muestra la tabla 28 de componentes críticos del Sistema Túnel.

TABLA 28

COMPONENTES SISTEMA TÚNEL

Sistema	Equipo	Componentes
Sistema Túnel (Enfriado)	Refrigerador	Sensor de Humedad
		Filtro de Sensor
	Transmisión Malla Túnel	Piñón Lateral
		Piñón Central
		Malla Metálica
		Descanso SFL
		Variador TXF
		Motor Trifásico
		Reductor
		Guía
		Anillo
		Manguera de Agua
	Lavadora Túnel	Pistola de Estación

Después, en base a las características de los componentes de cada equipo, se procedió a identificar los fallos potenciales (modo de falla, efectos de la falla y las potenciales causas de

falla), luego, se realizó la valoración de cada potencial causa en base a tres criterios: Gravedad, Ocurrencia y Detección; para así calcular el índice RPN (Gravedad x Ocurrencia x Detección) y tomar en cuenta este indicador para las acciones a tomar para que no ocurra la falla.

### C.3.2) Plan Preventivo

Luego de haber definido los sistemas (en los puntos anteriores) y los posibles fallos que pueden ocurrir en los componentes. Se establecieron los periodos en los cuales se llevarán a cabo las actividades de mantenimiento, para este caso, para los equipos del proceso de bastonado. Ver tabla 29.

TABLA 29  
PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMA BASTONADOR

Equipo	Actividades	Frecuencia	Responsable
Bastonador	<b>MANTENIMIENTO DISCO EGALIZADOR</b>		
Bastonador	Cambio de eje egalizador	Trimestral	Mecánico
Bastonador	Cambio de rodajes	Trimestral	Mecánico
Bastonador	Cambio de pernos	Trimestral	Mecánico
Molde Bastonador	<b>MANTENIMIENTO UNIDAD MOTRIZ</b>		
Molde Bastonador	Cambio rodaje - motor	Semestral	Eléctrico
Molde Bastonador	Cambio retén de eje rotor - Motor	Semestral	Eléctrico
Molde Bastonador	Cambio terminales conexiones	Semestral	Eléctrico
Molde Bastonador	Cambio rodajes - Reductor	Semestral	Eléctrico
Molde Bastonador	<b>MANTENIMIENTO MOLDE</b>		
Molde Bastonador	Cambio de eje molde	Semestral	Mecánico
Molde Bastonador	Cambio de rodamientos	Semestral	Mecánico
Molde Bastonador	Limpieza y lubricación de molde	Semestral	Mecánico
Molde Bastonador	<b>MANTENIMIENTO GRUPO NEUMÁTICO</b>		
Molde Bastonador	Cambio de Cilindro neumático	Anual	Mecánico
Molde Bastonador	Cambio conectores neumático	Anual	Mecánico
Molde Bastonador	Cambio de regulador caudal	Anual	Mecánico
Molde Bastonador	Cambio aceite Unidad neumática	Anual	Mecánico
Molde Bastonador	Cambio de mangueras	Anual	Mecánico

**Fase Evaluación Económica:** En esta fase, se evaluará la viabilidad económica de las contramedidas; para ello, se mencionarán los costos y ahorros generados. Además, se utilizarán indicadores como VAN y TIR.

#### A) Costos de Implementación

Dentro de los costos, se encuentra el costo de implementación del Cambio Rápido de Herramienta (SMED) que resulta un costo total de \$/. 85,303.28, siendo el mayor costo, el de implementar la cabina de lavado (\$/60,000), por otro lado, el costo de implementación de los pilares de mantenimiento autónomo y preventivo, donde están incluidos los costos de reestablecer las condiciones de los equipos del sistema de relleno, enfriado y bastonado, resultó un total de \$/. 41,819.40. Por último, el costo de implementación de los controles visuales, donde resalta el costo de mano de obra; ya que, se requería de análisis cuantitativos para estandarizar parámetros, resultó un total de \$/. 3,936.92. Ver tabla 30.

TABLA 30  
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Costo de Implementación SMED	\$/ 85,303.28
Costos de Implementación Pilares MA y MP	\$/ 41,819.40
Costo de Implementación Control Visual	\$/ 3,936.92
<b>Costos Total</b>	<b>\$/ 131,059.60</b>

#### B) Ahorros de Implementación

Con respecto a los ahorros que se generaría, a partir de la implementación, en primer lugar, se tiene el ahorro por la implementación del Cambio Rápido de Herramienta (SMED), aquí se tomará en cuenta el tiempo ahorrado en la reducción en el cambio de molde, este tiempo será utilizada para lograr

cumplir el plan de producción, el cual, actualmente, se cubre con horas extras (turnos adicionales y domingos). Ver tabla 31.

TABLA 31  
AHORRO TIEMPO SMED

Tiempo Set Up Actual (seg)	Tiempo Set Up Propuesto (seg)	Tiempo Ahorrado (min)	# de cambios de formato x mes	Tiempo Total Ahorrado (min)
4126	1841	38.08	26	990.17

Asimismo, se generaría un ahorro por la no utilización de horas extras en la línea, la cual necesita de seis operadores para lograr su funcionamiento, además, el costo de HH representan un 30% adicional por trabajar en un día no laborable. Ver tabla 32.

TABLA 32  
AHORRO HORAS HOMBRE SMED

# Operarios (horas extra)	Costo HH Extra (\$/ Hr)	# de días trabajo horas extras x mes	Turno (hr)	Ahorro generado (proyectado en un año)
6	6.76	4	8	\$/ 15,575.04

Con respecto al ahorro generado por la implementación del Control Visual y pilares de TPM, este se verá reflejado en la disminución del reproceso de la línea.

En el caso de la estandarización de los parámetros de elaboración, se eliminará la rotura de masa en el bastonado, que es uno de los factores de la generación de reproceso. También, se reducirá al lograr establecer las condiciones iniciales del sistema de equipos del proceso de bastonado y relleno (cronograma de mantenimiento y actividades LILA). Con la estandarización de los parámetros del túnel y el establecimiento de condiciones iniciales de los equipos, se lograrán reducir los caramelos pegados en el túnel de enfriamiento. Además, con los controles visuales de los parámetros relacionados a la dosificación de relleno y velocidad de alimentación, se logrará eliminar el reproceso de caramelos sin relleno.

Finalmente, también se reducirá la cantidad de reproceso generado por la combinación de caramelos con la miga (colitas del caramelo) al pasar, a través de la rejilla de transporte del túnel. Esto se logra, a través de la implementación de un programa de mantenimiento al sistema del túnel de enfriamiento, el cual garantizará que el equipo se encuentre en sus condiciones iniciales.

La eliminación de estos generadores de reproceso, reducirá el consumo del carbón activado, el cual es utilizado para limpiar esta reproceso, y vuelva a entrar al proceso; asimismo, también se generará un ahorro por el costo por reprocesar.

Para poder calcular el ahorro generado por la reducción de estos dos tipos de reprocesos, se utilizará el factor de consumo del proceso de reproceso, el cual abarca los costos (mano de obra directa e indirecta, material y consumo energético). Este dato fue brindado por el área de costeo. Obteniendo un ahorro anual total de \$/: 58,792.93 Ver tabla 33.

TABLA 33  
AHORRO CONTROL VISUAL / TPM

Reproceso por Rotura de masa (Kg)	3054.97
Reproceso por Caramelos sin Relleno (Kg)	2887.39
Reproceso por Caramelos Pegados (Kg)	2458.96
Reproceso por Caramelos Combinados (Kg)	1752.90
<b>Reproceso Eliminado - Propuesta (Kg)</b>	<b>10154.22</b>
<b>Factor Consumo (\$/ Kg)</b>	<b>5.79</b>
<b>Ahorro por Proceso (\$/)</b>	<b>\$/ 58,792.93</b>

#### C) Flujo de Caja Económico

Se realizó el conglomerado de la inversión y ahorros generados de la implementación. Es importante resaltar que, a partir del año 1, se consideran como costos perpetuos, a los costos de mantener los controles visuales y a los de cumplir con el plan de mantenimiento preventivo. En base a lo explicado, se da como resultado un flujo de caja en un horizonte de cuatro años, se tomó este periodo; debido a que, a partir de este año, se recuperará la inversión realizada por las herramientas propuestas. Ver tabla 34.

TABLA 34  
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO

Flujo de Caja	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ingresos	S/ -	S/ 74,367.97	S/ 74,367.97	S/ 74,367.97	S/ 74,367.97
Egresos	S/ 131,059.60	S/ 19,929.00	S/ 19,929.00	S/ 19,929.00	S/ 19,929.00
Utilidad	S/ 131,059.60	S/ 54,438.97	S/ 54,438.97	S/ 54,438.97	S/ 54,438.97

Se calcularon los indicadores de evaluación económica Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). Ver tabla 35.

TABLA 35  
EVALUACIÓN ECONÓMICA

VAN	TMAR	TIR
S/9,868.45	20%	23.93%

De acuerdo a lo calculado, el resultado del VAN resultó positivo, y el TIR calculado oscila entre 40% y 60%, este último indicador se compara con el costo de oportunidad que es 20%, que se toma como referencia por parte de la evaluación de proyectos en la empresa (dato brindado por la empresa). Por lo explicado, se demuestra que el proyecto resulta económicamente viable.

#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### A. Conclusiones

A partir del análisis técnico de la propuesta de mejora, se comprueba que, la implementación del Cambio Rápido de Herramienta (SMED) logrará reducir el tiempo actual de cambio en un 44.62%, donde la actividad de lavado de moldes representaba el mayor consumo del tiempo de total de cambio (23.6%), el cual fue reducido con la implementación de la cabina de lavado de moldes, logrando convertir esta actividad de interna a externa. Del mismo modo, la implementación de los pilares de mantenimiento autónomo, preventivo y control visual, logrará reducir el reproceso generado por la rotura de masa, caramelos rotos, caramelos pegados y caramelos combinados en un 77.67%, con respecto al reproceso total de la planta, esto se logró, mediante la estandarización de parámetros clave en los defectos (% Humedad del túnel, velocidad de alimentación y temperatura de relleno) y con establecer las condiciones iniciales de los equipos de la línea. Finalmente, también se comprueba que la propuesta resulta económicamente viable; ya que, se presentan un VAN de S/9,868.45 y una TIR de 23.93%. Asimismo, el periodo en el cual, la implementación genere ingresos positivos, es a partir del cuarto año post implementación.

##### B. Recomendaciones

La principal recomendación, a la propuesta de mejora, es realizar un plan de control a los parámetros definidos en la mejora de control visual, ya que, se debe estandarizar este

método de trabajo y evitar generar fallas. También, se recomienda realizar un análisis de regresión para poder determinar que otros parámetros tienen comportamiento de causa raíz, con respecto a la generación de reproceso y complementar este análisis con un diseño experimental para poder determinar la combinación más eficiente de parámetros que logren eliminar o reducir el reproceso de la línea de caramelos con relleno, lo último explicado recomienda aplicarlo bajo el enfoque *Lean Six Sigma*, utilizando la metodología DMAIC. Asimismo, se recomienda aplicar, los pilares de mantenimiento autónomo y preventivo, en el resto de los equipos de la línea, esto incrementaría la disponibilidad de la línea y reduciría otros tipos de reproceso generados. Por otro lado, el clima laboral es un punto a tomar en cuenta; ya que, existirá la resistencia el cambio por parte de los maquinistas y personal de mantenimiento al eliminar el trabajo empírico, esto se refiere a trabajar con parámetros no estandarizados y tener actividades de mantenimiento preventivo programadas; por ello, se recomienda tener un programa de comunicación de los beneficios, en las charlas de inicio de turno de cada área, de trabajar con parámetros estandarizados y tener un cronograma de mantenimiento preventivo y cómo reducen la fatiga de tener que estar manipulando constantemente la máquina, ya sea por una falla operativa o tener que recurrir al personal de mantenimiento por una falla, de igual manera con la reducción de los tipos de defectos en la planta (reproceso) También, las 5S es una herramienta que ya se tiene implementada en la línea; sin embargo, se necesita un trabajo constante y mayor frecuencia en las auditorías de recertificación para levantar observaciones; ya que, esta herramienta es la base para implementación de otras herramientas de la Manufactura Esbelta y requiere que tenga el soporte necesario para hacerlas sostenibles en el tiempo.

#### REFERENCIAS

- [1] Lledó, P., & Lledo, P. (2012). *Gestión Ágil de Proyectos: Lean Project Management*. Trafford Publishing. Consulta: 24 de octubre de 2023.
- [2] Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: McGraw-Hill. Consulta 17 de octubre de 2023.
- [3] Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing: Paso a paso*. Marge Books. Consulta 20 de octubre de 2023.
- [4] Gonzáles, F. (2007). *Manufactura Esbelta. Principales Herramientas*. Revista Raites pp. 85-112. Consulta 10 de octubre de 2023.
- [5] Silva, A. (2020). *Implementation of SMED in a cutting line*. *Procedia Manufacturing Volume 51*, 1355-1362. Consulta 29 de septiembre de 2023.
- [6] Correa, F. (2007). *Manufactura Esbelta, Principales Herramientas*. Revista Raites. Consulta 20 de septiembre de 2023.
- [7] Susuki, T. (2017). *TPM en Industrias de proceso*. Routledge. Consulta: 07 de octubre de 2023.
- [8] Minakshi, T., Van Aken, E., McDonald, T., & Ravi, K. (2009). *Value Stream Mapping: A Review and Comparative Analysis of Recent Applications*. Grado Department of Industrial and Systems Engineering – Virginia Polytechnic Institute and State University. Consulta: 11 de octubre de 2023.