

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE POSTGRADO**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN
LOGÍSTICA”**

TEMA:

IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN UN ÁREA
DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DESHIDRATADOS

AUTOR:

JUAN SEBASTIÁN ORTIZ ELJURI

Guayaquil - Ecuador

2020

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen María por darme su guía, oportunidades y bendiciones que me han permitido progresar en mi vida. A mi esposa Mildred, por su cariño, apoyo y constancia sin los cuales este trabajo no habría sido posible. A mis hijitos Juan Andrés, Juan Diego y Paula, quienes me dieron la fuerza para continuar. A mis padres, Juan y Delia Luisa por su inagotable paciencia, amor y comprensión. A mi hermana María José, mis abuelitos, Luisita, Luchito, Chabela y Lalito, mis suegros y demás familiares.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo ha sido posible gracias al invaluable apoyo por parte de la Ingeniera Denise Rodríguez, Ingeniero Marcos Buestán e Ingeniera Sofía López, además del resto de profesores que con su vocación y paciencia han sabido guiarme durante estos años de aprendizaje y crecimiento.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponden exclusivamente; el Patrimonio Intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Postgrados** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

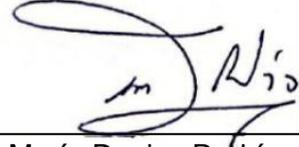


Juan Sebastián Ortiz Eljuri

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



M.Sc. Francisco Antonio Moreira Villegas
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



M.Sc. María Denise Rodríguez Zurita
DIRECTOR DE PROYECTO



Ph.D. Kleber Fernando Barcia Villacreses
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTOR DEL PROYECTO



Juan Sebastián Ortiz Eljuri

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
ABREVIATURAS O SIGLAS	XIV
RESUMEN EJECUTIVO	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Hipótesis.....	4
1.5. Alcance	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)	6
2.1.1. ¿Por qué Manufactura Esbelta?	7
2.1.2. La infraestructura de mejora.....	9
2.1.3. Jornadas y Reuniones de mejora	11
2.1.4. El piso de la fábrica	12
2.2. Implementación de los Cinco Pilares 5S	13
2.2.1. El primer pilar: Clasificar.....	14

2.2.2.	El segundo pilar: Ordenar.....	15
2.2.3.	El tercer pilar: Brillar	15
2.2.4.	El cuarto pilar: Estandarizar	16
2.2.5.	El quinto pilar: Sostener	16
2.3.	Capacidad de la Línea de Producción	17
2.4.	Balanceo de Líneas de Producción	18
2.5.	Implementación de Sistema Pull	19
2.6.	Secuencia Óptima de Producción.....	20
2.7.	Punto de uso.....	22
2.8.	Sistema Kanban.....	22
2.9.	Supermercados.....	23
2.10.	Escarabajos de agua (Mizusumashi) y Milk Run.....	24
2.11.	Determinando el Tamaño de Lote.....	26
CAPÍTULO III.....		30
METODOLOGÍA.....		30
3.1.	Establecimiento de la capacidad y balanceo de las líneas.....	30
3.2.	Establecimiento de la Eficiencia por SKU.....	32
3.3.	Velocidad de Fabricación y Plan de Producción Esperado por SKU	38
3.4.	Establecimiento de los paros planeados por línea.....	40
3.5.	Establecimiento de la Tasa de Producción e Indicadores de Rendimiento	47
3.6.	Implementación de 5S	49
3.6.1.	Clasificar, Ordenar y Limpiar	49
3.6.2.	Estandarizar y Sostener	54
3.7.	Implementación de Misuzumashi, Punto de Uso y Supermercado ...	56
3.7.1.	Diseño del Vehículo del Misuzumashi	63
3.7.2.	Situación actual de abastecimiento vs Mizusumashi.....	66

3.8.	Supermercados y Puntos de Uso	68
3.9.	Ciclo PDCA	71
3.10.	Establecimiento de un Sistema de Acompañamiento	72
3.11.	Establecimiento de Reuniones de Alineación	74
3.12.	Establecimiento de Sistema de Comunicación Vertical: Cadena de Ayuda	76
3.13.	Establecimiento de Lote Óptimo de Producción.....	81
CAPÍTULO IV		91
RESULTADOS		91
4.1.	Cultura de Orden y Limpieza: 5S	91
4.2.	Definición de Capacidad y Utilización – Balanceo de Líneas	95
4.3.	Eliminación de Bodega Satélite y Abastecimiento a través de Punto de Uso y Mizusumashi	96
4.4.	Secuencia óptima de Producción – EPQ.....	102
4.5.	Impacto en Indicadores de Productividad.....	103
4.6.	Ciclo SDCA: Alineando y acompañando al Gemba	109
CAPÍTULO V		116
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		116
5.1.	Conclusiones	116
5.2.	Recomendaciones	118
BIBLIOGRAFÍA		122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de área de fabricación y abastecimiento	49
Figura 2: Etiqueta roja – área de fabricación	51
Figura 3: Casillero de herramientas – Flexi C	52
Figura 4: Estación de implementos de limpieza	52
Figura 5: Tablero de seguimiento al cumplimiento del plan 5S	54
Figura 6: Tamaño de vehículo y distribución de materiales	64
Figura 7: Ejemplo de recorrido Mizusumashi	66
Figura 8: Esquema de implementación de Mizusumashi	67
Figura 9: Diseño recomendado en estaciones de abastecimiento	70
Figura 10: Propuesta de Estación de Laminado Flexi D	70
Figura 11: Propuesta de Estación para laminados Enzo A y B	70
Figura 12: Propuesta de Estación para cajas de Estuche (arriba) y corrugados (abajo) Flexi C.....	70
Figura 13: Propuesta de Estación para para Bandejas, Corrugados y Estuches Enzo A	71
Figura 14: Propuesta de Sistema de Acompañamiento a Línea	74
Figura 14: Propuesta de Tablero de Cambio de Turno	76
Figura 15: Diagrama de Spaguetti proceso anterior.....	97
Figura 16: Diagrama de Spaguetti proceso propuesto.....	98
Figura 17: Ciclo SDCA	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de la línea de producción.....	30
Tabla 2: Descripción de la base de datos	31
Tabla 3: Porcentajes de eficiencia por SKU y línea de producción.....	37
Tabla 4: Velocidad de fabricación y plan de producción esperado	39
Tabla 5: Paros planeados por año	41
Tabla 6: Paros planeados por año para línea FLEXI D.....	42
Tabla 7: Indicadores de producción para línea FLEXI D.....	42
Tabla 8: Capacidades máximas por línea	43
Tabla 9: Cálculo de tiempo de paro esperado.....	43
Tabla 10a: Secuencia óptima de producción para ENZO A.....	45
Tabla 10b: Secuencia óptima de producción para ENZO B.....	45
Tabla 11: Capacidad máxima disponible por línea.....	46
Tabla 12: Capacidad máxima disponible por línea.....	48
Tabla 13: Tasas de producción e indicadores de rendimiento	48
Tabla 14: Resumen distribución por productos	57
Tabla 15: Contenido unidad de producción.....	58
Tabla 16: Cálculo de SKUs de Enzo A.....	60
Tabla 17: Frecuencia de abastecimiento por línea.....	62
Tabla 18: Frecuencia de abastecimiento material embalaje	63
Tabla 19: Medidas de materiales	64
Tabla 20: Horario de recorridos y distribución de tiempo del Mizusumashi	65
Tabla 21: Definición de supermercado por línea.....	69
Tabla 22: Horas de producción efectivas por línea	77
Tabla 23: Número de paradas semanales	78
Tabla 24: Pérdidas de eficiencia por máquina	79
Tabla 25: Tiempos de activación por niveles de la cadena de ayuda	79
Tabla 26: Responsabilidades por niveles de la cadena de ayuda.....	80
Tabla 27: Variables requeridas para el cálculo del EPQ.....	83
Tabla 28: Lote óptimo de producción por SKU.....	88
Tabla 29: Tamaño económico de Lote de producción por SKU	103
Tabla 30: Ahorro total por línea.....	109
Tabla 31: Mapeo para implementación	110

Tabla 32: Resultados ciclo SDCA	113
Tabla 33: Ahorro potencial por línea	113
Tabla 34: Resumen relación costo-beneficio	115

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentaje de eficiencia ENZO A	32
Gráfico 2: Porcentaje de eficiencia ENZO B	32
Gráfico 3: Porcentaje de eficiencia FLEXI C	33
Gráfico 4: Porcentaje de eficiencia FLEXI D	33
Gráfico 5: Porcentaje de eficiencia MEZCLA	33
Gráfico 6: Porcentaje de eficiencia semanal porcino 84g – ENZO A	34
Gráfico 7: Porcentaje de eficiencia semanal porcino 21g – ENZO B	35
Gráfico 8: Porcentaje de eficiencia semanal maíz 80g – FLEXI C	35
Gráfico 9: Porcentaje de eficiencia semanal mix porcino 60g – FLEXI C	36
Gráfico 10: Porcentaje de eficiencia semanal mix porcino 60g – FLEXI C	36
Gráfico 11: Paros planeados por línea	40
Gráfico 12: Volumen de ventas para formato 80-84 g (en toneladas).....	44
Gráfico 13: Lote óptimo de producción – Pavo 80gr	88
Gráfico 14: Sistema con Estándares Limpieza e Inspección	92
Gráfico 15: Cierre de anomalías de máquina identificadas	92
Gráfico 16: Cierre de anomalías por tipo	93
Gráfico 17: Desviaciones reportados por cuerpos extraños.....	94
Gráfico 18: Balanceo de Línea vs Capacidad	96
Gráfico 19: Capital de trabajo en inventario, en dólares americanos	99
Gráfico 20: Capital de trabajo en inventario, en días	100
Gráfico 21: Incumplimientos FEFO mayores a 30 días	101
Gráfico 22: Proporción de incumplimientos mayores vs total de materiales ..	101
Gráfico 23: Días de incumplimiento política FEFO.....	102
Gráfico 24: Evolución de eficiencia periodo 2019 - 2020	104
Gráfico 25: Variabilidad de Eficiencia de área.....	105
Gráfico 25: Eficiencia de área por trimestre	105
Gráfico 26a: Eficiencia trimestral de Mezcla	106
Gráfico 26b: Eficiencia trimestral de ENZO A	106
Gráfico 26c: Eficiencia trimestral de ENZO B.....	106
Gráfico 26d: Eficiencia de trimestral FLEXI C	107
Gráfico 26e: Eficiencia de trimestral FLEXI D	107

ABREVIATURAS O SIGLAS

- BOM:** Bill of Materials, en español Cuenta de Materiales
- BW:** Business Warehouse, en español Almacén del Negocio
- EOQ:** Economic Order Quantity, en español Cantidad Económica de Pedido
- EPQ:** Economic Production Quantity, en español Lote Económico de Producción
- FEFO:** First to Expire, First Out, en español Primero en Caducar, Primero en Salir
- HBP:** Horas Brutas de Producción
- HNP:** Horas Netas de Producción
- HPE:** Horas de Producción Efectiva
- LM:** Lean Manufacturing, en español Manufactura Esbelta
- OEE:** Overall Equipment Effectiveness, en español Efectividad total de los Equipos
- PDCA:** Plan-Do-Check-Act, en español Planificar-Hacer-Verificar-Actuar
- PP:** Paros Planeados
- ppm:** Partes por millón
- PYMES:** Pequeñas y Medianas Empresas
- SAM:** Stoppage Analysis Module
- SAP:** Systems, Applications, Products in Data Processing, en español Sistemas, Aplicaciones, Productos en Procesamiento de Datos
- SDCA:** Standard-Do-Check-Act, en español Estandarizar-Hacer-Verificar-Actuar

- SEPQ:** Sustainable Economic Production Quantity, en español Cantidad de Producción Económicamente Sustentable
- SKU:** Stock-keeping unit, en español código de artículo o número de referencia
- SMED:** Single-Minute Exchange of Dies, en español cambio de herramienta en un solo dígito de minutos
- TPM:** Total Productive Maintenance, en español Mantenimiento Productivo Total
- VSM:** Value Stream Mapping, en español Mapa de Flujo de Valor
- WIP:** Work In Progress, en español Trabajo en Proceso

RESUMEN EJECUTIVO

La innovación tecnológica proporciona grandes mejoras espaciadas en el tiempo, pero sin continuidad, por lo que el proceso de mejora continua se vuelve necesidad si se desea un crecimiento continuo. A través del presente proyecto, se presentará la aplicación de la Manufactura Esbelta con la consiguiente mejora en una empresa manufacturera de productos alimenticios. Para la realización del proyecto, se implementó en el área de fabricación de productos, constituida por 1 línea de mezcla de ingredientes que abastece 4 líneas de empaque con una tripulación por turno de 21 personas. Bajo el escenario inicial, tiene una producción mensual promedio de 18.000 cajas que representan un volumen de 208 Tons/mes y una eficiencia de 84%, siendo así una de las áreas con más importancia para el negocio por su rentabilidad. Como resultado, se redujo en un 72,70% el capital de trabajo presente en inventarios en las líneas de producción del área de deshidratados, esto es, con un valor promedio diario de reducción de \$21.400 USD; se incrementó la eficiencia de la línea hasta un 89,3%, lo que representa un ahorro anual de \$36.788 USD y adicionalmente se logró establecer un área más segura tanto para los trabajadores como para los productos.

Palabras clave: manufactura esbelta, 5S, planes de producción, abastecimiento, balanceo de líneas de producción, gestión visual, lote económico de producción, Gemba.

ABSTRACT

Technological innovation provides great improvements over time, but with lack of continuity, so a continuous improvement process becomes necessary if continuous growth is desired. Through this project, the application of Lean Manufacturing will be presented with the consequent improvements in a food manufacturing company. The execution of the project was implemented in the product manufacturing area, which consists of 1 mixing line that supplies 4 packaging lines with a crew of 21 people per shift. At the beginning, it had an average monthly production of 18,000 boxes representing a volume of 208 Tons / month and an efficiency of 84%, making it one of the most important areas for the business due to its profitability. As result, the working capital, present in inventories in production lines of the dehydrated area was reduced by 72.70%, representing an average daily value reduction of \$ 21,400; the efficiency of the line was increased to 89.3%, which represents annual savings of \$ 36,788 USD and, additionally, a safer area was established for both workers and products.

Key words: lean manufacturing, 5S, production plans, supply, production lines balancing, visual management, economical production batch, Gemba.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La actual necesidad de supervivencia y mejora de la rentabilidad de las empresas hace imprescindible la búsqueda constante de incrementar o mejorar su competitividad, llevándolas hacia dos grandes caminos: la innovación y la mejora continua. Si bien la innovación tecnológica suministra grandes mejoras espaciadas en el tiempo, su principal debilidad es la falta de continuidad. Por lo tanto, el proceso de mejora continua se vuelve una necesidad complementaria si el objetivo de la organización es lograr un crecimiento continuo en el tiempo.

A lo largo de la historia de los procesos de manufactura se han desarrollado métodos que han favorecido este proceso de mejora, que en grandes o pequeñas proporciones han ayudado a desarrollar los grandes modelos que se usan hoy en día, como Manufactura Esbelta. Las técnicas de Manufactura Esbelta proveen pequeñas y frecuentes mejoras porque unen técnicas que lo hacen posible. Por ello, las empresas innovadoras y, además partidarias de esta filosofía, alcanzarán un ritmo de mejora y de aumento de la competitividad, óptimo y sostenido en el tiempo (Rajadell y Sánchez, 2010).

Entre los principales beneficios obtenidos mediante la implementación de Manufactura Esbelta son los siguientes: aumento de productividad, reducción de costos, reducción de inventario, aumento de disponibilidad de máquinas, reducción de tiempo de entrega, mejora financiera, reducción de pérdidas y reducción de variación de procesos (Antosz y Stadnicka, 2017).

En nuestro país el escenario no es distinto respecto a la búsqueda permanente de crecimiento y competitividad. Es así el ejemplo de la empresa de alimentos en estudio “La Costeñita”, que tras un creciente incremento en la

demanda del mercado emprendió un proyecto de expansión de una de sus líneas de producción de alimentos deshidratados.

Pero así mismo como se logró incrementar la tasa de producción, se incrementan también otros aspectos colaterales como los inventarios dentro de fábrica cuyo propósito es el de cubrir las necesidades de las líneas de producción. Estas “bodegas intermedias” entre la bodega y las líneas de producción han generado también otros tipos de problemas tales como el despacho de materiales incorrectos o incompletos, salto de aplicación de políticas de uso de inventarios que derivan en pérdidas más grandes como vencimiento y daños por manipulación. En fin, pérdidas que hacen que la compañía pierda competitividad.

Es aquí donde se busca que la aplicación de herramientas asociadas a manufactura esbelta contribuya a la identificación de causales y soluciones que ayuden con la eliminación de estas pérdidas, mejorando así el flujo y tiempo que los materiales permanecen dentro del proceso de transformación. Estas expectativas son respaldadas por numerosos estudios que muestran el por qué las empresas buscan implementar Manufactura Esbelta, un ejemplo es un estudio realizado en 49 empresas pertenecientes a las PYMES en Polonia que muestran que aquellas empresas que lo hacen, es por el deseo de mejorar su desempeño o se dan cuenta de la necesidad de eliminar desperdicios. Entre las principales pérdidas que buscan ser eliminadas están: espera de materiales (49%), movimientos innecesarios (41%) y fallas de la máquina (39%). Las razones clave para implementar Manufactura Esbelta son: la intención de mejorar la operación de la empresa (81%) y la necesidad de obtener una ventaja competitiva (50%) (Antosz y Stadnicka, 2017).

Este proyecto se deriva luego del diagnóstico realizado al área de fabricación de productos deshidratados de la empresa de alimentos “La Costeñita” a través de un VSM (Value Stream Mapping), en el que se evidencian pérdidas de movimientos, tiempo, inventarios y materiales. Inicialmente para el balanceo de líneas se utilizando herramientas de Manufactura Esbelta. En tanto

para el sistema de abastecimiento, la herramienta será Milk Run (Mizusumashi). Para el establecimiento de los supermercados en la línea se lo realizará a través de la metodología de Punto de Uso de Manufactura Esbelta y Cadena de Ayuda y finalmente se utilizará el método EPQ para la definición de los lotes mínimos de producción.

1.2. Descripción del problema

El diagnóstico inicial realizado en el área muestra que existen pérdidas de tiempo, materiales e inventarios en el área de fabricación de deshidratados durante el proceso de producción y consumo de materiales en tránsito. Estas pérdidas son independientes del turno de trabajo y necesitan ser resueltos por su impacto directo en el costo de Capital de trabajo (29.000 usd y 25 días de cobertura) e incumplimiento grave de políticas internas (15 eventos por semana), mismos que se traducen en pérdidas económicas que impactan directamente en la competitividad del negocio. Esto ha ocurrido de forma histórica en esta y el resto de las áreas de producción de la fábrica, problema que se agrava con el incremento de líneas de producción.

Por otro lado, el sistema de abastecimiento actual, que usa áreas con inventarios intermedios causa también efectos negativos tales como falta de orden y control ya que, al no ser parte del sistema formal de almacenamiento, el despacho no siempre cumple las políticas de inventario y de control. Los problemas de descuadre son constantes, llegando al punto de tener que asignar personal que realice auditorias frecuentes.

En el área de producción el panorama no es distinto, ya que, al no haber cantidades estándar de abastecimiento, la frecuencia y cantidad de re-orden quedan a criterio de los operadores resultando en problemas de orden y limpieza, incluso riesgos de seguridad por el bloqueo de áreas de circulación.

Finalmente, cuando ocurren cambios repentinos en el programa de producción o de despacho, los problemas de comunicación han llegado a causar

paros en las líneas de producción por falta de los materiales correctos, por lo que es muy importante definir nuevos sistemas que permitan estandarizar y coordinar la forma de selección, despacho y abastecimiento de materiales a la línea.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Reducir en 50% el capital de trabajo presente en inventarios en las líneas de producción del área de deshidratados, así como 50% en errores en el despacho de materiales a través de la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Implementar las 5S dentro del área de fabricación como sistema de orden, limpieza y estandarización
- Balancear los planes de producción entre las líneas de producción con el fin de alcanzar un buen aprovechamiento de la capacidad de cada línea.
- Implementar un sistema de abastecimiento desde las bodegas y de pequeños supermercados que reduzcan la cantidad de WIP presente en las líneas.
- Implementar una secuencia óptima de producción que reduzca la pérdida de capacidad por tiempos de changeover.
- Definir los lotes mínimos de producción que balancee las necesidades dadas por los costos de la fábrica, de distribución y ventas.

1.4. Hipótesis

Al final de la implementación de las herramientas se espera una reducción del costo de capital de trabajo en 50% asociado al inventario en tránsito entre la bodega de materias primas y embalaje y el área de fabricación a través de una planificación adecuada y estructurada de las cantidades y el momento de uso de

los materiales, un acompañamiento a tiempo por parte del comité de liderazgo, una comunicación efectiva entre los departamentos de fabricación y abastecimiento y la reacción efectiva y a tiempo en caso de problemas ocurridos durante la operación.

1.5. Alcance

El proyecto implementado beneficia al área de fabricación de productos deshidratados en una empresa manufacturera de alimentos en la ciudad de Guayaquil. El área está constituida por 1 línea de mezcla de ingredientes que abastece 4 líneas de empaque con una tripulación por turno de 21 personas. Mensualmente tiene una producción promedio de 18.000 cajas que representan un volumen de 208 Tons/mes y una eficiencia de 84%, siendo así una de las áreas con más importancia para el negocio por su rentabilidad.

Luego de la propuesta, el proceso de implementación en la que se podrá mostrar el escenario actual y futuro del proceso, así como los beneficios obtenidos en resultados de eficiencia de línea, seguridad, calidad, capital de trabajo, cumplimiento de políticas de uso de inventario, paradas en línea por errores en el despacho y finalmente la creación de una cultura de mejora continua.

Los datos son recopilados a través de los registros de movimientos e inventarios en las bodegas de la fábrica, cartas máquina de producción y pronósticos de venta.

A continuación, se muestra un breve marco teórico sobre el cual se basa las herramientas que serán utilizadas, así como método utilizado para su implementación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)

Lean Manufacturing, cuya traducción en español es Manufactura Esbelta; y al mismo tiempo, se la conoce también como Toyota Production System, autores como Rajadell y Sánchez (2010) expusieron que se trata de una metodología de origen japonés, cuyo objetivo es la eliminación del desperdicio o despilfarro de todas aquellas actividades en las cuales no agregan valor al producto y la maximización de todo lo que el cliente considera como valor a lo largo de la cadena.

Es preciso señalar que las empresas manufactureras pueden incrementar su competitividad por varias vías: innovación, mejora continua, o combinándolas entre sí (Rajadell y Sánchez, 2010). La innovación tecnológica proporciona grandes mejoras espaciadas en el tiempo, pero sin una continuidad en el largo plazo. En tanto que, las técnicas de Manufactura Esbelta proporcionan pequeñas y frecuentes mejoras porque agrupan técnicas que hacen posible la continuidad en el mediano y largo plazo. En consecuencia, las empresas innovadoras que además adoptan esta filosofía en sus procesos productivos, podrán lograr un ritmo de mejora y de incremento de la competitividad, óptimo y sostenido en el tiempo.

Estos objetivos los cumple a través de herramientas que buscan principalmente la mejora continua, es decir, la identificación y eliminación de pérdidas a través de la participación de los grupos de trabajo conformados principalmente por operadores y técnicos. Entre las herramientas de Manufactura Esbelta más conocidas se encuentran: TPM, 5S, SMED, kanban, kaizen, heijunka, jidoka, entre otros (Render y Heizer, 2007).

2.1.1. ¿Por qué Manufactura Esbelta?

Actualmente la globalización y la facilidad de comunicación hace que los clientes tengan más alternativas de compra, estén más informados sobre el impacto de los productos sobre ellos y su entorno, por lo tanto, son más exigentes al momento de valorar un producto. Esto hace que las empresas apuesten a mejorar su competitividad y flexibilidad, con nuevas formas de operar y distribuir para poder reaccionar más rápidamente a estas nuevas necesidades, siempre desde tres aspectos: rapidez de entrega, calidad y costos.

Para que este proceso puede darse de una forma sostenible las empresas deben apostar hacia dos frentes: la innovación de productos y procesos y la eliminación de desperdicios que frenan la flexibilidad y entrega de valor que los clientes requieren. Aquí es donde entra Manufactura Esbelta, cuyo principio fundamental es el de entregar todo lo que el cliente considere como valor, esto a través de la eliminación de pérdidas. Esta metodología ha demostrado ser una filosofía sostenible implementada con éxito ya en varias organizaciones.

Rajadell y Sánchez (2010), destacan de forma general cuando se analizan las actividades que agregan valor, es decir, lo que el cliente está dispuesto a pagar, se encuentra que aproximadamente el 1% de las actividades se encuentran dentro de este grupo, habiendo así una gran oportunidad de mejora dentro de la cadena por analizar y mejorar.

Costa, Godinho, Fredendall y Gómez (2018) en un estudio basado en el análisis de 58 artículos, y, un total de 28 estudios a nivel global en el campo de la industria alimenticia, revelan que para lograr estos resultados deseados, es necesario el uso de una serie de herramientas y métodos diferentes en los estudios de implementación. Entre las herramientas y métodos más utilizados son los siguientes: mapeo de flujo de valor (8%), diagrama de causa y efecto (7%), 5S (6%), lluvia de ideas (6%), DMAIC (6%), diagrama de Pareto (5%), mapeo de procesos (5%), gráficos de control (4%), gestión visual (4%). La gran mayoría de los factores críticos de éxito (89%) son de gestión, de los cuales,

representan el 50% del total: compromiso de gestión, programa de capacitación, trabajadores calificados y participación de agentes de cambio. Por otro lado, las características de la industria alimentaria también juegan un papel muy importante (41%) en la implementación de manufactura esbelta y seis sigma en el sector. La característica más señalada en este tipo de industrias es la incertidumbre de la demanda, seguida de un alto tiempo de limpieza, un alto tiempo de preparación, diseño tradicional, perecebilidad, estacionalidad, dependencia de la secuencia y variación en la calidad, y, el suministro de las materias primas.

Respaldando el estudio anteriormente señalado, Antosz y Stadnicka (2017) a través de un estudio en la cual se realizó con un enfoque en un grupo de 49 PYMES en Polonia, expresan una creciente preparación que permita la implementación de la filosofía de Manufactura Esbelta. Esta implementación responde por dos motivos esenciales: el deseo de mejorar su desempeño general y la necesidad de eliminar desperdicios. El estudio cita que entre las principales pérdidas que buscan ser eliminadas en el grupo analizado, se encuentran las siguientes: espera de materiales (49%), movimientos innecesarios (41%) y fallas de la máquina (39%). Así mismo, detalla que las razones clave para implementar la Manufactura Esbelta son: la intención de mejorar la operación de la empresa (81%) y la necesidad de obtener una ventaja competitiva (50%). Finalmente, se evidenció que las empresas en donde se han implementado esta filosofía encuentran las siguientes barreras: los problemas del día a día (87%), seguido de la falta de compromiso o resistencia de los equipos (33%).

En lo referente a los resultados entregados durante la implementación de la manufactura esbelta, los autores Ramakrishnan, Jayaprakash, Elanchezhian, & Vijaya Ramnath (2019); presentaron un estudio en la cual se muestra los resultados de una implementación que fue desarrollada a nivel de PYMES en India. Inicialmente, a través del uso de VSM como herramientas de diagnóstico se establecieron proyectos que arrojaron los siguientes resultados: incremento de la productividad en un 22%, es decir de 320 a 390 unidades producidas por

turno, reducción de defectos en ppm del 57%, incremento en la entrega del 53%, evaluación de 5S incrementada en un 156%, OEE con un valor sobre el 70%, implementación de 90 proyectos Kaizen, 64% de reducción en cambios de formato, de reducción en inventarios en un 28,57%, aumento del índice de rotación de inventario de 8 a 14, lo que significa que el inventario se somete a seis ciclos más en un año, en total se registraron ahorros por alrededor de 83.220 USD. Entre las conclusiones más relevantes, con base a los resultados presentados se destacó que adicional al ahorro directo, existieron mejoras en la productividad y competitividad de las unidades que lograron el otorgamiento de una ventaja sobre sus competidores. En ese orden de ideas, lograron generar más empleos, dada la mejor posición para ofrecer precios competitivos y una mayor calidad. Así mismo, las PYMES pueden asumir trabajos más desafiantes, en vista de contar con empleados que pueden utilizar la lluvia de ideas y Kaizen para la resolución de problemas, aumentando la motivación e implementación adecuada de los sistemas. Finalmente, las empresas al lograr la implementación de las prácticas 5S, pueden mantener un ambiente de trabajo agradable y sin accidentes.

2.1.2. La infraestructura de mejora

Para que la implementación tenga los resultados, es necesario el involucramiento de toda la compañía, desde sus líderes para que faciliten los recursos, sean líderes inspiradores del cambio y remuevan barreras hasta sus operadores y técnicos quienes tendrán la oportunidad de desarrollarse en la implementación de las herramientas que se consideren necesarias. Todos deben comprender el concepto de pérdidas y aportar desde su función en la eliminación de estas de forma sostenible. Se trata de una cultura de trabajo.

En un inicio se recomienda el nombramiento de un equipo líder, que tendrá como principal función el de entrenar, acompañar y evaluar la implementación. La creación de capacidad a niveles de grupos de trabajo y de líderes será su principal función con el fin de asegurar que las herramientas se están implementando con la calidad esperada. No se trata de un equipo que va

a implementar herramientas, sino que va a guiar cómo hacerlo dentro las funciones del día a día.

El nombramiento y respaldo hacia este equipo da un mensaje a la organización de que se trata de un esfuerzo serio, que requiere del involucramiento de todos y ayudará a la organización hacia una cultura de cambio en pro de reaccionar a tiempo hacia los cambios requeridos por los clientes.

En un inicio, se recomienda arrancar por una línea o área piloto. Se trata de un área donde el equipo va a aprender para luego materializar esos aprendizajes en retorno para el negocio. Posteriormente, el equipo debe definir la manera en que se ejecutará el proceso de expansión al resto de la fábrica. Esta recomendación parte de estudios, en los cuales, revelaron que las organizaciones más grandes que ven a la Manufactura Esbelta como una ideología, se desempeñaron mejor. A esta conclusión se llegó aplicando el cuadro de mando de balance a las respectivas implementaciones de la manufactura esbelta.

A manera de evidencia, investigaciones realizadas en Gran Bretaña por Bhasin (2012), sugiere que un criterio de éxito es desarrollar un piloto y hacerlo exitoso, de tal manera que pueda ser conocida progresivamente entre las organizaciones; para luego expandir hasta que se implemente esta filosofía en las grandes organizaciones. Entre los resultados presentados, concluyeron que, tanto en las 68 empresas encuestadas como en los 7 estudios de caso revisados por el autor en cuestión, que las implementaciones que progresaban bien, evidentemente tuvieron un enfoque piloto. Por lo tanto, es indispensable fomentar la participación de todas las partes para asegurar la participación, sentido de pertenencia y aceptación de los planes de mejora continua en beneficio del desempeño general de la organización.

2.1.3. Jornadas y Reuniones de mejora

Inicialmente se establecen jornadas de mejora con el fin de arrancar con la implementación de las herramientas básicas de Manufactura Esbelta. Estas jornadas se realizan durante la jornada de trabajo sin afectar los planes de producción. Tienen dos principales objetivos:

- 1) Entrenar al personal que realizará la implementación y la sostenibilidad de los resultados
- 2) Analizar e implementar acciones de mejora que eliminen las pérdidas encontradas.

La frecuencia de estas jornadas dependerá de la velocidad de los equipos para aprender y aplicar las nuevas herramientas hasta incorporarlas en sus actividades del día a día.

Con respecto al seguimiento de estos proyectos y su impacto a los resultados de los indicadores, se recomienda también implementar reuniones de seguimiento, cuya frecuencia, nuevamente dependerá de los resultados que se desee obtener, pudiendo ser en los cambios de turno, de forma diaria o semanal.

En estas reuniones se espera que se discutan los avances y oportunidades encontradas para el levantamiento de planes de acción. Entre los principales componentes a revisar dentro de la reunión se encuentran:

- Resultados de indicadores del área
- Estatus de proyectos en curso
- Estatus de planes de entrenamiento
- Prioridades para la siguiente reunión

Las reuniones, a diferencia de las jornadas, no son para realizar análisis o mayores discusiones, sino para ir al grano y llegar a acuerdos. Deben ser cortas de duración.

2.1.4. El piso de la fábrica

Los grupos de liderazgo de las organizaciones deben dedicar gran parte de su jornada a ejercicios de acompañamiento en el shopfloor. Este proceso es fundamental para la correcta implementación de esta metodología, cuyo principal objetivo es el desarrollo de los operadores ya que ellos quienes aplican las herramientas (The Productivity Press Development Team, 2002).

Las personas designadas para formar parte de estos acompañamientos deben tener claridad de aquello que se va a observar ya que no se trata de una caminata simple, sino más bien de una caminata de mejora. Entre los principales objetivos de los acompañamientos podemos encontrar:

- 1) Observar puntos de pérdidas en el área de trabajo,
- 2) Ayudar a los operadores en la identificación y tratamiento de las pérdidas,
- 3) Discutir sobre el avance y la calidad planes o proyectos en curso que se están ejecutando para la eliminación de las pérdidas
- 4) Identificar oportunidades de desarrollo en los operadores para poder implementar correctamente estas herramientas.

Un entregable fundamental de esta práctica es la definición de planes de acción los cuales deberán ser monitoreados para asegurar el cierre de las oportunidades encontradas en la revisión de las herramientas y en el desarrollo de los operadores. Asignar tiempo para esta actividad genera un ambiente y desarrollo de los operadores lo cual se deriva en una aceleración en el proceso de eliminación de pérdidas.

Estudios llevados a cabo con PYMES, muestran que, para el éxito de la implementación de Manufactura Esbelta, no basta únicamente con la implementación de métodos o herramientas, sino con el compromiso y el conocimiento de la administración con el proceso. Los factores críticos de éxito para la implementación eficiente desde un enfoque de cualitativo. El estudio siguió a dos implementaciones de manufactura esbelta por más de cuatro años

en pequeñas y medianas empresas manufactureras en Nueva Zelanda. Aquí se observó que el verdadero problema para lograr el éxito de manufactura esbelta no era el compromiso de la gerencia sino su ignorancia de lo que debían comprometerse, de ahí un problema de conocimiento. Se muestra al conocimiento como factor causal en la implementación exitosa de manufactura esbelta. La ausencia del mismo muestra que deriva en el enfoque de la gerencia hacia la implementación de métodos y la delegación inadecuada de responsabilidad, descuidando los aspectos sociales importantes de manufactura esbelta y su implementación. Por lo tanto, la causa raíz del éxito de manufactura esbelta puede ser simplemente el conocimiento de los líderes y, por lo tanto, su actitud y compromiso con el aprendizaje (Pearce, Pons y Neitzert, 2018).

2.2. Implementación de los Cinco Pilares 5S

Esta herramienta constituye el primer paso hacia el desarrollo de una nueva cultura organizacional ya que arranca con los primeros pilares en el cambio de pensamiento, así como en la forma de identificar y actuar ante las pérdidas. Se trata de una metodología basada en cinco pasos: clasificar, ordenar, brillar, estandarizar y sostener (The Productivity Press Development Team, 2000). Siendo el su nombre 5S, esta metodología tiene su origen en Japón y toma su nombre debido a que los cinco pasos comienzan con la letra S en su idioma original.

Establecer una rutina de orden y organización se vuelve fundamental al momento de arrancar con la implementación de manufactura esbelta, ya que aporta significativamente al flujo de actividades y de materiales de una forma eficiente. La implementación de las 5S tiene un impacto directo en la reducción de costos ya que se reducen los tiempos de preparación de las maquinarias, por tanto, también tiene un efecto en la reducción de defectos, fomentar entregas confiables, y finalmente pero no menos importante reducción de riesgos para la seguridad y salud de los operadores. En resumen, una fábrica ordenada y limpia tiene mayor productividad, produce menos defectos, cumple mejor los plazos y es un lugar mucho más seguro para trabajar.

2.2.1. El primer pilar: Clasificar

La 1S consiste en clasificar todos los elementos del área de trabajo basado en la frecuencia de uso y utilidad. El objetivo principal de este paso es el de eliminar del área de trabajo aquellos artículos que no son necesarios. Este ejercicio deber ser realizado por un equipo multidisciplinario para poder cuestionar presencia y cantidad de los artículos que se considere necesarios. Este cuestionamiento debe realizarse tanto para la frecuencia con la que se la utiliza como para la cantidad. Realizar este paso es imprescindible para poder contar en el área con solo con aquellos materiales que sean necesarios para las actividades del día a día, esto incluye también la cantidad (The Productivity Press Development Team, 2000).

Entre los principales impactos que tenemos al tener materiales o cantidades innecesarias dentro del área de trabajo se encuentran las siguientes:

- Costo Asociado de inventario presente en las áreas de producción, así como los almacenamiento, manipulación y administración.
- Falta de control asociado al incumplimiento de políticas de uso del inventario
- Aumento del riesgo de obsolescencia y daño debido a las altas cantidades de materiales que pueden estar presentes.
- En caso de presentarse daño en los materiales estos pueden tener un impacto en la generación de defectuosos en la línea de producción.
- Incremento del riesgo de seguridad debido a la obstaculización de áreas de trabajo y zonas peatonales por presencia de materiales innecesarios.

En conclusión, la presencia de elementos innecesarios representa un obstáculo diario para el desempeño adecuado de las actividades de producción.

2.2.2. El segundo pilar: Ordenar

Una vez que en el área quedan únicamente los elementos necesarios, en las cantidades necesarias, podemos arrancar con la 2S, cuyo principal objetivo es de identificar y ubicar en un sitio a cada uno de esos materiales (The Productivity Press Development Team, 2000).

Para que este paso se implemente exitosamente, es crucial el involucramiento de los operadores, para que la ubicación de estos elementos se realice en base a su frecuencia de uso.

El lema de este paso es “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”, para lo cual es necesario que la organización de la ubicación sea de una forma simple y sencilla, que permita de un solo vistazo identificar faltantes o problemas de orden.

Para el caso herramientas o utensilios de limpieza, también es necesario en este paso la implementación de un sistema de comunicación que permita la trazabilidad de un elemento en caso de que no se encuentre en su ubicación, así como un flujo de reposición en caso de pérdida.

2.2.3. El tercer pilar: Brillar

La 3S consiste es Brillar a través de la limpieza. Equipos y áreas que se mantienen limpios son menos propensos a desgastarse prematuramente. Por otro lado, cuando se realizan actividades de limpieza se pueden identificar desviaciones o daños que no se podrían observar con los equipos o el área sucia (The Productivity Press Development Team, 2000).

Para poder ejecutar correctamente esta implementación, se deben levantar instructivos de cómo realizar las actividades de limpieza. Estos estándares deben contar con información asociada al método adecuado, duración, frecuencia y responsabilidad.

Brillar también incluye la búsqueda y eliminación de fuentes de suciedad, polvo y escombros que se acumulan en el área de fabricación y taller. Esta actividad contribuye a que el área se mantenga brillante no solo porque se limpia, sino porque también no se ensucia. Este paso se integra ya con las actividades de mantenimiento en el cual durante las inspecciones rutinarias se busca asegurar que los componentes críticos se mantengan limpios.

2.2.4. El cuarto pilar: Estandarizar

En la 4S lo que se busca es establecer un método y una cultura para mantener las primeras 3S: Espacios libres de elementos innecesarios, ordenados y limpios. En este paso se deben establecer controles y gestión visual clara que facilite la inspección de un solo vistazo en caso de desviaciones de las 3S iniciales. Esta gestión visual debe ser estándar para todas las máquinas y deben abarcar aspectos como seguridad, calidad y productividad (The Productivity Press Development Team, 2000).

Para lograr mantener las condiciones antes mencionadas, también deben crearse estándares visuales del área y de cómo debe mantenerse durante y después de la producción. Estos estándares deben contar con un responsable y frecuencia de aplicación.

Es de suma importancia que para este momento el equipo responsable de aplicar y mantener las 5S se encuentre ya capacitado en la importancia y resultados esperados de esta implementación, lo que incluye el conocimiento y control de los estándares visuales.

2.2.5. El quinto pilar: Sostener

Con el área bajo las condiciones necesarias ya establecidas y estándares visuales de cómo debe permanecer, viene la implementación de la 5S, que no es otra cosa que establecer rutinas que aporten con la sostenibilidad de las

condiciones y su relación con los resultados esperados del área (The Productivity Press Development Team, 2000).

Se deben implementar reuniones con una frecuencia determinada en la que se discuten el cumplimiento y discusión asociados a los estándares, así como su relación con indicadores de seguridad, calidad y productividad del área. Dentro de esta rutina de seguimiento se establecen también sesiones de autoevaluación. El objetivo principal se convierte entonces en el de retar la implementación y buscar permanentemente oportunidades de mejora que quedan plasmadas a través de planes de acción.

Para que estas reuniones entreguen los resultados esperados, debe contar con un proceso de acompañamiento por parte del equipo de liderazgo de fábrica, con el fin de remover barreras, detectar oportunidades de entrenamiento y de gestión.

2.3. Capacidad de la Línea de Producción

Entre las principales métricas dentro de la gestión de manufactura se encuentra el cálculo de la capacidad de una línea de producción, esto con el fin de establecer y optimizar su ocupación (Chapman, 2006). Esto permite establecer acciones que ayuden a mantener las líneas a un nivel adecuado de producción, eficiencia y flexibilidad. En caso de contar con varios equipos, se debe identificar el cuello de botella el cual será el que determina la máxima capacidad de la línea. La capacidad de una línea entonces está basada en el buen aprovechamiento del tiempo para producir artículos con la calidad adecuada (Betancourt, 2016).

Para definir la capacidad máxima de una línea, es importante contar con datos históricos confiables sobre el comportamiento de cada una de las referencias, tales como: cantidad esperada a producir, velocidad, rendimiento, tiempos de cambios de formato. La combinación adecuada entre estos tendrá un impacto directo sobre el uso de la capacidad. Por otro lado, tiempos asociados

a mantenimientos, arranques, cierres, limpiezas, alimentación son tiempos ocupados adicionales no relacionados al tamaño de producción (Render y Heizer, 2007).

Un análisis adecuado de estos parámetros permitirá obtener información clave para la gestión de la línea:

- Capacidad máxima de producción,
- Utilización en un tiempo determinado
- Ratio de producción promedio de la línea
- Rendimiento
- Paros Planeados y No Planeados

2.4. Balanceo de Líneas de Producción

Cuando se tienen varias líneas de producción que pueden producir las mismas referencias en una misma área, uno de los principales puntos de gestión debe ser el balanceo de producción (D'Alessio Ipinza, 2004). Entre los principales beneficios del balanceo se encuentran:

- 1) Reducción de costos en líneas saturadas asociadas a sobretiempo de mano de obra.
- 2) Reducción de costos rendimiento de mano de obra, máquina y materiales al colocar las referencias en las máquinas con mejore eficiencia.
- 3) Flexibilidad para entregar productos en caso de fluctuación de la demanda

Como se vio anteriormente, uno de los primeros parámetros que se debe tener en cuenta es la capacidad máxima (Chapman, 2006). En caso de contar con varios equipos, se debe identificar el cuello de botella el cual será el que determina la máxima capacidad de la línea. La siguiente decisión consiste en la posibilidad de especializar los equipos con el fin de reducir las pérdidas de capacidad asociadas a cambios de formato. De no ser posible, se deben colocar

los SKUs en las máquinas con el que se obtenga el mejor rendimiento, tanto de máquina como de mano de obra.

El balanceo de líneas nos permitirá encontrar oportunidades de pérdida de capacidad asociados a tasa de producción y rendimiento de productos, tamaños de lote, duración y cantidad de cambios de referencia, tiempos asociados a mantenimientos, limpiezas, arranques y de personal, presencia de buffers. El establecer acciones para cada oportunidad encontrada tendrá un impacto directo en el costo de producción.

La tasa de entrega de las líneas debe estar en sintonía con la demanda del producto y las políticas de cobertura de inventario de la compañía. Esto hará que no se genere inventario incensario el cual derive en costos de capital de trabajo, manipulación, transporte y almacenamiento.

2.5. Implementación de Sistema Pull

Se “jala” el material del proceso anterior solo cuando lo necesita para reponer lo que ha utilizado para producir componentes o ensamblajes finales. El proceso puede realizarse ya sea desde proceso anterior en la misma fábrica como de uno o varios proveedores de materias primas (The Productivity Press Development Team, 2002).

Los kanbans identifican la ubicación de estos materiales para que no haya confusión sobre dónde encontrarlos cuando se los necesite.

Los lugares de los que podría jalar incluyen:

- Proveedores externos
- Otras plantas dentro de su empresa
- Una operación aguas arriba
- Supermercados

Se jala solo lo que necesita para completar sus operaciones. El material que se extrae del proceso anterior se puede transportar de varias maneras. Cualquier material que se extraiga debe incluir un kanban de salida o extracción, que indica la cantidad exacta contenida en el pallet o lote que retira.

Se puede extraer cualquiera de los siguientes:

- Materia prima
- Una sola pieza, un subensamblaje o ensamblaje final
- Un contenedor o pallet de piezas.
- Un lote de producción.
- Un pedido completo del cliente

Las opciones de contenedor pueden incluir:

- Pallets
- Cajas de varios tamaños.
- Contenedores
- Carros
- Bandejas
- Camiones, remolques, vagones de ferrocarril
- Kits

Si se trabaja en el almacén de materias primas y piezas compradas a proveedores externos u otras plantas, se repondrá las materias primas a medida que se retiren para su uso en sus procesos de producción. Si trabaja en la línea de producción, producirá las piezas y los componentes a medida que se retiran para el ensamblaje final. Si está en el ensamblaje final, se producirá productos terminados a medida que los clientes soliciten los productos.

2.6. Secuencia Óptima de Producción

Cuando una línea de producción cuenta con un grupo de SKUs a producir, una de las principales preocupaciones se convierte en cómo aprovechar al

máximo la capacidad de esta, esto con el fin de utilizar la mejor manera recursos como mano de obra, energía, materiales y tiempo.

Esto hace necesario que se analice y establezca una secuencia de producción de SKUs que minimice los tiempos de cambios de formato/referencia. Para poder realizar esta actividad, lo primero que se debe establecer son los tiempos de cambios de formato para cada una de las referencias. Estos tiempos deben ser medidos, estandarizados y conocidos por todo el personal de fabricación y debe considerar el tiempo entre el último producto de la referencia A y el primer producto bueno de la referencia B.

Una vez se cuente con estos tiempos para cada una de las combinaciones posibles, se establece una “ruta óptima” en la cual se fabriquen el 100% de los SKUs y se minimice el tiempo total de cambio de formato. Respecto a la cantidad mínima de producción, esta dependerá de la tasa de consumo, así como de los inventarios de cobertura máxima establecida por la compañía.

Diversos autores (D'Alessio Ipinza, 2004; Chapman, 2006; Render y Heizer, 2007) coinciden que, entre los beneficios de contar una secuencia óptima de producción se encuentran las siguientes:

- Incremento de la capacidad de línea al transformar los tiempos de cambios de formato en tiempos de producción.
- Identificación de oportunidades de aprovechamiento de tiempo durante el periodo de cambio de formato.
- Reducción de costos asociados a mano de obra asociados actividades de cambio de formato en lugar de producir.
- Reducción de pérdidas de materiales y consumibles asociados a los cambios de formato.
- Aumento de la sensibilidad en el operador sobre todo el proceso. La capacidad del operador para ver mejor el proceso le permite pensar en ello y mejorarlo.

2.7. Punto de uso

Esta herramienta no es otra cosa que la implementación de estaciones de abastecimiento de insumos junto a cada estación de trabajo, al alcance de la mano y en la secuencia que se necesitan (Chapman, 2006). La ventaja de este diseño es eliminar las distancias y el tiempo de entrega, así como girar, torcer, levantar y alcanzar. Está relacionado con la implementación de las 5S, ya que es necesario establecer las cantidades máximas y mínimas permitidas en los puntos de uso, así como también gestión visual para mantener el orden y la limpieza (The Productivity Press Development Team, 2002). Una vez que se ha logrado el diseño del puesto de trabajo, los operadores descubrirán muchas formas adicionales de mejorar las operaciones.

2.8. Sistema Kanban

Los kanbans sirven como orden de producción para el sistema Pull. La información de pedidos en un sistema Pull va desde las ventas hasta el área de ensamblaje en lugar de hacia abajo, desde el área de planificación y aprovisionamiento (The Productivity Press Development Team, 2002). Los kanbans siguen a los productos e indican lo que se debe retirar del proceso anterior. Tan pronto como un cliente ordena un producto, se envía una orden de trabajo a la línea de ensamblaje, que a su vez ordena partes de las líneas de proceso. Las líneas de proceso ordenan los materiales necesarios hacia compras, etc. Este es el reverso del sistema push.

La implementación del sistema kanban se realiza comenzando en el almacén de producto final y en el ensamblaje final. Una vez que el sistema esté estabilizado allí, se comienza a abordar los procesos de intermedio de ensamble (Render y Heizer, 2007). Es importante destacar que su implementación requiere de tiempo y paciencia con el propósito de cambiar toda la fábrica a este sistema para que la adquisición de materiales se realice como parte del sistema Pull. Esencialmente, la organización se está enfocando en eliminar la necesidad de inventario en cada etapa del proceso. Las soluciones provisionales incluirán una

variedad de métodos, incluido un sistema Pull de dos etapas que utiliza "supermercados" entre procesos.

La cantidad de kanbans que se necesita depende de la cantidad de pallets o contenedores y su capacidad (Rajadell y Sánchez, 2010). Los plazos de entrega, los márgenes de seguridad o el inventario de seguridad y el tiempo de transporte para la recuperación de kanban también son factores importantes.

2.9. Supermercados

En el sistema Kanban, los supermercados son los sitios donde se almacenan piezas, componentes o sub-partes listas para su uso y el concepto es similar al que se usan en los supermercados al retail para suministrar productos a los clientes (Rajadell y Sánchez, 2010).

Estos supermercados deben estar junto a las áreas de consumo y aplica tanto materiales dentro de fábrica como de materiales para bodega. Cuando el dueño del proceso retira piezas del supermercado, el proceso aguas arriba repone el producto retirado al hacer otra cantidad igual a lo que se retiró.

Los supermercados deben contar con una adecuada gestión visual que permita al dueño de proceso visualizar la necesidad de reponer el material utilizado (The Productivity Press Development Team, 2002).

Típicamente se utilizan 3 colores que ayudan en la comunicación: Verde, que muestra el total del tamaño mínimo de abastecimiento. Amarillo, es el tiempo que toma el proceso de abastecimiento del material y Rojo, que indica que el producto pronto se agotará y que necesita ser abastecido inmediatamente (Chapman, 2006). El cálculo de la dimensión de estos colores está relacionado a factores como lead time de fabricación del componente, tiempo de abastecimiento, variabilidad de consumo y confiabilidad del proceso aguas arriba.

2.10. Escarabajos de agua (Mizusumashi) y Milk Run

El término escarabajo de agua proviene del insecto llamado Mizusumashi (término en japonés), un insecto que se mueve rápidamente a través de la superficie del agua, gira y realiza cambios de dirección rápidos e inesperados. En el sistema Pull, se le da este término a la persona que tendrá la responsabilidad del abastecimiento de los materiales hacia y desde las líneas de producción, con el fin de simplificar la cantidad de personas, movimientos y tiempos que usualmente se gastan en esta operación, haciendo visibles aún más las pérdidas por tiempo de espera (The Productivity Press Development Team, 2002).

El Mizusumashi para poder realizar el abastecimiento de materiales, deberá establecer una ruta, frecuencia basado en tamaños de lote y variabilidad de proceso (Rajadell y Sánchez, 2010). El establecimiento de este sistema toma el nombre de Milk Run.

Como se ha revisado en las herramientas anteriores, en el sistema Pull se busca disminuir el tamaño de lote de producción de piezas y producir solo lo necesario y por lo tanto preferir trabajar en el incremento de frecuencias de abastecimiento el lugar de lotes de grandes, es por esto por lo que la designación de un Mizusumashi trae grandes beneficios en el camino de la simplificación de operaciones. Esta persona se convierte en un experto en el proceso kanban, lo que permite identificar y eliminar errores.

Como lo mencionan Kluska y Pawlewski (2018) en su investigación sobre la aplicación de Milk Run, la implementación de esta herramienta consta de siete pasos:

- 1) Análisis del Proceso de Producción Principal, es decir, realizar el mapeo de los materiales que se necesita abastecer. Esto incluye tasas de consumo, dimensiones, compatibilidad de almacenamiento, tamaños de lote, etc.

- 2) Diseño de las Rutas de Distribución y Recolección, identificando qué procesos se necesita abastecer, puntos de almacenamiento, tipos de transportes que se pueden utilizar para la operación, rutas posibles. Si se encuentra implementado, ubicación de los supermercados.
- 3) Diseño del flujo y gestión de la información, esto es, se trata de la definición de los detonantes del abastecimiento ya que se puede dar a través de un horario ya definido con cantidades variables o puede darse a través de señales de necesidad desde los puntos de uso que no depende necesariamente del tiempo. Se establece el estándar de comunicación entre bodegas y fabricación.
- 4) Desarrollo del algoritmo de programación, es decir, en que horarios se realizarán los abastecimientos y cómo será el proceso en detalle. Incluye la estandarización de las operaciones y tiempos de entrega.
- 5) Validación a través de la simulación, ya sea de forma física o asistida con herramientas de simulación. Recolectar y retroalimentar sobre aprendizajes.
- 6) Implementación, en la cual se involucra a líderes de abastecimiento, programación y fabricación.
- 7) Mantenimiento y mejoras.

La implementación en paralelo de puntos de uso y supermercados es recomendable también ya que facilitará el flujo de materiales hacia la línea para su consumo. Estas estaciones deberán prestar facilidad tanto para el Mizusumashi en términos de visualización y abastecimiento como para los operadores para su alcance y consumo.

La comunicación permanente entre bodega-mizusumashi-líneas de producción sobre la planificación es otro aspecto fundamental para este sistema: Bodega debe saber en qué materiales y con qué frecuencia realizar el picking; Mizusumashi debe contar con la información de qué y cantidad de materiales recoger, dónde localizarlos, con qué frecuencia entregar y a qué lugares.

El abastecimiento hacia y desde el transporte de Mizusumashi debe ser sencillo y seguro. Finalmente, se debe establecer una gestión visual estándar que facilite el proceso de identificación de materiales, listas de chequeo, tamaños de lote, rutas y ubicaciones para carga/descarga.

Para modelos o implementaciones más grandes, es indispensable el uso de herramientas o software de soporte que permita realizar simulaciones y poder prever posibles escenarios o anticipar pedidos futuros. Kluska y Pawlewski (2018) proponen el uso de FlexSim para realizar simulaciones con Milk Run, ya que proporciona un modelo híbrido que incluye un modelado basado en eventos discretos y un modelo basado en agentes. Por otro lado, se deben considerar también el soporte a través de herramientas de automatización y digitalización, no solo porque ayudan en una mayor eficiencia y transparencia, sino que brindan la capacidad de contar con información en tiempo real para identificar problemas con una mayor rapidez y contar con mejores análisis al momento de eliminar pérdidas.

En la actualidad, existen ejemplos de proyectos que han implementado con éxito herramientas digitales como radiofrecuencia para la generación automática de pedidos; pick-to-light para ayudar en el proceso de ubicación de un material en los almacenes, si se ha tomado de la ubicación correcta o para detectar cuantos elementos se han tomado; programación digital que permite calcular las rutas más cortas, logrando así reducir aún más los tiempos y costos asociados a los procesos de picking, carga y transporte (Gotthardt, Hulla, Eder, Karre, y Ramsauer, 2019). A través de las herramientas mencionadas, se concluye que la digitalización de los procesos de producción debería mejorar los enfoques de la Manufactura Esbelta en lugar su respectivo reemplazo.

2.11. Determinando el Tamaño de Lote

La definición del tamaño de lote representa uno de los factores más críticos dentro de la gestión de manufactura, debido al impacto que tiene sobre los costos y la satisfacción de la demanda. Render y Heizer (2007), exponen que

existen factores que influyen sobre la decisión de cuánto producir: la tasa de consumo de la demanda, el costo de los inventarios, el costo de producción, etc., por lo que existen varios métodos que ayudan en la determinación de este factor. Diversos autores (Taleizadeh, Soleymanfar, y Govindan, 2018) sostienen que uno de los modelos más conocidos fue desarrollado en 1913 y constaba de consideraciones económicas que incluían costos de mantenimiento y pedido y fue denominado EOQ (Cantidad de Reorden Económica por sus siglas en inglés). En 1915 se desarrolla un modelo similar aplicado al sistema de producción llamado EPQ (Cantidad de Producción Económica) y desde entonces se han desarrollado modelos con variantes que toman en cuenta otras consideraciones económicas.

Este método localiza la cantidad óptima a producir basado en el costo total del lote. En primer lugar, toma el cálculo de producción: desde este punto de vista mientras más grandes los tamaños de lote mejor, ya que se disuelven costos asociados a mano de obra e insumos utilizados en cambios de formato/referencia, costos de estabilización una vez realizado el cambio de formato (desperdicios, energía, rendimiento) (Sipper y Bulfin, 1998). Por otro lado, desde el punto de vista de capital de trabajo, manipulación y almacenamiento: mientras más pequeño el tamaño de lote mejor, ya que reducimos costos asociados a capital de trabajo presente en inventarios, costos de manipulación, picking, almacenamiento y transporte, costos por descuentos asociados a tiempos de vida de los productos. Finalmente, realiza una combinación todos los costos para identificar el punto donde el costo sería mínimo.

Los análisis detrás del establecimiento del lote económico de producción permiten también identificar las oportunidades de reducción de costos que cuenta el proceso. Un ejemplo es la reducción de costos de arranque o cambio de referencia a través de la implementación de proyectos SMED. (Muhammad Tayyab, Biswajit Sarkar 2016). Para reducir costos de almacenamiento existen también herramientas de Manufactura Esbelta como Bodega Lean que permite

a través de una adecuada zonificación y estandarización del proceso de picking reducir los costos asociados a la manipulación y utilización de la bodega.

Existen numerosos casos que muestran la necesidad de la implementación de esta herramienta por su impacto en las pérdidas del negocio. Tayyab y Sarkar (2016), a través de su investigación llamada *Optimal batch quantity in a cleaner multi-stage lean production system with random defective rate*, muestran la necesidad que tiene la industria textil en contar con un modelo que le permita establecer lotes económicos y por consecuencia la reducción de sus inventarios debido a las consecuencias que estos conllevan como: excesivo capital de trabajo, trabajos de recuperación de stock en caso de baja rotación, excesiva manipulación y transporte.

Adicionalmente, otros estudios añaden otras variables económicas al modelo que permiten el ajuste a sus necesidades, como, por ejemplo:

1. Inclusión de los costos asociados al consumo e impacto energético: el estudio y el trabajo en el mejoramiento de la eficiencia energética a lo largo de las cadenas de suministro, en algunas industrias tienen un impacto considerable tanto en los costos de fabricación como de almacenamiento. La planificación de la producción considera el consumo energético, lo cual brinda una oportunidad para la minimización de costos. Esto por cuanto este recurso se encuentra a lo largo de todos los procesos desde el arranque de la fabricación, alcance de la tasa de producción, tratamiento de los reprocesos, transporte y reubicación de los materiales (Marchi, Zanoni, y Jaber, 2019).
2. Costo de Inspecciones y reproceso: ya sea con inspección en línea como la que ocurre a través del muestreo luego que el material se encuentra almacenado. Integran el tiempo de inspección y los costos de reproceso dentro del modelo EPQ, lo cual es aplicable para industrias que, por el costo de los artículos, no pueden desechar los defectuosos, sino que más bien se reprocesan. Su estudio muestra que cuando hay presencia de defectuosos y son detectados al final de

ciclo de producción, el tamaño económico de producción tiende a subir (Moussawi-Haidar, Salameh, y Nasr, 2016).

3. Variación de la tasa de producción debido al impacto que tiene el aprendizaje y la experiencia del personal operativo. Esto quiere decir que, en procesos, en su mayoría manuales, la tasa de producción, la eficiencia, consumo de energía y la cantidad de desperdicio esta directamente relacionado con la experiencia y habilidad del personal. Autores como Jaber y Peltrokorpi (2020) muestran cómo a medida que los operadores a través de la repetición mejoraban su desempeño, el tiempo por unidad se reduce y por tanto impacta en el cálculo del inventario promedio por ciclo. Esta variable por tanto tiene gran impacto dentro del costo de producción.
4. Tomando factores ambientales y elementos como la escasez de productos. Incluso se proponen nuevos modelos llamados SEPC (Sustainable Economic Production Quantity) que incluyen factores ambientales como el costo de las emisiones ocurridas para el proceso de producción, de manejo de inventario obsoleto y de mantenimiento de inventario y abarcan ámbitos como ventas perdidas y manejo de backorders (Taleizadeh, Soleymanfar, y Govindan, 2018).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Establecimiento de la capacidad y balanceo de las líneas

La línea de producción bajo la configuración actual consta de una línea de fabricación y cuatro líneas de llenaje, descritas en la tabla 1:

Tabla 1: Descripción de la línea de producción

Tipo	Línea	Formato
Fabricación	Mezclador	Polvo y Pasta
Llenaje	Enzo A	Display Pasta
	Enzo B	Display Pasta
	Flexi C	Sobre Grande Polvo
	Flexi D	Sobre Pequeño Polvo

Elaborado por: Autor

Siendo las líneas de llenaje Enzo A y Enzo B capaces de producir los mismos SKUs.

Para poder determinar la capacidad del área, es importante arrancar con el establecimiento de la capacidad máxima y la ocupación de cada una de las líneas. La base de tiempo para este estudio y uso de la fábrica será de manera anual.

El período de tiempo para el cálculo de este y varios parámetros se basan en el período del año 2019. Actualmente se cuentan con dos fuentes de datos en la compañía para los procesos de manufactura:

- SAP – ERP: Mediante este sistema se registran a partir de los registros de línea información asociada a la producción efectiva y los tiempos globales. SAP cuenta con varios tipos de reporte BW, dependiendo de la información requerida.

- SAM – Stoppage Analysis Module: Se trata de una app desarrollada internamente por la compañía en el que se ingresa únicamente el detalle de los paros planeados, pérdidas de eficiencia y horas de producción efectiva.

Ambas bases se alimentan con la información recibida a través de las cartas máquina de cada uno de los turnos para cada una de las líneas de la fábrica. Para el cálculo de la capacidad, indicadores y herramientas de este capítulo se utilizarán los valores semanales correspondientes a las 52 laboradas durante el 2019.

Los datos históricos que se necesitan en primera instancia para estos cálculos y su fuente se presentarán en la tabla 2:

Tabla 2: Descripción de la base de datos

Información	Unidad	Base de Datos	Detalle
Eficiencia	%	SAP	Reporte BW - Y6TP3MC0Q_RELIABILITY_00
Paros Planeados - Mantenimiento	Horas	SAM	Reporte Detalle de los Eventos del Paro
Paros Planeados - Cambios de Formato - Arranques - Cierres - Cambios de formato - Operacionales	Horas	SAM	Reporte Detalle de los Eventos del Paro
Velocidad de Producción	Kg/h; cj/h	SAP	Reporte R3 - C223 Master Recipe
Producción Esperada para la Venta	Ton	SAP	Enviado por Planificación de la Demanda
BOM de Materiales	Consumo/ 10 cajas	SAP	Reporte BW - YGTTTTP015 desviación de material
Dimensiones de los Materiales	varía	Manual	Toma manual en bodega

Elaborado por: Autor

3.2. Establecimiento de la Eficiencia por SKU

De acuerdo al reporte semanal de SAP, se realizaron agrupaciones de SKU respecto a la línea donde se fabrican, se recurre al uso de diagramas de cajas en Minitab con el fin de establecer outlayers y la dispersión de los datos que respalden el uso de valores promedio. Los resultados para el período semanal del año 2019, se muestran en los siguientes gráficos:

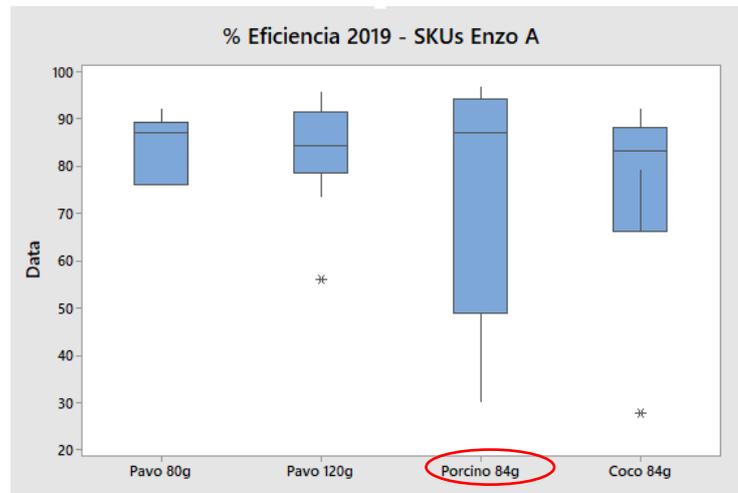


Gráfico 1: Porcentaje de eficiencia ENZO A
Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA
Elaborado por: Autor

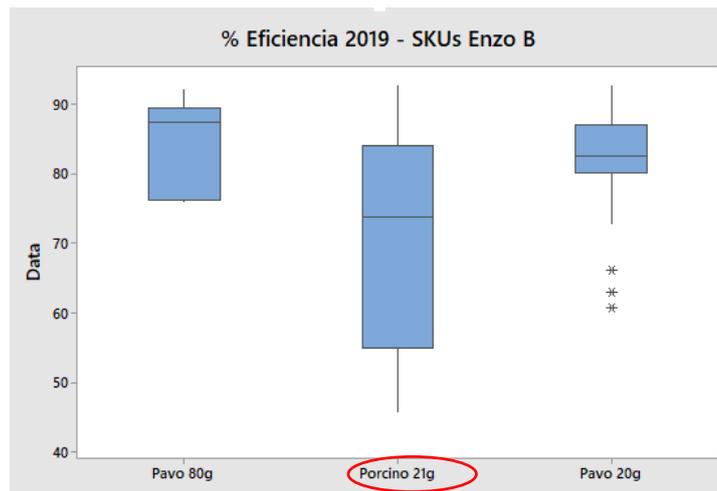


Gráfico 2: Porcentaje de eficiencia ENZO B
Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA
Elaborado por: Autor

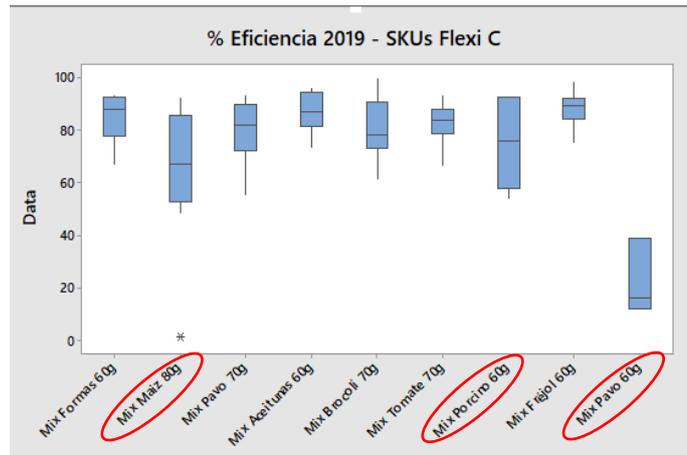


Gráfico 3: Porcentaje de eficiencia FLEXI C
Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA
Elaborado por: Autor

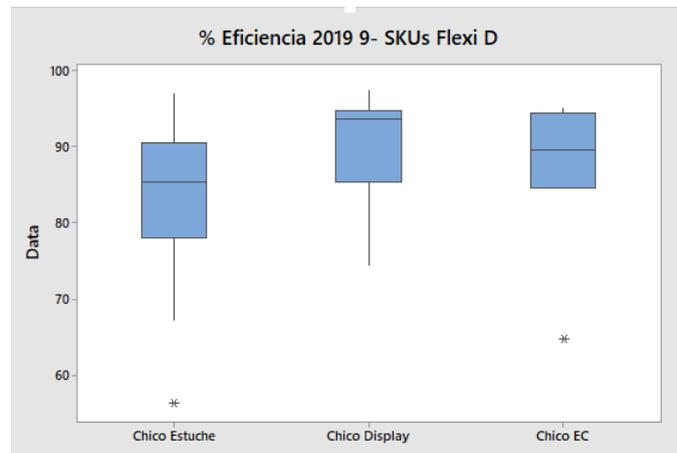


Gráfico 4: Porcentaje de eficiencia FLEXI D
Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA
Elaborado por: Autor

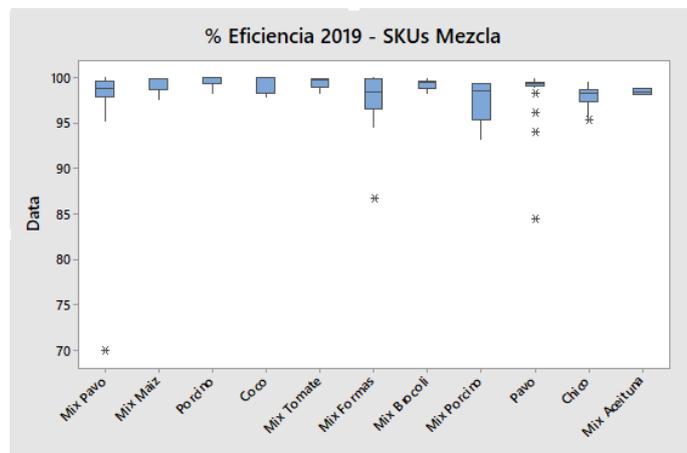


Gráfico 5: Porcentaje de eficiencia MEZCLA
Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA
Elaborado por: Autor

Se puede observar que, para la mayoría de los SKUs, los datos son estables, por lo que tomar el valor promedio semanal (eliminando los datos aberrantes) es un dato confiable y apegado a la realidad de la línea.

Por otro lado, se identifican casos de SKUs que requieren una mayor profundidad para la toma de la decisión:

- Porcino 84g para Enzo A, por su amplia dispersión. Se procede al análisis de su gráfica de serie de tiempo y se concluye una estabilidad a partir de la semana 22, por lo que el valor a establecer será el promedio a partir de esa semana.

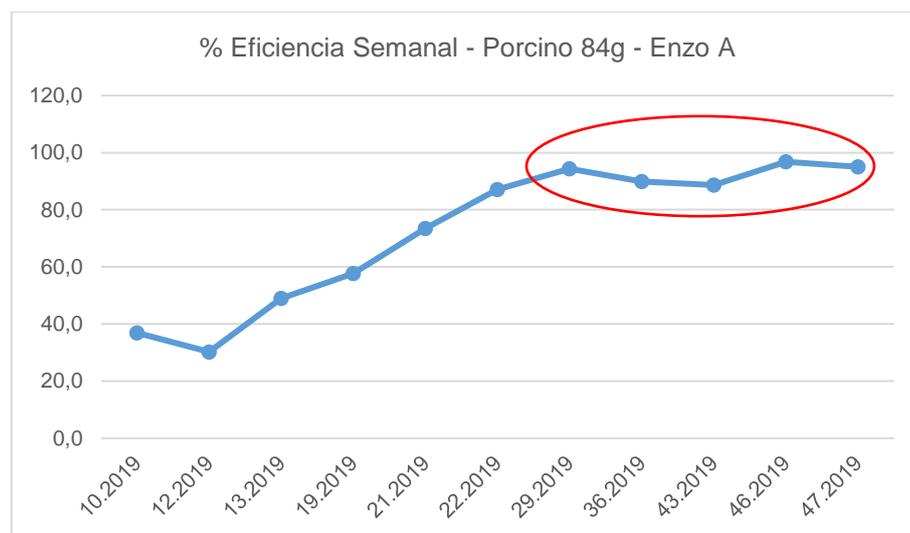


Gráfico 6: Porcentaje de eficiencia semanal porcino 84g – ENZO A
Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA
Elaborado por: Autor

- Porcino 21g para Enzo B, Mix Maíz 80g y Mix Porcino 60g para Flexi C. Por su amplia dispersión se procede al análisis de su gráfica de serie de tiempo, pero a diferencia del caso anterior, no se ven grupos de datos, sino amplia variabilidad. Se decide establecer como valor final al promedio de los datos, cuyos resultados se muestran en los gráficos 7, 8 y 9.

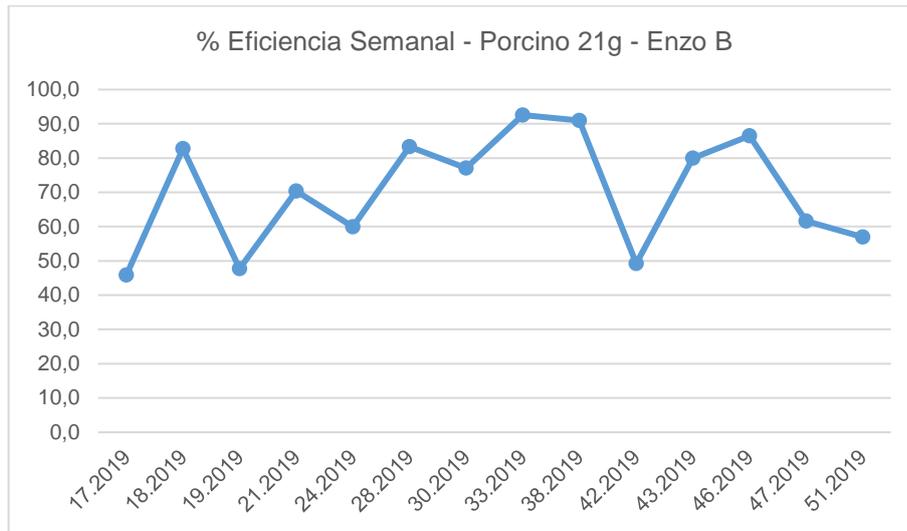


Gráfico 7: Porcentaje de eficiencia semanal porcino 21g – ENZO B

Fuente: Registros de la compañía LA COSTENITA

Elaborado por: Autor

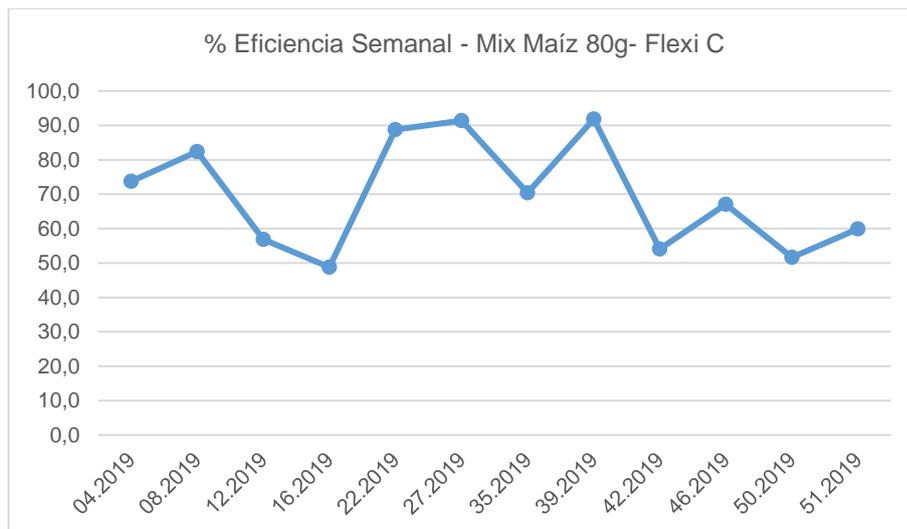


Gráfico 8: Porcentaje de eficiencia semanal maíz 80g – FLEXI C

Fuente: Registros de la compañía LA COSTENITA

Elaborado por: Autor

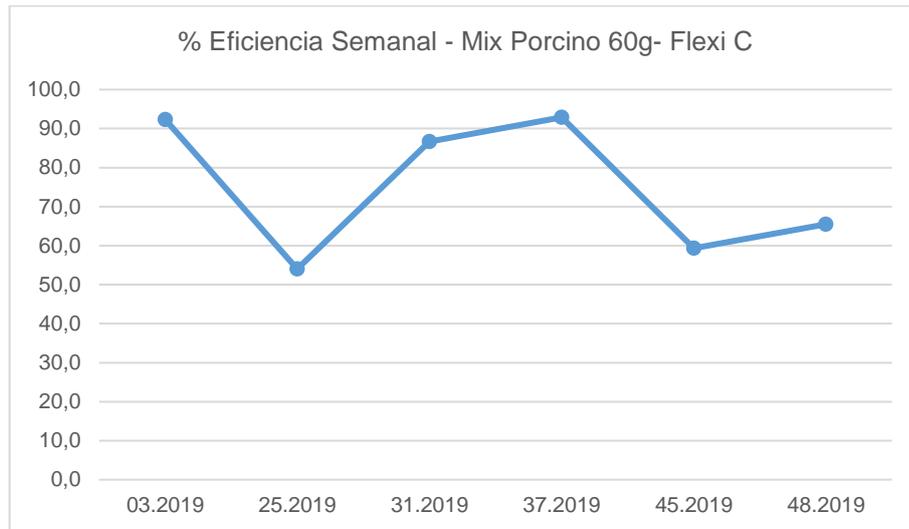


Gráfico 9: Porcentaje de eficiencia semanal mix porcino 60g – FLEXI C
Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA
Elaborado por: Autor

- Mix Porcino 60g para Flexi C. Luego de revisar con el equipo de producción se trata de un nuevo producto que cuenta con solo 3 producciones y que no tuvo buen desempeño. Las oportunidades encontradas ya fueron corregidas al final del año y se espera una mejor eficiencia. Se decide colocar la eficiencia usada para nuevos proyectos: 80%.

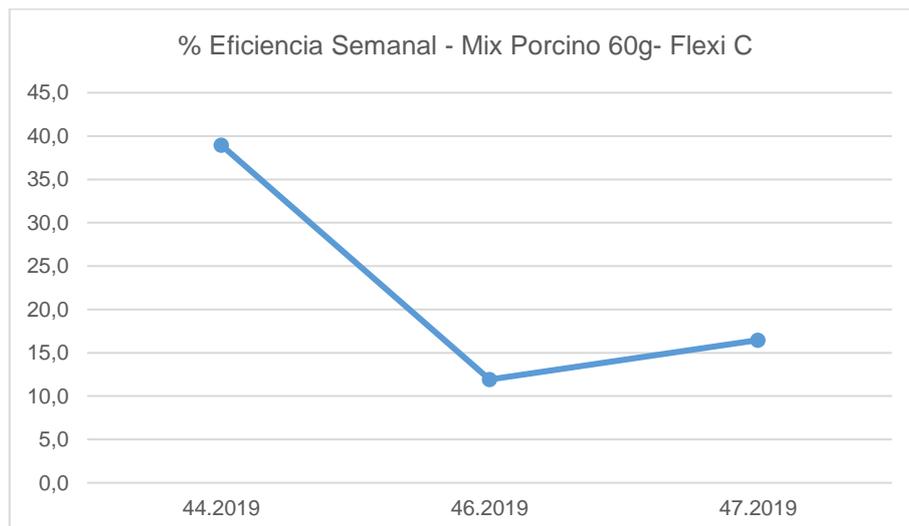


Gráfico 10: Porcentaje de eficiencia semanal mix porcino 60g – FLEXI C
Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA
Elaborado por: Autor

- Las eficiencias por cada SKU y por cada línea quedan entonces de la siguiente manera, como se evidencia en la tabla 3:

Tabla 3: Porcentajes de eficiencia por SKU y línea de producción

Línea	Proyecto	Eficiencia %	Producción Esperada (Tons)	Tasa de Producción	
				kg/h	cj/h
Enzo A	Pavo 80g	83,8	235	166	10
	Pavo 120g	85,1	410	168	10
	Porcino 84g	92,0	79	176	10
	Coco 84g	85,0	17	176	10
Enzo B	Porcino 21g	70,4	56	169	14
	Pavo 80g	83,8	45	163	13
	Pavo 20g	84,3	576	162	13
Flexi C	Mix Formas 60g	85,2	203	285	33
	Mix Maíz 80g	69,7	25	375	33
	Mix Pavo 70g	79,7	70	342	33
	Mix Aceitunas 60g	86,9	21	285	33
	Mix Brócoli 70g	80,7	42	333	33
	Mix Tomate 70g	82,8	145	333	33
	Mix Porcino 60g	75,1	19	285	33
	Mix Fréjol 60g	88,2	135	285	33
	Mix Pavo 60g	80,0	21	285	33
Flexi D	Chico Estuche	84,3	93	126	16
	Chico Display	90,4	255	133	14
	Chico EC	90,9	253	126	13
Mezcla	Mix Pavo	98,7	72	1.151	-
	Mix Maíz	99,4	25	819	-
	Porcino	99,7	139	1.200	-
	Coco	99,4	17	1.200	-
	Mix Tomate	99,5	148	849	-
	Mix Formas	98,0	136	923	-
	Mix Brócoli	99,3	43	964	-
	Mix Porcino	97,6	7	805	-
	Pavo	99,3	1.487	1.200	-
	Chico	98,1	649	1.800	-
Mix Aceituna	98,5	8	923	-	

Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA

Elaborado por: Autor

3.3. Velocidad de Fabricación y Plan de Producción Esperado por SKU

Para estos valores, a diferencia de recurrir a históricos de SAP, se recurre a dos transacciones. Para el caso de Velocidad Máxima o Tasa Máxima de Producción se trata de un valor establecido ya por el proveedor de cada máquina para cada SKU que depende de su tamaño y especificaciones.

Está basado en la capacidad de llenaje o el output de cada máquina. Esta velocidad, usualmente dada en golpes/min, sobres/min, paquetes/min es convertida en kg/h y puede ser obtenida en la receta del SKU a través de una consulta de SAP. Este valor es validado anualmente por el departamento técnico.

Para los valores de producción esperada, se trata de los valores pronósticos de venta para todo el 2019. Es definido y compartido por parte del departamento de Planificación de la Demanda y cuenta con ajustes trimestrales para dar una visibilidad a tiempo hacia fábrica en caso de variabilidad de la demanda.

Las velocidades de fabricación esperada máxima, velocidad esperada por afectación de ineficiencias y plan de producción esperado por SKU por cada línea quedan entonces de la siguiente manera:

Tabla 4: Velocidad de fabricación y plan de producción esperado

Línea	Producto	Eficiencia %	Producción Esperada (Tons)	Tasa de Producción Máxima		Tasa de Producción afectada por la eficiencia	
				kg/h	cj/h	kg/h	cj/h
Enzo A	Pavo 80g	83,8	235	166	10	139	8
	Pavo 120g	85,1	410	168	10	143	9
	Porcino 84g	92,0	79	176	10	162	9
	Coco 84g	85,0	17	176	10	150	9
Enzo B	Porcino 21g	70,4	56	169	14	119	10
	Pavo 80g	83,8	45	163	13	137	11
	Pavo 20g	84,3	576	162	13	137	11
Flexi C	Mix Formas 60g	85,2	203	285	33	243	28
	Mix Maíz 80g	69,7	25	375	33	262	23
	Mix Pavo 70g	79,7	70	342	33	273	26
	Mix Aceitunas 60g	86,9	21	285	33	248	29
	Mix Brócoli 70g	80,7	42	333	33	268	27
	Mix Tomate 70g	82,8	145	333	33	275	27
	Mix Porcino 60g	75,1	19	285	33	214	25
	Mix Fréjol 60g	88,2	135	285	33	252	29
	Mix Pavo 60g	80,0	21	285	33	228	26
Flexi D	Chico Estuche	84,3	93	126	16	106	13
	Chico Display	90,4	255	133	14	120	12
	Chico EC	90,9	253	126	13	115	12
Mezcla	Mix Pavo	98,7	72	1.151	-	1.136	-
	Mix Maíz	99,4	25	819	-	814	-
	Porcino	99,7	139	1.200	-	1.196	-
	Coco	99,4	17	1.200	-	1.192	-
	Mix Tomate	99,5	148	849	-	845	-
	Mix Formas	98,0	136	923	-	905	-
	Mix Brócoli	99,3	43	964	-	957	-
	Mix Porcino	97,6	7	805	-	785	-
	Pavo	99,3	1.487	1.200	-	1.192	-
	Chico	98,1	649	1.800	-	1.765	-
Mix Aceituna	98,5	8	923	-	909	-	

Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA

Elaborado por: Autor

3.4. Establecimiento de los paros planeados por línea

Una vez que se han establecido los parámetros a nivel de SKU, ahora es necesario establecer los relacionados a nivel de línea, es decir que no dependen de los SKUs sino de la forma como se programa la línea: paros planeados.

En la fábrica objeto de estudio, existen dos tipos de paros planeados o planificados:

- **Mantenimiento:** Tiempo en el cuál la máquina es intervenida por parte del equipo de ingeniería para actividades de mantenimiento preventivo o correctivo. No está relacionada con la producción.
- **Otros Paros Planeados:** Se refieren a las actividades de arranque, cierre, limpiezas, operacionales y cambios de referencia y están relacionados a los ciclos de producción.

Ambos tipos son registrados en el sistema SAM al final de cada turno teniendo como fuente las cartas máquina gestionada por los operadores. De acuerdo al reporte semanal de SAM, realizamos agrupaciones de Líneas respecto al tipo de Paro Planeado que ha sido ejecutado. Nuevamente se recurre al uso de diagramas de cajas en Minitab con el fin de establecer outliers y la dispersión de los datos que respalden el uso de valores promedio. Los resultados para el período semanal del año 2019, se muestran en el gráfico 11:

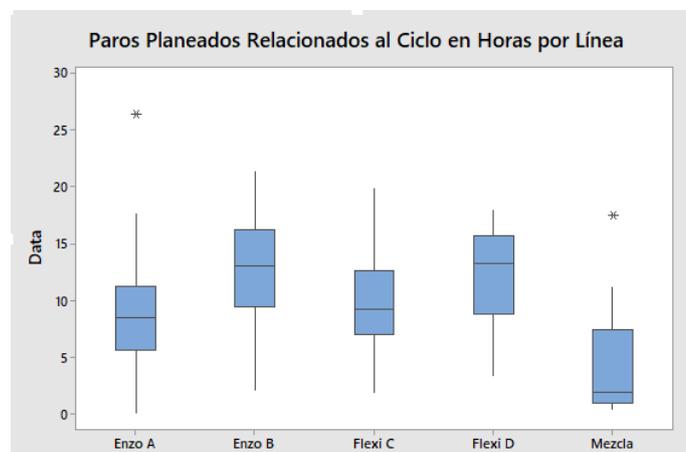


Gráfico 11: Paros planeados por línea
Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA
Elaborado por: Autor

Se puede observar que, para todas las líneas, los datos son estables, por lo que tomar el valor promedio semanal (eliminando los datos aberrantes) es un dato confiable y apegado a la realidad de la línea. Los valores fueron validados con el departamento de producción y planificación.

En lo que respecta a valores de Mantenimiento, basado en el mismo reporte anualizado de SAM se puede encontrar los valores por línea. Estos valores fueron validados por el departamento de ingeniería y planificación y dependen del estado y uso de las máquinas.

Entonces, ambos tipos de Paro Planeado, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5: Paros planeados por año

Línea	Mantenimiento Horas / Año	Otros Paros Horas / Semana
Enzo A	116	8,73
Enzo B	200	12,62
Flexi C	164	10,20
Flexi D	165	12,57
Mezcla	9	3,65

Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA

Elaborado por: Autor

Con estos datos se completan los requerimientos para el establecimiento de la capacidad de las líneas, su balanceo y estimación de indicadores críticos de gestión.

Para poder determinar la capacidad del área, es importante arrancar con el establecimiento de la capacidad máxima y la ocupación de cada una de las líneas. La base de tiempo para este estudio y uso de la fábrica será de manera anual.

Se revisará entonces el cálculo de estos parámetros para la línea Flexi D para luego realizar la respectiva réplica para el resto de las líneas.

Para el cálculo de la capacidad máxima, primero se establece el tiempo máximo disponible, que en este caso serían 8784 h (366 días * 24h), para luego establecer el escenario más complejo en términos de paros planeados:

Tabla 6: Paros planeados por año para línea FLEXI D

Descripción Paro	Duración (h)
Mantenimientos fijos	165
Cambios de Formato - Arranques - Cierres - Cambios de formato - Operacionales	761
Total Paros Planeados Máximo	926

Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA

Elaborado por: Autor

Bajo este escenario luego de los paros planeados, quedan 7.858 h disponibles para producir.

Luego se define la tasa de producción esperada o afectada por la eficiencia de toda la línea, basada en los datos históricos de un año completo. Primero se definen los SKUs que van a ser producidos, así como información relacionada a su velocidad de producción y eficiencia efectiva promedio, esto con el fin de definir el tiempo de producción efectiva que tomará realizar toda la producción. Los resultados del cálculo para la línea Flexi D se evidencian en la tabla 7:

Tabla 7: Indicadores de producción para línea FLEXI D

SKU	Volumen Anual (tons)	% de Producción (%)	Tasa de Producción Máxima (tons/h)	Eficiencia Promedio (%)	Tiempo de Producción Efectiva (h)	Tiempo Producción Neta (H)	Tasa de Producción Afectada por la Eficiencia (h)
Chico Estuche	93	15,5%	0,126	84,3%	738	875	0,106
Chico Display	255	42,4%	0,133	90,4%	1.915	2.118	0,120
Chico EC	253	42,1%	0,126	90,9%	2.008	2.209	0,115
Total	601	100,0%	0,1289	89,6%	4.661	5.202	0,116

Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA

Elaborado por: Autor

La tasa esperada de producción de la línea efectiva es de 0,116 tons/h, por lo que la capacidad máxima anual de la línea será la cantidad de producto que se pueda fabricar en las 7.858 h a la mencionada tasa, siendo 908 tons/año.

Realizando las respectivas réplicas, en la tabla 8, se muestra la capacidad máxima de las líneas de producción y se establece que el área de llenaje como cuello de botella:

Tabla 8: Capacidades máximas por línea

Línea	Tipo	Formato	Capacidad Máxima
Mezclador	Fabricación	Polvo y Pasta	10.025 tons
Enzo A	Llenaje	Display Pasta	1.155 tons
Enzo B		Display Pasta	1.068 tons
Flexi C		Sobre Grande Polvo	2.086 tons
Flexi D		Sobre Pequeño Polvo	908 tons

Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA

Elaborado por: Autor

Para el cálculo de la ocupación se requieren cálculos similares, siendo la principal diferencia los tiempos de paro planeado ya que esta vez será bajo el escenario de las toneladas requeridas, como lo muestra la tabla 9:

Tabla 9: Cálculo de tiempo de paro esperado

Descripción Paro	Duración (h)
Mantenimientos	165
Cambios de Formato - Arranques - Cierres - Cambios de formato - Operacionales	608
Total	773

Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA

Elaborado por: Autor

Por lo tanto, el tiempo que la línea va a estar ocupando capacidad ya sea produciendo, intentando producir (5.202 h) o en actividades de paro planeado (773 h) es de 5.975 horas, siendo su ocupación vs el tiempo total de 8.784 h anuales un valor de 68,02%.

Para el caso de las máquinas Enzo A y B es necesario realizar un previo trabajo de balanceo. Para realizar este trabajo es necesario:

- 8) Definir los SKUs que serán designados a cada máquina basado en
 - a. La máquina en la que presente mayor output efectivo
 - b. la secuencia que brinde un mejor aprovechamiento de los tiempos cambios de formato
- 9) Establecer la cantidad de cada SKU que va a ser fabricado en cada máquina

Existen tres tipos de SKUs asociados con las máquinas Enzo A y B:

- 20 – 21gr (Enzo B)
- 80 - 84 gr (Enzo A y B)
- 120 gr (Enzo A)

Por lo que los SKUs de 80 y 84 gr (Porcino, Coco y Pavo) son aquellos que van a facilitar el balanceo, ya que es un formato que se fabrica en ambas líneas. Un factor relevante para la decisión de cómo distribuirlos será el tonelaje esperado de ventas. Así:

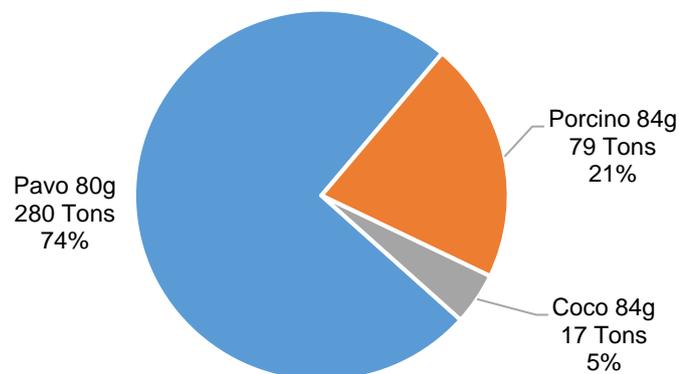


Gráfico 12: Volumen de ventas para formato 80-84 g (en toneladas)

Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA

Elaborado por: Autor

Ambas máquinas brindan un mismo output para las estas referencias, por lo que la decisión para arrancar el balanceo es de la siguiente forma:

- Enzo A: Todos los sabores asociados a los formatos 80-84g
- Enzo B: Solo el sabor Pavo

Antes de definir la cantidad asignada a cada máquina, es importante definir secuencia óptima de producción que ayude a la reducción de cambios de referencia. Por lo que se desarrolla una matriz que muestre las combinaciones posibles para estos tiempos, así como una propuesta de programación que cubra el 100% de los SKUs en el menor tiempo posible, como se muestra en las tablas 10a y 10b:

Tabla 10a: Secuencia óptima de producción para ENZO A

ENZO A		A:			
		Porcino 84g	Coco 84g	Pavo 80g	Pavo 120g
De:	Porcino 84g		2,5 h	2,5 h	8 h
	Coco 84g	2,5 h		2,5 h	8 h
	Pavo 80g	2,5 h	2,5 h		8 h
	Pavo 120g	8 h	8 h	8 h	

De	Hacia	Tiempo
Pavo 120g	Pavo 80g	8 h
Pavo 80g	Porcino 84g	2,5 h
Porcino 84g	Coco 84g	2,5 h
Coco 84g	Pavo 120g	8 h
	TOTAL	21 h

Tabla 10b: Secuencia óptima de producción para ENZO B

ENZO B		HACIA		
		Porcino 21g	Pavo 20g	Pavo 80g
De:	Porcino 21g		2,5 h	16 h
	Pavo 20g	2,5 h		16 h
	Pavo 80g	16 h	16 h	

De	Hacia	Tiempo
Pavo 20g	Porcino 21g	2,5 h
Porcino 21g	Pavo 80g	16 h
Pavo 80g	Pavo 20g	16 h
	TOTAL	34,5 h

Fuente: Registros de la compañía LA COSTENITA

Elaborado por: Autor

No necesariamente se van a realizar todas las semanas todas las referencias, ya que dependerá de la demanda, pero muestra las posibles combinaciones que permitan minimizar las pérdidas por estos tiempos.

Finalmente, una vez establecidos el número medio esperado de cambios de formato semanal, se puede definir ya un valor esperado de tiempos de paros planeados, lo que permite definir el volumen asignado a cada máquina que permita un balance adecuado, quedando un volumen de 240 Tons para Enzo A y 40 Tons para Enzo B.

Se puede evidenciar entonces que luego de ajustar los volúmenes, ambas líneas quedan con una ocupación de 65,3% y un tiempo ocupado de 5.738 horas, ambos valores promedio.

Esta ocupación muestra que quedan disponibles para cada máquina 3.046 horas al año (127 días), lo que implica que se puede ahorrar el costo de horas extras debido a trabajos de producción durante el fin de semana y festivos.

Realizando nuevamente las respectivas réplicas en el resto de las máquinas, la utilización queda así:

Tabla 11: Capacidad máxima disponible por línea

Línea	Tipo	Formato	Capacidad Máxima	Utilización
Mezclador	Fabricación	Polvo y Pasta	10.025 tons	28,20%
Enzo A		Display Pasta	1.155 tons	65,20%
Enzo B	Llenaje	Display Pasta	1.068 tons	65,50%
Flexi C		Sobre Grande Polvo	2.086 tons	36,80%
Flexi D		Sobre Pequeño Polvo	908 tons	68,02%

Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA
Elaborado por: Autor

3.5. Establecimiento de la Tasa de Producción e Indicadores de Rendimiento

Con la distribución de los SKUs ya definido para cada línea, otro elemento que se vuelve necesario para la implementación es el de establecer cuatro indicadores básicos, para que, a través de su seguimiento y mejora, incrementar la capacidad de las líneas y poder apalancar el crecimiento del negocio, se trata de:

- Ratio de producción promedio de la línea
- % Eficiencia
- % Pérdidas por Eventos inesperados (% Ineficiencia)
- % Paros Planeados

Para la definición de la ratio de producción promedio de la línea, se tomará algunos elementos utilizados para el cálculo de la capacidad y la ocupación, se trata de la cantidad esperada, la tasa de producción y eficiencia para cada SKU.

Tomando en cuenta los datos mostrados en la tabla 6 para la línea Flexi D, se evidencia que la tasa de la línea, basado en el tiempo neto requerido para fabricar cada SKU es de 0,116 tons/h, o lo que es igual 116 kg/h. La suma de las horas de producción efectiva y neta de producción para cada SKU da como resultado el valor de línea, siendo 4.661 horas de producción efectiva y 5.202 horas de producción neta (tiempo que toma en cuenta las pérdidas por ineficiencias de la línea).

Realizando nuevamente las respectivas réplicas en el resto de las máquinas, la tasa de producción promedio, horas de producción efectiva y neta se observan en la tabla 12:

Tabla 12: Capacidad máxima disponible por línea

Línea	Tipo	Ratio de Produc kg/h	HPE (horas)	HNP (horas)
Mezclador	Fabricación	1.226	2.206	2.228
Enzo A	Llenaje	143	4.434	5.199
Enzo B		135	4.123	4.969
Flexi C		255	2.233	2.674
Flexi D		116	4.661	5.202

Fuente: Registros de la compañía LA COSTENITA

Elaborado por: Autor

Para el cálculo de la Eficiencia de línea, cálculo que muestra que tan bien la línea ha trabajado sin eventos inesperados es la división entre las horas de producción efectiva vs las horas netas de producción, siendo para el caso de Flexi D, 4.661 entre 5.202 resultando una eficiencia de 91,4%, por lo que el porcentaje de pérdidas de eficiencia está en 8,6%.

En lo que se refiere a los Paros Planeados, se observan los tiempos esperados de acuerdo con el tonelaje esperado. Para el caso de Flexi D se trata de 755 h, por lo que el porcentaje del indicador sería ese valor dividido para la suma de los paros planeados más las horas netas de producción (5.104), es decir, las horas brutas de producción ($755 / (755 + 5.104) = 12,9\%$). En la tabla 13, se presentan los resultados de las tasas de producción e indicadores de rendimiento calculados para el presente caso de estudio:

Tabla 13: Tasas de producción e indicadores de rendimiento

Línea	Tipo	Ratio de Producción kg/h	HPE (horas)	HNP (horas)	PP (Horas)	HBP (horas)	Eficiencia %	Pérdida de Eficiencia %	Paros Planeados %
Mezclador	Fabricación	1.226	2.206	2.228	250	2.478	99,0%	1,0%	10,1%
Enzo A	Llenaje	143	4.434	5.199	524	5.723	85,3%	14,7%	9,2%
Enzo B		135	4.123	4.969	784	5.753	83,0%	17,0%	13,6%
Flexi C		255	2.233	2.674	555	3.229	83,5%	16,5%	17,2%
Flexi D		116	4.661	5.202	773	5.975	89,6%	10,4%	12,9%

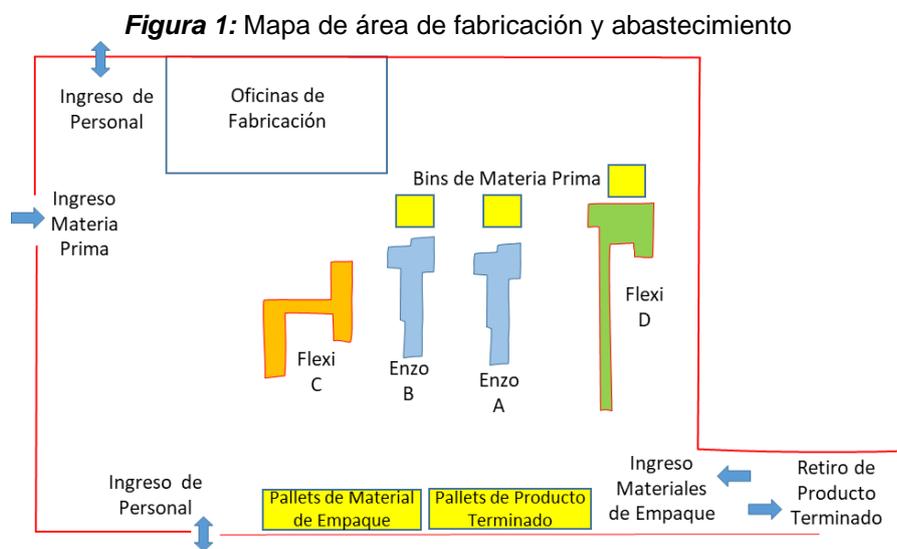
Fuente: Registros de la compañía LA COSTENITA

Elaborado por: Autor

3.6. Implementación de 5S

3.6.1. Clasificar, Ordenar y Limpiar

Las 3S primeras, deben ser implementadas en conjunto, ya que ayudan a establecer el “estándar” en el que debe permanecer un área de trabajo. El alcance de la implementación cubre el área de fabricación y abastecimiento de materiales que está compuesto de la siguiente manera:



Elaborado por: Autor

El área cuenta con 4 máquinas de empaque, 1 oficina de fabricación, zonas para ubicación de materia prima, material de empaque, producto terminado. Cada máquina cuenta con área para ubicación de herramientas, piezas, componentes y elementos de limpieza. Las áreas de circulación son para personas y para yales para el movimiento de materiales.

Para la implementación en primer lugar, se arranca con una sesión de arranque en la que se reúne al personal de fabricación y se explica sobre la implementación, por qué es importante y lo más relevante sobre los beneficios que va a traer hacia las actividades del día a día. En esa sesión también se inicia el plan de entrenamiento para que el personal conozca la forma adecuada para ejecutar la implementación.

Primero, para la parte de clasificar se establecen varios frentes: la máquina, los materiales de trabajo y el área de trabajo. El objetivo principal es el de evaluar la necesidad y permanencia de cada ítem del área, con el fin de asegurar contar únicamente con los elementos que se necesitan en la cantidad que se necesita.

Se implementa entonces la Zona Roja, lugar físico donde se colocan los materiales que cumplen alguno de los siguientes requisitos:

- Elementos que no pertenecen/necesiten/usen en el área o máquina
- Excedente de la cantidad necesaria
- Elementos dañados que pueden ser reparados
- Elementos que no se tenga certeza sobre su uso o necesidad

Cada uno de los elementos es etiquetado con una tarjeta en el que se describe el por qué se encuentra en la zona roja, el plan de descarte del área que debe ser llevado a cabo, el responsable y la fecha. Se designa un responsable de dar seguimiento al cierre de planes. Los elementos que se encuentran dañados sin posibilidad de reparación o elementos para descartar no se colocan en la zona roja, si no descartados de acuerdo con el sistema de manejo de desperdicios. Este barrido abarca también con las máquinas y sus componentes.

Los elementos no deben permanecer en la zona roja por más de 40 días, de lo contrario son descartados.

Parte del ejercicio muestran elementos como herramientas, implementos de limpieza rota o inservible, residuos de materiales de empaque, equipo de protección personal inservible, entre otros.

Figura 2: Etiqueta roja – área de fabricación

Etiqueta Roja			
Categoría	Equipos Partes de equipos Herramientas Instrumentos de medición Suministros Materias primas Materiales de empaque	<input type="checkbox"/> Semi-elaborados <input type="checkbox"/> Productos terminados <input type="checkbox"/> Documentos <input type="checkbox"/> Materiales de oficina <input type="checkbox"/> Papelería <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Cual? _____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Nombre elemento			
Cantidad	Unidad (es)	Valor	\$
Razón	No es necesario No se usa a menudo Duplicado Defectuoso/Obsoleto	<input type="checkbox"/> Material de desecho <input type="checkbox"/> Uso desconocido <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Cual? _____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Dispuesto por			
Método de disposición	Descartar/eliminar Reparar y mantener Reubicar el lugar de almacenamiento local Reubicar en un sitio de almacenamiento externo Transferir a otra área/Donar Otro . Cual?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Fecha	Etiquetado		
	Disposición		
Etiqueta N°			

Elaborado por: Autor

Los elementos que quedan en el área son identificados e inventariados: cualquier excedente no formará parte del área.

Luego arranca el proceso de ordenar, es decir, para cada elemento del área se establece un lugar, el cuál debe ser accesible, visible, identificado y ubicado de acuerdo con la necesidad del operador.

Para el área de fabricación se establecieron como críticos las herramientas utilizadas para los cambios de formato y ajustes, implementos de limpieza, equipo de protección personal, consumibles y materiales de empaque. Cada uno de estos fue colocado en una ubicación específica con su respectivo inventario.

Figura 3: Casillero de herramientas – Flexi C



Fuente: Empresa LA COSTEÑITA

Figura 4: Estación de implementos de limpieza



Fuente: Empresa LA COSTEÑITA

Se vio también la necesidad de implementar gestión visual en el área para identificar área de tránsito de personal, flujo de materiales, cantidad máximas y mínimas para el consumo de materiales, señalética de seguridad y calidad, ubicación de maquinaria, estación para descarte de materiales.

El objetivo principal de demarcar el área donde se ubican los materiales tiene dos fines:

- 1) Que solo se encuentra la cantidad necesaria,
- 2) Que de un solo vistazo, se pueda identificar faltantes y procesar su recuperación o reposición.

Finalmente, el proceso de limpieza y restauración por tres motivos:

- 1) Reducir riesgos de seguridad del personal y alimentaria
- 2) Conservar y alargar la vida útil de edificios, elementos de trabajo y maquinarias y
- 3) Inspeccionar el estado de área y máquinas en caso de anomalías y reportarlas para su gestión.

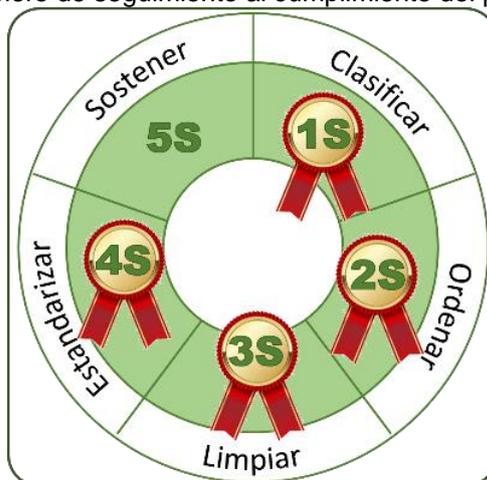
Se realizan sesiones de limpieza para dejar el área y máquinas libre de suciedad ya sea causada por el ambiente o por el tipo de proceso a los que están sujetos los materiales. Se entrena y sensibiliza también a los operadores como parte de este proceso, en la identificación de fuentes de suciedad, tanto a nivel de área como de máquina, nuevamente con el fin de ayudar a mantener el área limpia, no por limpiar más, sino por ensuciar menos. Se establecen planes de acción para eliminar, reducir o contener estas fuentes de suciedad.

Adicionalmente se busca también restaurar las condiciones básicas del área como estado de pisos, techos, paredes; de las herramientas utilizadas para los cambios de formato y ajustes, implementos de limpieza, equipo de protección personal, consumibles. De igual manera con los componentes de la máquina: que cumplan con la función para el cuál fue diseñado.

El principal pensamiento que debe prevalecer en esta parte de la implementación es que se cuentan con recursos limitados, por lo tanto, se debe establecer y priorizar cuales son los elementos que requiere atención urgente debido a su potencial impacto en la seguridad, calidad o productividad. El 100% de las desviaciones son reportadas, discutidas, priorizadas y cuentan con un plan de acción.

Una vez culminado este proceso de clasificar, ordenar y limpiar el área y máquinas de trabajo y de sensibilizar y entrenar al personal, se puede decir que estamos listo para establecer estándares que ayuden a conservar el área de la manera como se ha establecido luego de estas jornadas productivas.

Figura 5: Tablero de seguimiento al cumplimiento del plan 5S



Elaborado por: Autor

3.6.2. Estandarizar y Sostener

Hasta la 3S se trabajó mucho es establecer el área en la manera como debe estar; para mantenerla y mejorar se requiere desarrollar una cultura de trabajo. Es aquí donde se implementan la 4S y 5S.

Para poder generar una cultura, lo primero que se tiene que establecer es una forma estándar y única de cumplir con una actividad. Esto genera estabilidad, predictibilidad y facilidad para retar y mejorar el sistema.

En este caso se levantan estándares que al igual que en los pasos anteriores, los equipos de trabajo gestionaron desde dos frentes: área y maquinarias.

Para las máquinas, se levantan estándares de limpieza e inspección, en las cuales se gestiona la siguiente información:

- Fotografía del componente de cómo debe estar (libre de suciedad)
- Nombre del componente
- Método detallado para la limpieza
- Qué inspeccionar durante la limpieza
- Consecuencias de no limpiar (No limpiar por limpiar, sino con un propósito)

- Herramientas / utensilios requeridos para ejecutar la limpieza,
- Consideraciones de Seguridad: Riesgos y EPP
- Duración de la limpieza
- Frecuencia de la limpieza
- Responsable
- Fechas de creación y validación

Para el área de trabajo, se levantan estándares más visuales los cuáles presenta la siguiente información:

- Área
- Fotografía del área / gabinete / estación de cómo debe permanecer
- Detalle descrito de cómo debe quedar y qué inspeccionar
- Responsable
- Frecuencia
- Fechas de creación y validación

Estos documentos son levantados por parte de los operadores, basado en las actividades que realizan en el día a día y es validado por un equipo multidisciplinario de seguridad, calidad y técnico.

Una vez creados los estándares que deberán ser implementados, se prosigue con el entrenamiento hacia el 100% del personal en la validación, uso, seguimiento y mejora continua de los estándares, esto con el fin de asegurar que el proceso se desafía constantemente. Para el seguimiento de los estándares se implementan un checklist de seguimiento al cumplimiento de los estándares como parte del grupo de registros que el personal de fabricación debe gestionar durante el turno de trabajo.

Este checklist cuenta con todas las actividades a ser realizadas durante el turno, mismo documento que servirá en la entrega de turno para discutir desviaciones ocurridas durante el turno. La madurez en los equipos ayudará no solo a discutir las, sino también a levantar acciones que ayuden a mitigar el riesgo

y eliminar la causa raíz. Para que este proceso se realice de forma continua es necesario el acompañamiento por parte de los líderes para ayudar a remover barreras de gestión o de conocimiento.

Es crítico que los operadores cuenten con un espacio de discusión sobre la calidad de la implementación y su impacto en los resultados. Conforme se avanza en el proceso de implementación, se muestran la implementación de tableros físicos o digitales con responsabilidades ya establecidas para discutir el impacto de la implementación de las 5S y el cumplimiento de los estándares sobre los indicadores de seguridad, calidad, productividad y moral dentro del área.

3.7. Implementación de Mizusumashi, Punto de Uso y Supermercado

Esta herramienta, cuyo enfoque principal es el de ayudar en el proceso de agilizar la permanencia del material dentro de la fábrica, es decir, disminuir su lead time comienza con su implementación en este punto ya que se han trabajado ya herramientas de estabilidad de procesos de manufactura como lo es el balanceo de línea y las 5S para una cultura de orden y limpieza. La implementación del punto de uso tiene como principal fin establecer estaciones los más cercanos a la línea de producción para su consumo. Son puntos con cantidades limitadas de materiales, cuyo nivel dependerá de la tasa de consumo.

Por lo tanto, lo primero que se debe establecer para la implementación de esta herramienta es el mapeo de los materiales que se requieren para fabricar cada SKU así como su tasa de consumo, es decir del BOM (Bill of Materials) de cada SKU.

De manera similar, como se obtuvieron los datos de velocidad de producción de cada SKU a través del reporte de BW de SAP, allí mismo se

pueden obtener el listado de materiales para fabricar cada SKU. El reporte nos arroja la cantidad de materiales que requieren para fabricar 10 cajas.

Como se amplió en el capítulo anterior, la idea es que los materiales que deben ser abastecidos desde la bodega sean en cantidades adecuadas y cuenten con una frecuencia establecida de abastecimiento. Es por esto, que solo se va a tener en cuenta los materiales de empaque, ya que la mezcla se alimenta por medio de otro proceso y no manualmente. El reporte muestra que para la implementación de puntos de uso se requiere de la manipulación y picking de 5 tipos de materiales:

- Papel Laminado o Envoltura (12 variantes)
- Bandejas de Cartulina (2 variantes)
- Cartón corrugado (5 variantes)
- Cinta Adhesiva (1 variante)
- Estuches de Cartulina (13 variantes)

La siguiente tabla muestra un resumen de la distribución entre los SKUs, los tipos de materiales y su consumo por cada 10 cajas.

Tabla 14: Resumen distribución por productos

Línea	Producto	Laminado (kg)	Bandejas (unidades)	Corrugado (unidades)	Cintas (metros)	Estuche Primario (unidades)	Estuche Secundario (unidades)
Enzo A	Coco 84g	5,8	150	10		2.100	
	Pavo 120g	5,5	100	10		1.400	
	Pavo 80g	5,5	150	10		2.100	
	Porcino 84g	5,8	150	10		2.100	
Enzo B	Pavo 20g	4,1		10	19	6.240	240
	Pavo 80g	5,5	150	10		2.100	
	Porcino 21g	4,0		10	15	240	5.760
Flexi C	Mix Aceitunas 60g	6,5		10		120	
	Mix Brocolí 70g	6,5		10		120	
	Mix Formas 60g	6,5		10		120	
	Mix Fréjol 60g	6,5		10		120	
	Mix Maiz 80g	6,5		10		120	
	Mix Pavo 60g	6,5		10		120	
	Mix Pavo 70g	6,5		10		120	
	Mix Porcino 60g	6,5		10		120	
	Mix Tomate 70g	6,5		10		120	
Flexi D	Chico Display	3,8		10	17	270	
	Chico EC	3,9		10	79	1.080	
	Chico Estuche	3,1		10	79	1.320	

Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA

Elaborado por: Autor

Con el consumo por cada 10 cajas producidas ya definido, es necesario ahora poder transformarlo en unidades de manipulación.

Por ejemplo, el consumo de laminado por SKU está dado por kg/caja producida, pero el abastecimiento hacia la máquina se dé por rollos de laminado, por lo que el consumo debe ser transformado en unidades de manipulación para poder facilitar el proceso de picking.

De acuerdo al reporte de Desviación de Material de SAP, se descarga el contenido de cada unidad de manipulación, como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 15: Contenido unidad de producción

Material	Carga	Presentación
Bandejas A	700	unidades por caja
Bandejas B	375	unidades por caja
Cinta Adhesiva A	12	unidades por paquete
Corrugado A	25	unidades por bulto
Corrugado B	25	unidades por bulto
Corrugado C		unidades por bulto
Corrugado D	25	unidades por bulto
Corrugado E	30	unidades por bulto
Estuches A	500	unidades por caja
Estuches B	2500	unidades por caja
Estuches C	5400	unidades por caja
Estuches D	5400	unidades por caja
Estuches E	1000	unidades por caja
Estuches G	325	unidades por caja
Estuches H	400	unidades por caja
Estuches I	3600	unidades por caja
Estuches J	5400	unidades por caja
Estuches K	10000	unidades por caja
Estuches M	108	unidades por caja
Estuches Sec A	10000	unidades por caja
Estuches Sec B	1000	unidades por caja
Laminado A	10	Kilos por rollo

(continua)

Material	Carga	Presentación
		(viene)
Laminado B	25	Kilos por rollo
Laminado C	29	Kilos por rollo
Laminado D	25	Kilos por rollo
Laminado E	25	Kilos por rollo
Laminado F	25	Kilos por rollo
Laminado G	25	Kilos por rollo
Laminado H	25	Kilos por rollo
Laminado I	25	Kilos por rollo
Laminado J	25	Kilos por rollo
Laminado K	10	Kilos por rollo

Fuente: Registros de la compañía LA COSTENITA

Elaborado por: Autor

Ahora, basado en la tabla 3 asociada a la Velocidad de Fabricación afectada por la eficiencia, podemos definir el consumo de cada uno de estos materiales por cada 1, 2, 4, 8 horas para poder dimensionar los tamaños de los supermercados en las máquinas, el tamaño del carrito de Mizusumashi y la frecuencia de abastecimiento.

Se expone a continuación el cálculo aplicado a los SKUs de Enzo A, para su posterior réplica para el resto de SKUs:

Tabla 16: Cálculo de SKUs de Enzo A

Linea	SKU	Componente	Consumo / 10 cjs	Unidad	Cantidad Contenido Unidad Compra	Contenido Unidad Compra	Vel Producción Máxima (c/h)	Eficiencia	Vel Afectada Eficiencia Cj/Hr	Consumo			Unidad de Manipulación	
										2 H	4 H	8 H		
Enzo A	Coco 84g	Bandejas A	150	Unid	700	unidades por caja	10,0	85,0%	8,5	1	1	2	Cajas	
		Corrugado E	10	Unid	30	unidades por bulto	10,0	85,0%	8,5	1	2	3	Bultos	
		Estuches C	2.100	Unid	5400	unidades por caja	10,0	85,0%	8,5	1	2	3	Cajas	
		Laminado A	6	KG	10	Kilos por rollo	10,0	85,0%	8,5	1	2	4	Rollos	
		Bandejas B	100	Unid	375	unidades por caja	10,0	85,1%	8,5	1	1	2	Cajas	
		Corrugado E	10	Unid	30	unidades por bulto	10,0	85,1%	8,5	1	2	3	Bultos	
	Pavo 120g	Pavo 80g	Estuches I	1.400	Unid	3600	unidades por caja	10,0	85,1%	8,5	1	2	3	Cajas
			Laminado K	5,544	KG	10	Kilos por rollo	10,0	85,1%	8,5	1	2	4	Rollos
			Bandejas A	150	Unid	700	unidades por caja	9,9	83,8%	8,3	1	1	2	Cajas
		Pavo 84g	Corrugado E	10	Unid	30	unidades por bulto	9,9	83,8%	8,3	1	2	3	Bultos
			Estuches J	2.100	Unid	5400	unidades por caja	9,9	83,8%	8,3	1	2	3	Cajas
			Laminado K	5,544	KG	10	Kilos por rollo	9,9	83,8%	8,3	1	2	4	Rollos
Porcino 84g	Porcino 84g	Bandejas A	150	Unid	700	unidades por caja	10,0	92,0%	9,2	1	1	2	Cajas	
		Corrugado E	10	Unid	30	unidades por bulto	10,0	92,0%	9,2	1	2	3	Bultos	
		Estuches D	2.100	Unid	5400	unidades por caja	10,0	92,0%	9,2	1	2	3	Cajas	
	Laminado A	Laminado A	5,766	KG	10	Kilos por rollo	10,0	92,0%	9,2	2	3	5	Rollos	

Elaborado por: Autor

El siguiente paso para poder determinar la frecuencia de abastecimiento y tamaño del vehículo del Mizusumashi es el establecimiento de los materiales

que más se consumen por unidad de tiempo, es decir, por cada máquina cual es el SKU que más componentes requiere, de manera que tomando ese como el peor escenario, el proceso de picking y capacidad del vehículo aplicará para cualquier otro SKU. También debe tomarse en cuenta que todas las máquinas pueden trabajar de forma simultánea.

Otro elemento que no debe dejarse por fuera en este punto es el del reconocimiento gemba del área de picking, posible ruta y ubicación de los materiales tanto en bodega como junto a las máquinas, esto con el fin de establecer varios puntos:

- Dimensionamiento de las unidades de carga
- Estaciones de picking para que el vehículo pueda abastecerse
- Ruta bajo el cual se transportará el Mizusumashi
- Alternativas de ubicación de materiales para reducir el número de movimientos
- Problemas de espacio y accesibilidad a máquinas

Luego de realizado el análisis para cada SKU por cada línea, se determina cual va a ser el modelo a utilizar para cada una, así como también la propuesta frecuencia de abastecimiento, nuevamente basado en la cantidad y espacio físico que necesitan los materiales a ser abastecidos, cuyos resultados se muestran en la tabla 17:

Tabla 17: Frecuencia de abastecimiento por línea

Linea	SKU	Componente	Consumo / 10 cjs	Unidad	Cantidad Contenido Unidad Compra	Contenido Unidad Compra	Vel Afectada Eficiencia Cj/Hr	Consumo		Unidad de Manipulación	Detalle
								4H	8 H		
Enzo A	Pavo 80g	Bandejas A	150	Unid	700	unidades por caja	8,3	1	2	Cajas	Bandejas
		Corrugado E	10	Unid	30	unidades por bulto	8,3	2	3	Bultos	Corrugado
		Estuches J	2.100	Unid	5400	unidades por caja	8,3	2	3	Cajas	Estuches Display
		Laminado K	5,544	KG	10	Kilos por rollo	8,3	2	4	Rollos	Laminado
Enzo B	Pavo 20g	Corrugado A	10	Unid	25	unidades por bulto	10,3	2	4	Bultos	Corrugado
		Cinta Adhesiva A	19	M	91,44	metros por rollo	10,3	1	2	Cintas	Rollos
		Estuches Sec B	240	Unid	1000	unidades por caja	10,3	1	2	Cajas	Estuches Display
		Estuches K	6.240	Unid	10000	unidades por caja	10,3	3	6	Cajas	Estuches Primario
Flexi C	Mix Fréjol 60g	Laminado K	4,118	KG	10	Kilos por rollo	10,3	2	4	Rollos	Laminado
		Corrugado C	10	Unid	25	unidades por bulto	29,4	5	10	Bultos	Corrugado
		Estuches G	120	Unid	325	unidades por caja	29,4	5	9	Cajas	Estuches Bandeja
		Laminado E	6,450	KG	25	Kilos por rollo	29,4	4	7	Rollos	Laminado
Flexi D	Chico Estuche	Corrugado B	10	Unid	25	unidades por bulto	13,4	3	5	Bultos	Corrugado
		Cinta Adhesiva A	79,200	M	91,44	metros por rollo	13,4	5	10	Cintas	Rollos
		Estuches B	1.320	Unid	2500	unidades por caja	13,4	3	6	Cajas	Estuches Display
		Laminado B	3,062	KG	25	Kilos por rollo	13,4	1	2	Rollos	Laminado

Elaborado por: Autor

En donde los elementos seleccionados indican la cantidad de material a ser abastecido y con qué frecuencia. La tabla 18 muestra en resumen, la frecuencia de abastecimiento del material de embalaje:

Tabla 18: Frecuencia de abastecimiento material embalaje

Frecuencia		Unidad de Manipulación	Detalle
4 H	8 H		
5	12	Bultos	Corrugado
15		Cajas	Estuche / Bandeja
	12	Cintas	Rollos
9		Rollos	Laminado

Elaborado por: Autor

El resultado muestra que se van a realizar entregas con frecuencias de 4 horas para 3 tipos de materiales: corrugado, cajas de estuches/bandejas y laminados, y cada 8 horas para corrugado y cintas adhesivas.

No se decidió realizar toda una sola vez en el turno debido a la cantidad y dimensión de los materiales y no inferior a 4 horas debido a que brinda el tiempo a la persona que va a realizar la repartición a cumplir con sus otras actividades del puesto.

3.7.1. Diseño del Vehículo del Mizusumashi

Con las cantidades y frecuencia de entrega claras, es necesario diseñar un vehículo manual, que facilite el transporte y entrega de estos materiales.

Para esto, se toman las dimensiones de cada uno de los materiales, esto con el fin de realizar pruebas de factibilidad para la operación.

El ejercicio de toma de medidas arroja por lo tanto los siguientes resultados, que se evidencian en la tabla 19:

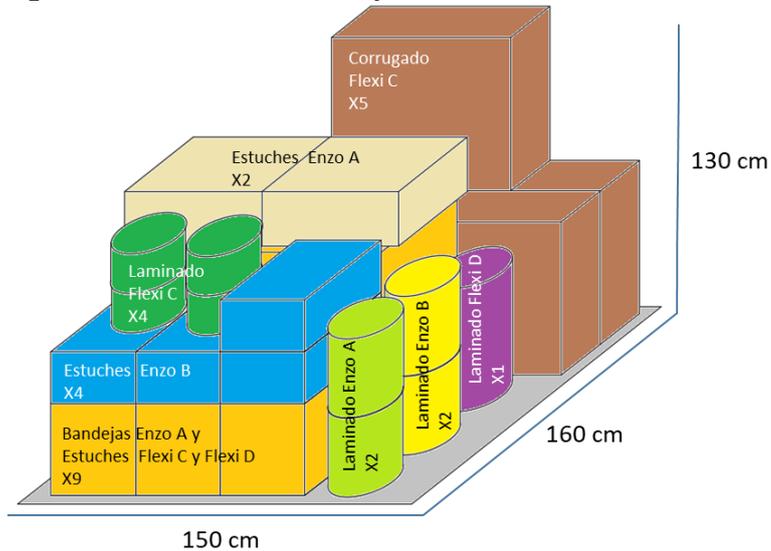
Tabla 19: Medidas de materiales

Componente	Unidad de Manipulación	Dimensiones	Valores (cm)	Cant	Frecuencia
Bandejas A	Cajas	largo x ancho x altura	48 x 34 x 37	1	4 horas
Corrugado A	Bultos		59 x 53 x 24	4	8 horas
Corrugado B	Bultos		69 x 55 x 20	5	8 horas
Corrugado C	Bultos		72 x 62 x 23	5	4 horas
Corrugado E	Bultos		59 x 53 x 24	3	8 horas
Estuches B	Cajas		49 x 34 x 37	3	4 horas
Estuches G	Cajas		48 x 34 x 37	5	4 horas
Estuches J	Cajas		55 x 40 x 22	2	4 horas
Estuches K	Cajas		48 x 34 x 21	3	4 horas
Estuches Sec B	Cajas		47 x 34 x 21	1	4 horas
Laminado B	Rollos		diámetro x altura	28 x 50	1
Laminado E	Rollos	37 x 32		4	4 horas
Laminado K	Rollos	30 x 16		2	4 horas
Cinta Adhesiva A	Cintas	11 x 2,42		12	8 horas

Elaborado por: Autor

Basado en las dimensiones y forma de los componentes, en la figura 6, se plantea el tamaño del vehículo y una distribución a ser armada para cada entrega:

Figura 6: Tamaño de vehículo y distribución de materiales



Elaborado por: Autor

Con el diseño propuesto para el vehículo establecido, la siguiente necesidad es la de definir los horarios de entrega, así como el proceso de abastecimiento desde y hacia el vehículo y finalmente la ruta de entrega. Como

se vio anteriormente, el Mizusumashi deberá hacer una ruta de entrega cada 4 horas, así como 2 viajes cada 8 horas.

Para el establecimiento del horario, se toma en cuenta las siguientes restricciones:

- Nº de Turnos en las que el personal está disponible: 3 turnos de 8 horas cada uno.
 - Horarios de Entrada y salida: 7h00, 15h00 y 23h00.
 - Horarios de Almuerzo: 12h00 – 12h30
 - Horario de Cena: 17h30 – 18h00
- Otras actividades del cargo.

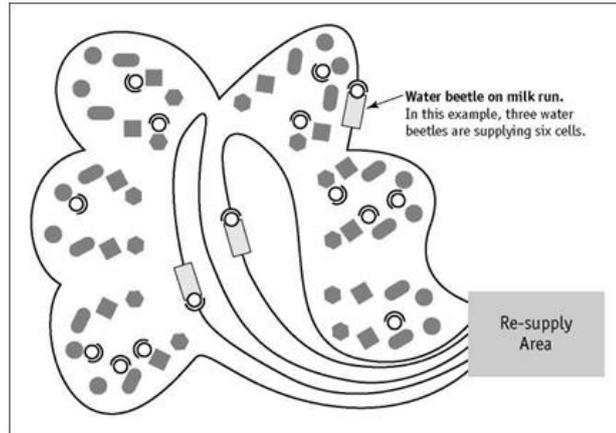
Quedando el horario de recorridos y distribución de tiempo del Mizusumashi, como se muestra en la tabla 20:

Tabla 20: Horario de recorridos y distribución de tiempo del Mizusumashi

Turno	Inicio	Fin	Ruta 1 Cada 4h Corrugado, Estuches, Bandejas, Laminado	Ruta 2 Cada 8h Corrugado, Cintas	Almuerzo/Cena	Otras actividades del cargo
Turno I	7:00	7:30				X
	7:30	8:00	X			
	8:00	8:30		X		
	8:30	11:30				X
	11:30	12:00	X			
	12:00	12:30			X	
	12:30	15:00				X
Turno II	15:00	15:30				X
	15:30	16:00	X			
	16:00	16:30		X		
	16:30	17:30				X
	17:30	18:00			X	
	18:00	19:30				X
	19:30	20:00	X			
Turno III	20:00	23:00				X
	23:00	23:30				X
	23:30	0:00	X			
	0:00	0:30		X		
	0:30	3:30				X
	3:30	4:00	X			
	4:00	7:00				

Elaborado por: Autor

Figura 7: Ejemplo de recorrido Mizusumashi



Fuente: Pull Production for the Shopfloor, 2002, p. 72

3.7.2. Situación actual de abastecimiento vs Mizusumashi

Actualmente dentro de las áreas de fabricación se cuenta con bodegas satélites que están bajo la responsabilidad del área de fabricación y que poseen materiales para diferentes turnos. Estas bodegas son abastecidas por el área de logística a través de pedidos realizados por el área de fabricación.

Una vez los materiales se encuentran en estas bodegas, los operadores de cada máquina asignan a alguien de su tripulación para que vaya a retirar materiales de acuerdo con la necesidad del plan de producción. Este sistema presenta varias pérdidas que deben ser eliminadas a través de la implementación de Mizusumashi: Movimiento excesivo de materiales y de personal, almacenamiento intermedio, obsolescencia y errores de despacho.

El primer punto a implementar es la eliminación de la bodega satélite a través de la implementación de un área de picking dentro de la bodega. Se trata de un área en la cual personal de bodega con conocimiento previo del plan de producción y consumo, prepara los materiales para que sean recogidos por el Mizusumashi. La frecuencia de picking no necesita ser igual a la del Mizusumashi, por lo que la comunicación entre este último y el personal de bodega es crítica para asegurar la disponibilidad de materiales. La ganancia

principal de mantener el área de picking dentro de la bodega es el control por parte del personal de logística y evitar la necesidad constante en el ajuste de inventarios por devoluciones.

Finalmente, entre las nuevas actividades a realizar por el personal de Mizusumashi para asegurar un adecuado flujo de información y de materiales serían:

- Alinear el programa de producción del turno en curso con el personal de bodega para asegurar disponibilidad de materiales
- Establecer un flujo de comunicación entre equipo de fabricación y Mizusumashi para poder reaccionar con el abastecimiento en caso de problemas como:
 - Paradas en las líneas de producción
 - Materiales defectuosos
 - Errores en el despacho
 - Falta de materiales por aumento en el ratio de consumo
- Realizar el picking en la bodega hacia el vehículo de acuerdo al plan de producción en el horario y la frecuencia ya establecidas.
- Realizar el recorrido de entrega de materiales en las máquinas que se encuentren programadas de forma estandarizada y segura.
- Revisar los supermercados y puntos de uso en las máquinas para el caso presencia de stock y así evitar despachar materiales innecesariamente.

Figura 8: Esquema de implementación de Mizusumashi



Fuente: Pull Production for the Shopfloor, 2002, p.67

3.8. Supermercados y Puntos de Uso

La implementación de estas herramientas resulta como un complemento a la implementación de Mizusumashi al establecer estaciones de entrega de materiales junto a las líneas de producción.

Para la implementación de supermercado, es necesario establecer comunicación visual que ayude en la toma de decisiones por parte del operador para la pregunta si se requiere o no materiales en la línea.

Los códigos de colores típicos se manejan en 3 franjas: Verde, que quiere decir que el inventario es saludable y no requiere re-abastecimiento; Amarillo, requiere atención por parte del operador / Mizusumashi y el proceso de abastecimiento es bienvenido más no indispensable; Rojo, es urgente el abastecimiento de materiales y podría derivar en una parada en el proceso. En este proceso, la fábrica ha decidido utilizar 2 colores: Verde y Rojo.

Para determinar el tamaño de la franja roja, se establece que responderá a la cantidad de stock que tenga una duración de 30 min, que es el tiempo máximo de abastecimiento en caso de ser necesario de forma no programada. Por lo tanto, se calcula el consumo de materiales por parte de la máquina en 30 min y se realiza la conversión a unidades de manipulación. Para determinar el tamaño de la franja verde, se utiliza el stock mínimo de abastecimiento, quedando así:

Tabla 21: Definición de supermercado por línea

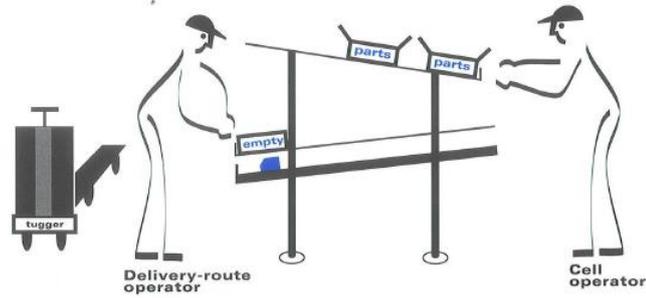
Línea	SKU	Componente	Consumo / 10 cjs	Unidad	Cantidad Contenido Unidad Compra	Contenido Unidad Compra	Vel Afectada Eficiencia Ci/Hr	Unidad de Manipulación	Supermercado (cantidad de items/color)		
									Rojo	Verde	Total
Enzo A	Pavo 80g	Bandejas A	150	Unid	700	unidades por caja	8,3	Cajas	1	1	2
		Corrugado E	10	Unid	30	unidades por bulto	8,3	Bultos	1	3	4
		Estuches J	2.100	Unid	5400	unidades por caja	8,3	Cajas	1	2	3
		Laminado K	5,544	KG	10	Kilos por rollo	8,3	Rollos	1	2	3
Enzo B	Pavo 20g	Corrugado A	10	Unid	25	unidades por bulto	10,3	Bultos	1	4	5
		Cinta Adhesiva A	19	M	91,44	metros por rollo	10,3	Cintas	1	2	3
		Estuches Sec B	240	Unid	1000	unidades por caja	10,3	Cajas	1	1	2
		Estuches K	6.240	Unid	10000	unidades por caja	10,3	Cajas	1	3	4
		Laminado K	4,118	KG	10	Kilos por rollo	10,3	Rollos	1	2	3
Flexi C	Mix Fréjol 60g	Corrugado C	10	Unid	25	unidades por bulto	29,4	Bultos	1	5	6
		Estuches G	120	Unid	325	unidades por caja	29,4	Cajas	1	5	6
		Laminado E	6,450	KG	25	Kilos por rollo	29,4	Rollos	1	4	5
Flexi D	Chico Estuche	Corrugado B	10	Unid	25	unidades por bulto	13,4	Bultos	1	5	6
		Cinta Adhesiva A	79,200	M	91,44	metros por rollo	13,4	Cintas	1	10	11
		Estuches B	1.320	Unid	2500	unidades por caja	13,4	Cajas	1	3	4
		Laminado B	3,062	KG	25	Kilos por rollo	13,4	Rollos	1	1	2

Elaborado por: Autor

Una vez establecida las cantidades por franja, el siguiente paso es la del diseño de los puntos de uso, los cuales deben quedar junto al puesto de trabajo y es el lugar donde estos supermercados son implementados. Estas estaciones no deben representar un riesgo de seguridad o salud para los operadores, si no por el contrario facilitar la operación de fabricación.

Se recomienda que su diseño permita adaptarse a las dimensiones de los materiales. Algunas estaciones facilitan el abastecimiento a través del uso de la gravedad sin maltratar los materiales.

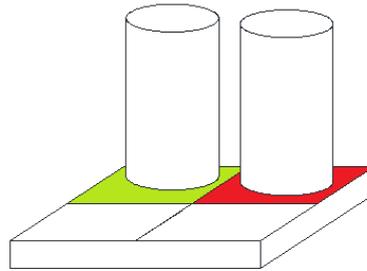
Figura 9: Diseño recomendado en estaciones de abastecimiento



Fuente: Making Materials Flow, 2003, p.50

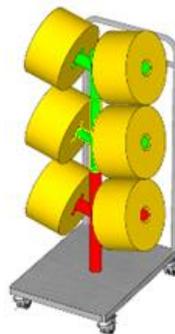
Para el establecimiento de los puntos de uso se muestran ejemplos de algunas propuestas:

Figura 10: Propuesta de Estación de Laminado Flexi D



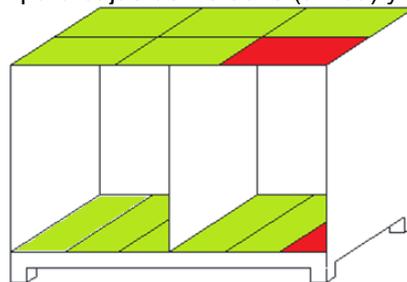
Elaborado por: Autor

Figura 11: Propuesta de Estación para laminados Enzo A y B



Elaborado por: Autor

Figura 12: Propuesta de Estación para cajas de Estuche (arriba) y corrugados (abajo) Flexi C



Elaborado por: Autor

Figura 13: Propuesta de Estación para para Bandejas, Corrugados y Estuches Enzo A



Elaborado por: Autor

3.9. Ciclo PDCA

Hasta el momento se han revisado proyectos que buscan mejorar un problema: 5S por su impacto en los resultados de seguridad, calidad, entrega, productividad y moral; Mizusumashi, para la reducción de tiempo y movimiento de materiales; Punto de Uso, reducción de movimientos de personal, los cuales han pasado por un proceso de planificación, con un alcance esperado y un proceso de ejecución. Sin embargo, ninguna de las iniciativas antes mencionadas mantendrá las mejoras alcanzadas en el tiempo si no se relacionan con un estándar.

Es debido a esto, que las mejoras que se encuentran soportadas por un sólido sistema de establecimiento y seguimiento a estándares tienen menor probabilidad de fracasar a lo largo del tiempo.

Como parte del proceso de implementación, Manufactura Esbelta nos presenta varias alternativas para trabajar con la gente y asegurar que el equipo conoce las herramientas y cuenta con los recursos para poder trabajar de manera autónoma y empoderada.

Para poder trabajar sobre los pasos de Check-Act del ciclo PDCA se va a gestionar hacia tres frentes para el trabajo con la gente:

- Acompañamiento hacia el personal de fabricación para generar competencia en el uso y aprovechamiento de las herramientas
- Alineamiento, que permita al equipo comprender la relación entre las herramientas y los resultados del área y puedan tomar acciones preventivas en caso de desviaciones y
- Comunicación hacia todos los niveles, para soportar en el proceso de empoderamiento a través de la remoción a tiempo de barreras

3.10. Establecimiento de un Sistema de Acompañamiento

Como se expuso en el capítulo anterior, la presencia en el Gemba es crítico para no perder la sensibilidad de los eventos que ocurren a nivel de shopfloor y su impacto en los resultados y la gente.

Es por esto que, el equipo de liderazgo del área de planta – conformado por un equipo multidisciplinario de las áreas de Seguridad, Calidad, Técnico y por supuesto Fabricación – se ha implementado un sistema de acompañamiento hacia el personal con un único fin: Desarrollo de los operadores.

Pero “acompañar” no se trata de ir a la línea a decir a los operadores lo que tienen que hacer, más bien por el contrario, a través de preguntas sobre el proceso o sus problemas, ayudar al operador a comprender como reaccionar o utilizar las herramientas con un propósito de mejora. Este proceso de desarrollo a través de preguntas que induzcan hacia la curiosidad y actuar de la persona toma el nombre de coaching.

El equipo a cargo de liderar el acompañamiento debe tomar el rol de facilitador/guía dependiendo del nivel de competencia de la persona que está acompañando. En un inicio, hasta poder generar suficiente experiencia, el equipo elaboró fichas de soporte con algunos tips que faciliten el poder cubrir todos los tópicos esperados del acompañamiento.

No se puede acompañar para cubrir todas las herramientas todo el tiempo. El equipo debe aprender a priorizar en qué y a quién acompañar dependiendo de la situación del área. Cada acompañamiento requiere un nivel de competencia previo del coach en la herramienta que le permita guiar al equipo en caso de detectar gaps en la aplicación de la herramienta.

Es así que, por ejemplo, en un acompañamiento se busca cubrir todos los tópicos asociados al sistema elegido: el nivel de dominio de la herramienta, su impacto en la reducción de las pérdidas del área, su correcta aplicación, su relación con la gestión del día a día, el levantamiento de planes de acción en caso de desviaciones, la forma de medir su efectividad, su capacidad de réplica. Es muy importante denotar que cada vez que el coach detecte un problema, debe acordar planes de acción que aseguren el cierre de este en acuerdo con la persona que está acompañando. Estos planes poseen un lugar donde se les da seguimiento, cuentan con responsable y fecha de cierre. Es este el paso que asegura el proceso de mejora.

Este proceso es ideal al momento de arrancar con nuevas prácticas como el uso de estándares, ya que ayuda al proceso de calibración de todos los operadores y a generar un sentido crítico que soporte el proceso de mejora.

Una buena práctica es que el equipo que realice los acompañamientos cuente con una rutina de discusión sobre los resultados de estos acompañamientos, con el fin de generar disciplina en el cumplimiento de estos, detonar procesos de calibración entre los coach y discutir sobre el estatus de los planes de acción pendientes resultantes de acompañamientos anteriores.

Los acompañamientos se realizan bajo dos escenarios y buscan tener la mayor cobertura en gente y herramientas:

1. Acompañamientos programados (preventivo): Basados en alineaciones previas sobre herramientas que el equipo detecte con oportunidades de

mejora. Cuenta con un cronograma donde se especifica que herramienta se va a acompañar, quien va a recibir el acompañamiento y quien lo va a realizar. El principal objetivo es el de soportar el proceso de creación de competencia

2. Acompañamiento basado en los resultados (reactivo): Es detonado por los resultados obtenidos. No cuenta con un plan previo, sino más bien es acordado en ese momento por el equipo y su principal función es la de comprender qué fue lo que fallo en el sistema y levantar planes de acción para que no vuelva a suceder.

Figura 14: Propuesta de Sistema de Acompañamiento a Línea

Acompañamiento a Línea		Definición: Cumplimiento en el acompañamiento a la línea en herramientas LEAN				
Semana:		<input type="radio"/> Realizada <input type="radio"/> NO Realizada <input type="radio"/> NO Aplica				
Nombre	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	
E. López				<input type="radio"/> Estándar Limpieza	<input type="radio"/> Cambio de Turno	
C. Pérez	<input type="radio"/> Mizusumashi	<input type="radio"/> Punto de Uso				
C. Cornejo			<input type="radio"/> Identificación de Anomalías		<input type="radio"/> Estándar Limpieza	
D. Martínez		<input type="radio"/> Identificación de Anomalías	<input type="radio"/> Cambio de Turno			
G. López	<input type="radio"/> Identificación de Anomalías		<input type="radio"/> Cambio de Turno	<input type="radio"/> 5S – Estándares Visuales		
J. Mera	<input type="radio"/> Mizusumashi	<input type="radio"/> Punto de Uso			<input type="radio"/> 5S – Estándares Visuales	
M. Pulla	<input type="radio"/> Confiabilidad de Datos			<input type="radio"/> Cadena de Ayuda		
G. Méndez		<input type="radio"/> Identificación de Anomalías	<input type="radio"/> Cambio de Turno			
F. Solís			<input type="radio"/> Identificación de Anomalías		<input type="radio"/> Identificación de Anomalías	
S. Villacís		<input type="radio"/> Identificación de Anomalías				
J. Cortés	<input type="radio"/> Confiabilidad de Datos			<input type="radio"/> Cadena de Ayuda		
M. Villalva				<input type="radio"/> Estándar Limpieza	<input type="radio"/> Cambio de Turno	

Responsable: Jefe de Fabricación

Elaborado por: Autor

3.11. Establecimiento de Reuniones de Alineación

Otro elemento en que se debe trabajar para asegurar que las mejoras sean sostenibles en el tiempo, es el seguimiento y control de las actividades que se deben realizar y en caso de desviaciones, levantar planes de acción. Es así, que para cada una de las máquinas se establece una reunión de cambio de turno con el fin de que se cumplan los siguientes objetivos:

- Revisar el cumplimiento de plan de producción
- Revisar los problemas ocurridos durante el turno
- Alinear el cumplimiento los estándares planificados para el turno
- Levantar y discutir avance de cumplimiento de planes de acción para todas las desviaciones – Incluye visitas al gemba
- Si hay acciones que necesiten soporte o que no se encuentren en sus manos, levantar acciones de escalamiento.

Se trata de una reunión de alineación, más no para resolver problemas. La idea es que a la reunión el operador llegue con la información ya validada en la máquina sobre los problemas ocurridos, debe ser estructurada y no debe durar más de 5 min.

Entre los principales elementos implementados para ayudar a que la estructura de la reunión se mantenga, así como su propósito son:

- Tablero físico
- Listado de asistentes a la reunión (de ser necesario se incluye al equipo técnico de la línea)
- Agenda establecida (minuto a minuto)
- Indicadores de resultados y de cumplimiento de estándares que sean comprendidos y accionables por el operador
- Minuta de planes de acción con responsable y fecha para cada una de las desviaciones
- Minuta de acciones a escalar a otros grupos cuando la solución no se encuentre en su gestión.

Al inicio de la implementación de esta reunión que deberá ser llevada a cabo en cada cambio de turno es fundamental el acompañamiento por parte de los jefes del área con el fin de guiar el desempeño de la reunión, guiar el reto que se realizan entre compañeros para afrontar los problemas y las acciones del día a día y ayudar a remover barreras para asegurar que la mayoría de las

acciones puedan ser acordadas y decididas por el operador. El desarrollo de la autonomía y empoderamiento de los operadores es clave para que los problemas puedan ser contenidos y solucionados a tiempo.

Para ayudar a incrementar la madurez de la reunión, se recomienda al final dedicar unos minutos para evaluar la calidad de la reunión en busca de oportunidades de mejora, las mismas que derivarán planes que deberán ser plasmados en el mismo tablero de cambio de turno. La mejora debe ser continua.

Figura 14: Propuesta de Tablero de Cambio de Turno



Elaborado por: Autor

3.12. Establecimiento de Sistema de Comunicación Vertical: Cadena de Ayuda

Se trata de otra herramienta de Manufactura Esbelta que tiene como fin eliminar las pérdidas asociadas a las demoras o retrasos en la toma de decisiones ante desviaciones o indicadores impactados. Muchas veces sucede que el tiempo que demora en resolverse un problema pudo haber sido mucho menor si se contactaba a tiempo a la persona correcta.

Para la implementación de esta herramienta, lo primero que se debe definir es la pérdida que se busca mejorar. Para el caso de estos equipos y luego de revisarlo con el equipo de producción, se definió que se trata del indicador de Eficiencia de Línea.

La cadena de ayuda permite contar con un procedimiento claro sobre cuándo activarla y hacia quien. Por lo tanto, la primera pregunta que se va a responder es ¿cuándo activar la cadena de ayuda?

Como lo vimos al inicio del capítulo, cada máquina cuenta ya con una eficiencia esperada para cada SKU, lo cual está alineada con el sistema de costos y de capacidad de la línea, por lo que, cualquier minuto fuera de ese rango esperado de pérdida de eficiencia tendrá un impacto directo en toda la cadena. Es así que con los datos obtenidos para la creación de capacidad, se puede calcular el número de horas por semana máximas que pueden parar las máquinas de forma inesperada:

Tabla 22: Horas de producción efectivas por línea

Línea	HBP (H/sem)	PP (H/sem)	HNP (H/sem)	Eficiencia %	HPE (H/sem)	Pérdida de Eficiencia (H/sem)
Mezclador	80	6,6	73,4	99,0%	72,6	0,7
Enzo A	120	11,1	108,9	85,3%	92,8	16,0
Enzo B	120	16,8	103,2	83,0%	85,6	17,6
Flexi C	80	13,6	66,4	83,5%	55,4	10,9
Flexi D	120	16,0	104,0	89,6%	93,2	10,8

Elaborado por: Autor

Ahora, a través del informe detallado de paros, se puede obtener el histórico del número de paradas semanales de los últimos 6 meses para poder calcular un valor promedio, como se observa en la tabla 23:

Tabla 23: Número de paradas semanales

Año- Semana	Mezcla	Enzo A	Enzo B	Flexi C	Flexi D
2019-23	1	4	5	1	4
2019-24	1	4	4	3	2
2019-25		4	4	2	3
2019-26		5	5	2	4
2019-27	1	4	5	2	4
2019-28		4	3	3	
2019-29		4	4	4	3
2019-30		1	4	3	4
2019-31		4	5	3	4
2019-32		3	2	2	4
2019-33		4	5	2	2
2019-34		3	3		3
2019-35				4	3
2019-36				3	
2019-37		3	5	1	3
2019-38	1		2	3	4
2019-39		3	5	3	5
2019-40		4	5	3	5
2019-41		3		2	3
2019-42		3	3	3	3
2019-43		4	4	4	4
2019-44		3	3	2	3
2019-45		3	1	3	4
2019-46		3	4	5	3
2019-47			5	2	3
2019-48		3	4	1	3
2019-49		3	4	4	4
2019-50		2	3	2	3
2019-51		4	4	2	4
2019-52		4	4	4	4
Promedio	1,0	3,4	3,9	2,7	3,5

Fuente: Registros de la compañía LA COSTEÑITA

Elaborado por: Autor

Finalmente, asociado para cada máquina se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 24:

Tabla 24: Pérdidas de eficiencia por máquina

Línea	Eficiencia %	HPE (H/sem)	Pérdida de Eficiencia (H/sem)	Pérdida de Eficiencia (Event/sem)	Pérdida de Eficiencia (H/evento)
Mezclador	99,0%	72,6	0,7	1,0	1
Enzo A	85,3%	92,8	16,0	3,4	5
Enzo B	83,0%	85,6	17,6	3,9	5
Flexi C	83,5%	55,4	10,9	2,7	4
Flexi D	89,6%	93,2	10,8	3,5	3

Elaborado por: Autor

Los valores máximos de horas por evento no planeado quedan en horas: 1 para Mezclador, 5 para EnzoA, 5 para EnzoB, 4 para FlexiC y 3 para FlexiD. Estos valores serán establecidos para el último nivel de la cadena de ayuda.

Con estos valores de referencia, se establece entonces los tiempos de activación para cada uno de los niveles, como se muestra en la tabla 25:

Tabla 25: Tiempos de activación por niveles de la cadena de ayuda

Línea	<u>Técnico /</u> <u>Apoyo de</u> <u>Línea</u>	<u>Especialistas /</u> <u>Supervisores</u>	<u>Jefaturas</u>	<u>Gerencia</u>
	min	min	min	horas
Mezclador	10	25	40	1
Enzo A	30	60	120	5
Enzo B	30	60	120	5
Flexi C	30	60	120	4
Flexi D	15	45	60	3

Elaborado por: Autor

El siguiente paso para la implementación es definir los escenarios para la activación de la cadena de ayuda. La herramienta nos sugiere actuar bajo el escenario de las 4M:

- Máquina: Todos los problemas relacionados al equipo como averías, paros menores, ruidos o síntomas de daño, baja de velocidad.
- Mano de Obra: Problemas asociados a la gente, por ejemplo, ausentismo, eventos de seguridad, problemas entre compañeros.

- Material: Todo lo asociado al abastecimiento o desempeño de los insumos, mal despachado, lote incompleto, problemas de calidad
- Método: Fallas relacionadas al proceso, como parámetros fuera de estándar

Se define por lo tanto, en la tabla 26, las personas en cada nivel y por cada M que deberán responder si llega a su nivel de activación de cadena de ayuda:

Tabla 26: Responsabilidades por niveles de la cadena de ayuda

	Máquina	Material	Método	Mano de Obra
Nivel 1: Técnico / Apoyo de Línea	Mecánico / Eléctrico Línea	Apoyo de Proceso / Auxiliar de Bodega	Mecánico / Eléctrico Línea	Apoyo de Proceso
Nivel 2: Especialistas / Supervisores	Jefe Técnico Área / Servicios Industriales	Jefe de Bodega / Jefe de Turno	Jefe de Turno / Especialista de Calidad	Auxiliar de Seguridad / Jefe Turno
Nivel 3: Jefaturas	Jefe Técnico Fábrica	Jefe de Supply / Fabricación / Calidad	Jefe de Fabricación	Jefe de Fabricación
Nivel 4: Gerencia		Gerente Fábrica		

Elaborado por: Autor

Cada una de estas personas fueron entrenadas de la manera en que puede abordar los problemas y la importancia de responder a la cadena de ayuda al momento de su activación, ya sea en la noche, fines de semana, feriados. Esto con el fin de mantener la credibilidad de la herramienta. Todos facilitan su contacto para que puedan ser localizados en cualquier momento.

Para cada máquina se publica los tiempos y los contactos para cada uno de los niveles. Así mismo un teléfono es habilitado en el área para que pueda ser utilizado en el proceso de detonación.

Dentro del proceso de entrenamiento, se establece que cada vez que una cadena de ayuda sea activada, debe ser registrada y analizada, con el fin de identificar las causas raíz del problema y acciones para evitar que vuelva a

ocurrir. Es así que esta herramienta busca constantemente retar la activación y mejorar el proceso de autonomía de los operadores y técnicos de línea con el fin de que el 80% de los problemas puedan ser resueltos por ellos a tiempo. Este proceso se integra a la reunión de cambio de turno explicada en el paso anterior para asegurar su continua retroalimentación y análisis en caso de activación. El equipo de liderazgo del área incluye también rutinas de acompañamiento hacia este sistema para asegurar que todos los operadores comprenden bien la manera correcta de gestionar.

Por ahora, se arrancan con estos tiempos de activación, pero a medida que la eficiencia y la estabilidad de la línea mejoren, deben revisarse los tiempos con el fin de retarlos cada vez más. Todo tiempo de para representa una pérdida para el proceso.

3.13. Establecimiento de Lote Óptimo de Producción

Una de las interrogantes que es determinante dentro de cualquier sistema de manufactura es: ¿cuál es el tamaño de lote óptimo que se debe producir? Y es que, al existir tantas implicaciones e impactos de esta decisión, es importante que su cálculo se respaldado de algún método analítico y no tanto empírico. Esta interrogante si vuelve más crítica en un entorno de Manufactura Esbelta ya que debe estar alineado con el concepto de “cero pérdidas”.

El tamaño de Lote de producción adicionalmente tiene un impacto directo sobre los costos de producción ya que, por un lado, si se trabajan lotes pequeños los costos de setup y cambios de formato se disparan, y por el contrario si los lotes son grandes, los costos de capital de trabajo, manejo de inventarios y su riesgo de pérdida no dejan de ser un gran contribuyente. Es por esto que bajo el ideal de ir hacia un sistema Pull, Manufactura Esbelta nos presenta una herramienta que nos brinda un buen escenario inicial para la toma de la decisión de cuánto producir: EPQ o también Cantidad de Producción Económica.

Esta herramienta permite tomar en cuenta varias restricciones de costos para poder establecer este “punto óptimo” en el cuál el costo es más bajo. Vale la pena exponer que esta es una de las varias herramientas que existen para poder estimar este valor y posee bases similares que se utilizan para el cálculo del EOQ.

Para esta estimación se tomarán en cuenta los siguientes costos asociados al tamaño de lote de producción:

Costos asociados al mantenimiento y capital de trabajo en los stocks de seguridad

- Costos asociados a la gestión y capital de trabajo del inventario
- Costos de Cambios de Formato
- Costos asociados a los tiempos de vida de los productos (caducidad)
- Costos de Pruebas y liberaciones de Calidad

Como lo mencionan Silver, Pyke y Thomas (2017) en el libro *Inventory and Production Management in Supply Chains*, al determinar la cantidad de pedido apropiada, se utiliza el criterio de minimización de los costos totales relevantes. Su relevancia radica en el sentido que realmente se ven afectados por la elección de la cantidad del pedido. Se hace hincapié en que, en algunas situaciones, puede haber ciertos costos relevantes, quizás intangibles, que no están incluidos en el modelo que se discutirá. Esta es una de las razones por las que se menciona la necesidad de una capacidad de realizar ajustes manuales.

Es así, que para la definición del EPQ, es importante determinar las variables que se requieren para el cálculo de los costos antes mencionados. Toda la organización debe estar al tanto del objetivo de este ejercicio ya que la información no se encuentra en un solo departamento, sino más bien en varios como Fabricación, Finanzas, Supply Chain, Planificación de la demanda y la alineación es crítica para el éxito de esta herramienta.

Tabla 27: Variables requeridas para el cálculo del EPQ

Planificación de la Demanda		Calidad	Supply Chain: Programador	Fabricación	Finanzas
Datos Generales					Costo de Capital de Trabajo Costo de la hora-hombre
			Código del Producto	Línea de Producción	Costo de la Caja
Detalles del Producto			Descripción Detalle de Centro de Acopio Precio Promedio		
Demanda			Demanda		
Tamaño Lote	Tamaño Lote Actual		Periodo		
Detalles del Cambio de Formato				Duración del cambio de formato Trabajadores Involucrados Pérdidas de Materiales Pérdida de Eficiencia	Costos Asociados
Detalles del Inventario			Costo por pallet almacenado		
Detalles de Calidad		Pruebas de Calidad Número de trabajadores involucrados en las pruebas Duración de las Pruebas Costos adicionales de las pruebas			Costo de Liberación de Calidad
Detalles del Nivel de Servicio		Cumplimiento del Plan de Producción	Nivel de servicio Adherencia al pronóstico Tiempo de Reposición		

Elaborado por: Autor

El primer dato que se necesita el costo de la tasa de capital del mercado que a su vez es necesario para calcular el costo del dinero en efectivo inmovilizado en el inventario. El departamento de finanzas indica el valor de 12,88% para el cálculo.

La tarifa por hora del trabajador se utiliza para calcular la contribución del costo laboral en los costos de cambio de referencia y de operaciones de calidad. Para este cálculo es de 11,9 USD/hora.

Los siguientes datos se consiguen para todos los SKUs que se deseen incluir en el cálculo.

Costo estándar y precio promedio de venta de la caja producida. Este último es necesario para calcular los costos por pérdida de tiempo de vida. Como ejemplo tomamos la referencia de Pavo 80g que representa un costo por caja de 54,97 USD y un precio promedio de 239,40 USD.

La Demanda se requiere para un periodo de 1 año, por lo que el valor es de 16,278 cjs/año o nivel semanal de 313,5 cjs/semana.

Respecto al detalle sobre los cambios de formato:

- duración del cambio - 2,5h,
- número de trabajadores involucrados en la operación de cambio – 6 personas,
- costo de la hora hombre para esa máquina: 11,94 USD/hora,
- número de cajas pérdidas durante el cambio – 1 cj,
- costo de insumos usados durante el cambio (productos de limpieza, agua, energía) - 9,5 USD,
- costo de la pérdida de eficiencia hasta alcanzar la velocidad de output – 29 USD.

Los detalles del inventario refieren al costo promedio de almacenamiento semanal de un pallet, para este SKU es de 0,31 USD/pallet

Respecto al detalle sobre los costos de calidad, el costo de liberación de calidad es de 7,5 USD.

La parte final es el nivel de servicio esperado. Sirve para calcular el impacto en el costo del stock de seguridad requerido considerando la demanda promedio, el tamaño del lote:

- Objetivo de nivel de servicio: 99%
- Adherencia al pronóstico de la demanda: 72%
- Cumplimiento del plan de producción: 90%
- Tiempo de reaprovisionamiento: 18 días

Ahora, con los datos ya obtenidos, se procede con el cálculo de cada uno de los costos medidos así por parte de la compañía:

$$\begin{aligned} &\text{Costo de Cambio de Formato} \\ &= \left(\frac{\text{Demanda}}{\text{Tamaño Lote}} \right) \times [(\text{Duración del cambio} \times \text{tripulación} \times \$ \text{ hombre}) \\ &+ (\text{Cjs perdidas} \times \$/\text{cj}) + \$ \text{ Insumos} + \$ \text{ Alcanzar la eficiencia}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Costo de Inventario} \\ &= \left(\frac{\text{Tamaño Lote}}{2} \right) \times [(\text{Costo Cj} \times \% \text{ cto cap trabaj} \times \text{período demanda} \\ &/ 365 \text{ días}) + (\text{costo almacenamiento} \times \text{período demanda} / 7 \text{ días})] \end{aligned}$$

$$\text{Costo de Calidad} = \left(\frac{\text{Demanda}}{\text{Tamaño Lote}} \right) \times (\text{Costo Liberación por Cj})$$

$$\begin{aligned} &\text{Costo de Stock Seguridad} \\ &= (\text{Stock Seguridad}) \times [(\text{Costo Cj} \times \% \text{ cto cap trabajo}) \\ &+ (\text{costo almacenamiento} \times \text{período demanda} / 7 \text{ días})] \end{aligned}$$

Respecto al cálculo del stock de seguridad tanto en volumen como en días, se toman en cuenta varias variables, ya que se trata de un volumen que busca cumplir un nivel de servicio esperado bajo condiciones de variaciones en el pronóstico de la demanda, cumplimiento del plan de producción, tiempos de

entrega, liberación etc. Para su cálculo se requieren variables de Demanda, Distribución y de Fabricación.

Demanda

- El nivel de servicio, adherencia al pronóstico de la demanda y demanda semanal se identificaron ya para los cálculos de costos anteriores.

Distribución

- El horizonte congelado para despachos representa el número de días antes de un envío en los que los detalles de un pedido ya no se pueden cambiar – 1 día.
- La restricción de frecuencia de entrega es un valor que representa el número de días entre entregas posteriores – 1 días
- El tiempo de tránsito expresa el número de días de transporte físico desde la fábrica hasta el centro de distribución. – 1 a 2 días

Fabricación

- El período de estabilidad de producción es el número de días antes del momento de producción donde el plan de producción ya no se puede ajustar – 7 días
- La frecuencia de producción promedio indica cuántos procesos de producción han tenido lugar en los últimos 6 meses – 9 veces
- El tamaño mínimo del lote es la cantidad mínima de producción o transporte en cajas. Esta es la variable con la que se evaluará el modelo
- El tiempo de liberación de calidad, 7,5 USD
- El envío anticipado el número de días en que los productos pueden enviarse antes del final del tiempo de entrega de calidad – 2 días
- Cumplimiento del plan de producción: 90%

El stock o inventario de seguridad se calcula a partir de la probabilidad de no entregar cajas durante el tiempo de entrega, la cual está relacionada

directamente con la adherencia al plan de producción de la fábrica, el tamaño promedio del lote y el nivel de servicio dividido por la desviación estándar total.

$$\text{Probabilidad de No entregar cajas } (\rho) = \left[\frac{(\text{Adherencia al Plan Producción}) * (\text{Tamaño Lote}) * (1 - \% \text{ Nivel de Servicio})}{\text{Desv Stnd Total}} \right]$$

Para el cálculo de esta desviación estándar total, se construye mediante cuatro desviaciones estándar diferentes. Primero, la desviación estándar para la duración de un ciclo de planificación y que utiliza una desviación estándar regular. Luego, la desviación estándar de la cantidad debido a la variación del tiempo de entrega de reposición, y finalmente la desviación estándar de la cantidad debido a la incertidumbre del suministro desde la fábrica. Los resultados de estas tres desviaciones estándar se suman para obtener la desviación estándar total.

$$\text{Desv Stand Total} = (\text{DesvStand}_{CP}^2 + \text{DesvStand}_{TR}^2 + \text{DesvStand}_{SF}^2)^{0,5}$$

Un producto con alta variación tendrá muchos puntos de datos ubicados lejos de la demanda promedio, lo que resulta en una baja probabilidad en una distribución normal. El resultado de probabilidad para este valor se utiliza posteriormente para calcular la puntuación z correspondiente. Por lo tanto, las bajas probabilidades dan como resultado un alto valor z y las altas probabilidades dan como resultado bajas puntuaciones z, ya que es más probable que ocurran. El puntaje z luego se multiplica por la desviación estándar total para calcular el stock de seguridad en cajas.

$$\text{Stock Seguridad} = z_{\alpha}(\rho) * (\text{DesvStandTotal})$$

Por lo tanto, se podría disminuir la cobertura del stock al aumentar la precisión del plan de fábrica, el tamaño promedio del lote y el nivel de servicio o al disminuir la desviación estándar total.

Con las tres funciones de costos definidas, se puede calcular la función de costo total. Para definir el Lote Económico de Producción, se toma el valor

del tamaño de lote para el que el costo total es el menor. En el gráfico 13, se muestran los valores para el caso de Pavo 80gr., cuyo valor es de 769 cjs que representa un costo de 34.580 USD, así como la tabla 28 muestra los resultados para otros SKUs:

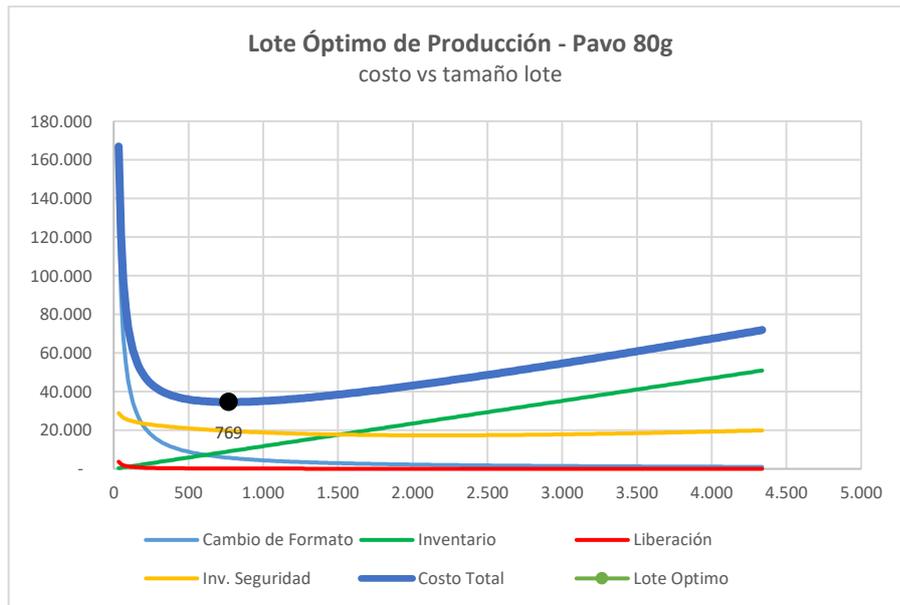


Gráfico 13: Lote óptimo de producción – Pavo 80gr
Elaborado por: Autor

Tabla 28: Lote óptimo de producción por SKU

SKU	Máquina	Lote Óptimo Producción (cjs)	Costo del Lote (USD)
Porcino 84g	ENZO A	289	12,579
Coco 84g	ENZO A	129	5,174
Pavo 120g	ENZO A	817	29,289
Pavo 80g	ENZO A	769	33,882
Porcino 21g	ENZO B	305	10,326
Pavo 20g	ENZO B	1.761	46,444
Mix Maíz 80g	FLEXI C	241	11,479
Mix Aceitunas 60g	FLEXI C	273	9,324
Mix Porcino 60g	FLEXI C	145	6,276
Mix Fréjol 60g	FLEXI C	737	26,415
Mix Pavo 70g	FLEXI C	433	18,883
Mix Pavo 60g	FLEXI C	235	9,301
Mix Brócoli 70g	FLEXI C	305	13,570

(continua)

SKU	Máquina	Lote Óptimo Producción (cjs)	Costo del Lote (USD)
Mix Formas 60g	FLEXI C	817	29,918
Mix Tomate 70g	FLEXI C	657	30,886
Chico Estuche	FLEXI D	593	54,459
Chico EC	FLEXI D	177	15,693
Chico Display	FLEXI D	721	72,592

Elaborado por: Autor

Ahora que se ha creado el gráfico, se puede ver el tamaño óptimo del lote. Si bien esto brinda una solución óptima basada en todos los parámetros de costos, es importante verificar el impacto en otras áreas de la planificación. Por ejemplo, ¿cuál es el impacto en la utilización de la máquina?

El beneficio que tiene al utilizar esta herramienta es que ayudará a identificar los principales contribuyentes a una decisión sobre el tamaño del lote. Esto, a su vez, debería ayudar a facilitar las discusiones sobre cualquier mejora que pueda hacerse para mejorar el cálculo del tamaño de lote para la selección elegida.

Finalmente, respecto a esta herramienta, se puede concluir que, aunque algunos de estos modelos de estimación del tamaño óptimo de producción requieren datos que pueden ser difíciles o imposibles de obtener, ofrecen algunas ideas básicas:

1. Existe una relación entre los arranques (frecuencia de reabastecimiento) y el inventario. Cuanto más frecuentemente repongamos el inventario, menos inventario de seguridad necesitaremos.
2. Existe una relación entre el servicio al cliente y el inventario. En condiciones de demanda aleatoria, los niveles más altos de servicio al cliente (es decir, llenar los requisitos) requieren niveles más altos de stock de seguridad.

3. Existe una relación entre la variabilidad e inventario. Para una frecuencia de reabastecimiento dada, si el servicio al cliente permanece fijo (en un nivel suficientemente alto), cuanto mayor sea la variabilidad (es decir, desviación estándar de la demanda o tiempo de reabastecimiento), más inventario debemos llevar (Hopp y Spearman, 2008, p. 91).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Como parte de la metodología, Manufactura Esbelta no busca dejar resultados solo a nivel de indicadores de productividad, sino hacia todas las aristas de resultados: seguridad, calidad, costos. Por otro lado también, busca transformar el área de trabajo con el fin de aportar en el proceso de transformación cultural que debe ocurrir a nivel de los operadores, técnicos y personal de soporte hacia la línea.

Es así que, para cada una de las herramientas implementadas, se mostrarán los resultados obtenidos hacia los resultados como hacia el lugar de trabajo.

4.1. Cultura de Orden y Limpieza: 5S

Uno de los elementos asociados al mantenimiento del área, es la 3S “Limpiar para Brillar”, cuyo ejercicio continuo de identificación de anomalías es el camino hacia un proceso de restauración permanente con el único fin de alargar la vida útil de equipos e instalaciones.

Para que los operadores puedan inspeccionar sus equipos y levantar registros asociados a anomalías de máquina, se implementaron estándares de limpieza e inspección, cuyo fin principal es que el operador conozca más su máquina y sus componentes y que si durante esta actividad detecta una condición subestándar, lo registre.

Actualmente, se encuentran levantadas **61** estándares asociados a actividades de limpieza e inspección de máquina y **8** estándares asociados a la gestión visual del área en términos de orden y limpieza. Estos documentos se encuentran validados por el departamento de seguridad, calidad, fabricación y técnico y se encuentran publicados junto a los puestos de trabajo para su uso.

Estos estándares son verificados en todos sus componentes: método, duración, frecuencia, condición ideal del componente, consideraciones de seguridad y calidad. Si alguno de estos elementos no se cumple, el operador levanta un plan de acción y es discutido durante su reunión de cambio de turno con el único fin de asegurar que estándar contenga los elementos que permitan tener la máquina condiciones básicas.



Gráfico 14: Sistema con Estándares Limpieza e Inspección
Elaborado por: Autor

Como se explica, si el operador identifica condiciones sub-estándar en el equipo, levanta un registro o tarjeta. El sistema de tarjetas implementado en el que nos muestra cómo se encuentra este proceso así:

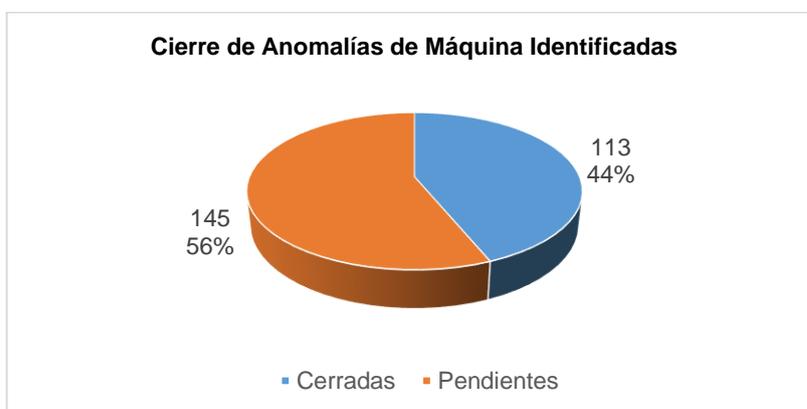


Gráfico 15: Cierre de anomalías de máquina identificadas
Elaborado por: Autor

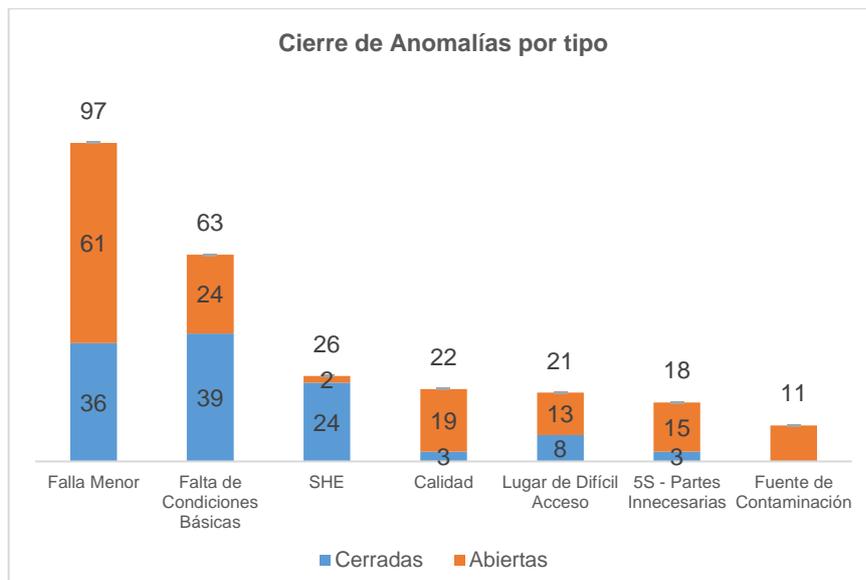


Gráfico 16: Cierre de anomalías por tipo
Elaborado por: Autor

Se ha cerrado el **56%** de las desviaciones del área identificadas de un total de **258 registros** de enero 2019 a enero 2020. El mayor porcentaje de cierre se dan en los riesgos asociados a seguridad denotando así el compromiso con el cuidado y bienestar del personal, seguido por el cierre de anomalías asociados a falta de condiciones básicas de componentes de los equipos (62%) y fallas menores (37%), de manera que se impacta directamente en el desgaste forzado y por tanto en paros no programados. Se puede apreciar también el trabajo por identificar elementos innecesarios en los equipos (18 registros). Cada una de las tarjetas pendientes cuenta ya con planes de acción definidos de acuerdo a su prioridad. Hasta el momento se han invertido **41.000 USD** en trabajos de restauración de los equipos. Lo más importante de destacar para el sostenimiento de este programa es la autogestión y buena relación que se desarrolla entre los operadores y equipo de mantenimiento, ya que son ellos quienes en su mayoría son lo que cierran los planes de acción de las observaciones.

El equipo de liderazgo del área se mantiene constantemente acompañando a los operadores para que sigan registrando más anomalías ya que su continuidad aporta el proceso del mejoramiento continuo.

Otro beneficio que podemos observar en el área es el del cuidado de la calidad de los productos alimenticios. Uno de los problemas que está contando con una reducción favorable, es la reducción de cuerpos extraños en la línea. Se trata de elementos que tienen el riesgo de ingresar en contacto con el producto y llegar al consumidor. Si se compara el Trimestre 1 del 2019 vs 2020 podemos ver una reducción del **100%**, llegado a alcanzar un récord de **273 días** sin hallazgos de cuerpos extraños en la línea, todo esto gracias a las inspecciones regulares que están siendo ejecutadas por los operadores.

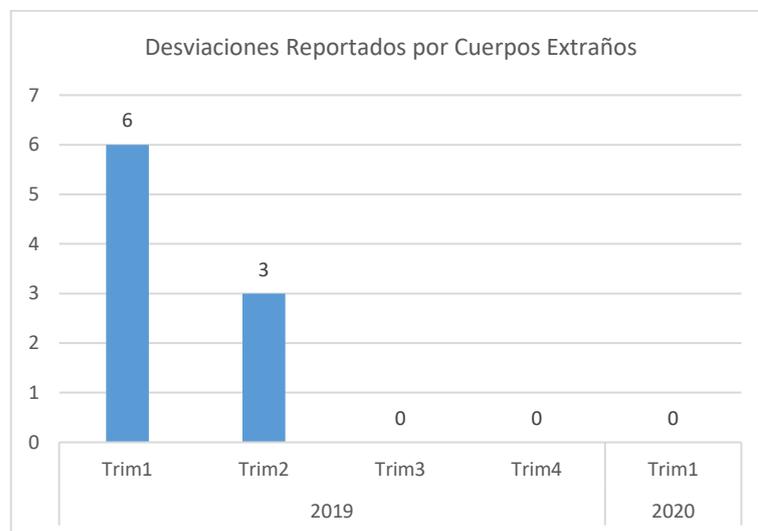


Gráfico 17: Desviaciones reportadas por cuerpos extraños
Elaborado por: Autor

Finalmente, otro de los entregables que nos deja esta herramienta es la reducción de riesgos de seguridad, ya sea por la eliminación de condiciones subestándar en la máquina con el cierre del 92% de registros levantados, como por los riesgos asociados a colisiones por los tipos de movilizaciones que se realizan dentro del área. La zonificación en la que se ubican las máquinas, los pasos peatonales, ubicación y transporte de materia prima y producto terminado, así como el mapeo de los flujos de estos materiales hace que los riesgos por golpes por impacto hagan del área un lugar más seguro para trabajar.

4.2. Definición de Capacidad y Utilización – Balanceo de Líneas

Definir la capacidad de un proceso, tiene entre tantos beneficios, dos que resaltan claramente:

- 1) Soportar el proceso para la programación de la producción a corto y largo plazo para satisfacer las necesidades del mercado.
- 2) Identificar oportunidades para incrementar la capacidad y poder aplazar la compra de nuevas instalaciones.

Se pudo ver que un punto clave, era la necesidad de balancear líneas de producción con el fin de aprovechar de mejor manera los recursos: mano de obra, elementos requeridos por la máquina como energía e insumos. Es así que para las líneas Enzo A y Enzo B por tener la capacidad de realizar SKUs similares presentaban esta oportunidad.

El balanceo dio como resultado la posibilidad de trabajar anualmente en promedio 15 turnos a la semana para cada una de las líneas, dando como resultado un ahorro en el pago de sobretiempo para el personal.

Para poder definir este ahorro, es necesario definir para que semanas hubiera sido “necesario” programar sobre tiempo para el fin de semana, por lo que, de acuerdo a los cálculos revisado en el capítulo 3, se vio que la capacidad promedio semanal (a 15 turnos, es decir, 3 turnos de lunes a viernes) de la Enzo A es de 16 Tons. Luego, con los datos de proyección de ventas facilitado por planificación de la demanda, se puede revisar los escenarios con balanceo y sin balanceo, recordando que el SKU que se utilizó para realizar el balanceo fue Pavo 80g ya que es uno de los SKUs con más producción esperada y que es compartido por ambas máquinas. Así:

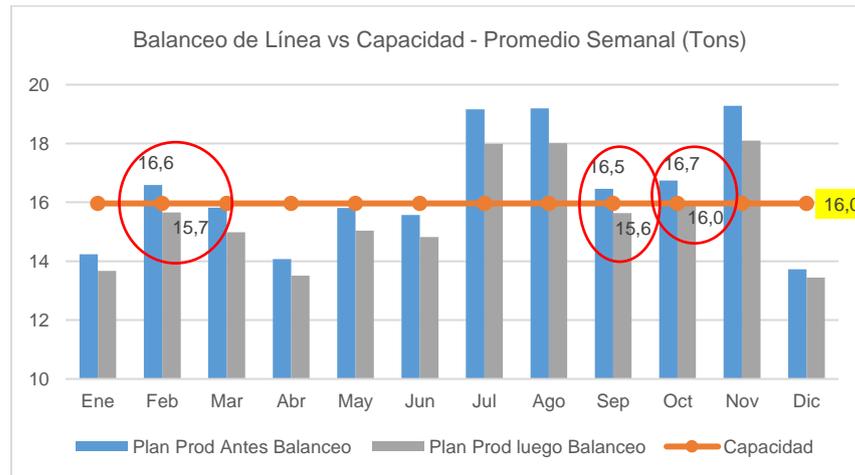


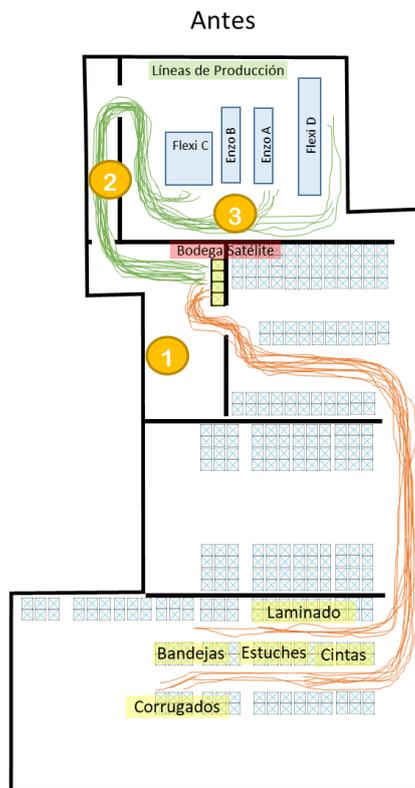
Gráfico 18: Balanceo de Línea vs Capacidad
Elaborado por: Autor

Se puede apreciar en el gráfico 18, los picos en los cuales se habría rebasado la capacidad semanal de los 15 turnos son en las semanas de febrero, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre. Es así que, sin el proyecto de balanceo, se habría requerido trabajar 60 turnos al año fuera de los 15 turnos iniciales. Con el proyecto de balanceo se ve que existen semanas en las que va a ser necesario trabajar más de los 15 turnos debido a la demanda, siendo así 36 turnos. Por lo tanto, el ahorro mínimo del proyecto de balanceo se da para la diferencia de **24 turnos**, en la utilización de mano de obra por sobretiempo, es decir por un valor de **\$1.187 USD** anuales.

4.3. Eliminación de Bodega Satélite y Abastecimiento a través de Punto de Uso y Mizusumashi

Respecto a la evolución del área y el manejo de materiales, la implementación de punto de uso ya comienza a mostrar resultados, en primera instancia por la eliminación de la bodega satélite de abastecimiento. Esta reducción permitió ganar 20 posiciones adicionales para la bodega de producto terminado, lo que ayuda notablemente en época de producción alta. De igual manera ocurre con la cantidad de movimientos para el abastecimiento de parte de la bodega y por parte de producción hacia la línea. El siguiente diagrama de Spaguetti (figura 15), muestra cómo era el proceso antes:

Figura 15: Diagrama de Spaguetti proceso anterior



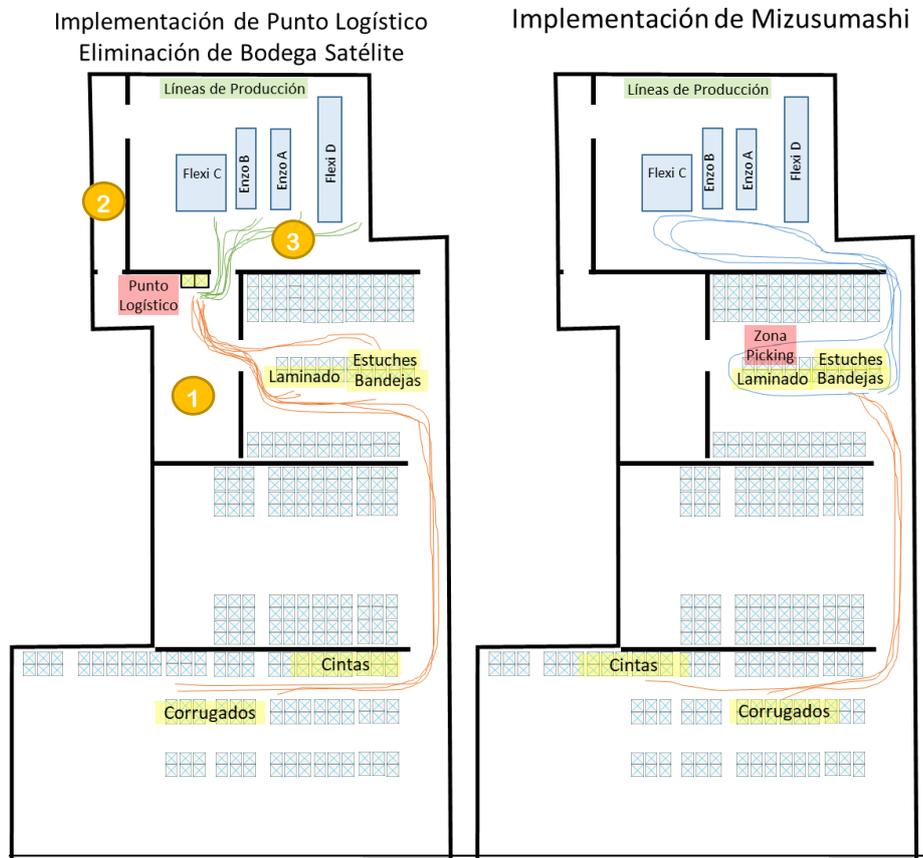
El diagrama muestra el ejemplo para el SKU más representativo de cada línea de empaque. La línea naranja muestra los recorridos realizados por el montacargas para abastecer los SKUs más representativos de cada línea de empaque hacia la bodega satélite. Todos los materiales se encontraban al otro extremo de la bodega y como el pedido se hacía para varios turnos la cantidad de viajes y tamaño de lote era indeterminado. Adicionalmente ocurrían 3 áreas con riesgos de seguridad debido a que se trataban de áreas donde había circulación de: montacargas – yales y personal (puntos 1 y 2) y circulación de yales y personal (punto 3). Finalmente existía otro problema: al ser la responsabilidad de cada operador el abastecimiento hacia su línea había momentos de paradas por falta de materiales ya que el yale mecánico estaba siendo utilizado por otro personal.

Luego del proyecto, en primera instancia, luego de la eliminación de la bodega satélite y el cálculo de tamaño de lote basado en el consumo, el primer beneficio radica en la reducción en tiempo y frecuencia de abastecimiento,

encontrándose reducción del **80%** en términos de tiempo y **67%** en términos de frecuencia, así:

Figura 16: Diagrama de Spaguetti proceso propuesto

	Antes	Ahora	Reducción Tiempo
Ruta	Abastecimiento a bodega satélite	Abastecimiento al punto logístico	
Tiempo	10 min	2 min	80%
Frecuencia	30 veces	10 veces	67%



Elaborado por: Autor

Respecto a los riesgos de seguridad se ve también ya una mejora luego de la implementación del punto logístico: Se reduce la movilidad de yale mecánico en el área 2, adicionalmente se reduce la presencia del montacargas en el área 1. Se habilita una entrada y un vehículo de carga más pequeño para que el personal de producción pueda abastecer los puntos de uso. Para la fase del proyecto a través del uso del Mizusumashi, se espera eliminar la presencia

del montacargas permanentemente en el área 1 y habilitar un espacio para estrada y salida del carrito Mizusumashi por el área de ingreso de producto terminado.

En cuanto a resultados referentes a este proyecto, se muestra primeramente el impacto en capital de trabajo y se puede ver una reducción de 72,7% vs el período inicial, esto quiere decir un valor promedio diario de reducción de \$21.400. Esto representa menos dinero en inventario de fábrica, por lo tanto, más liquidez para mejor distribución dentro de la cadena

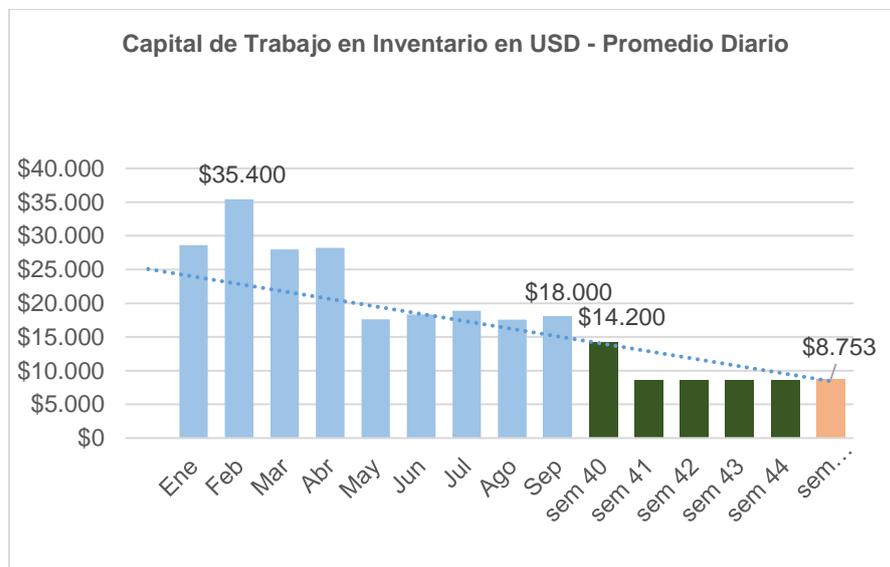


Gráfico 19: Capital de trabajo en inventario, en dólares americanos
Elaborado por: Autor

Por otro lado, se muestra también el impacto, pero desde el punto de vista de días de cobertura, es decir el número de días que el inventario de esa ubicación podría cubrir. Mientras más alto sea el número de días de cobertura, más tiempo permanece el inventario en fábrica y por lo tanto pierde frescura para el cliente. El proyecto nos brinda la oportunidad de reducir el número de días de cobertura de la bodega satélite. Se puede observar una mejora de hasta 94,3%, esto es, de 28 a 1,6 días:

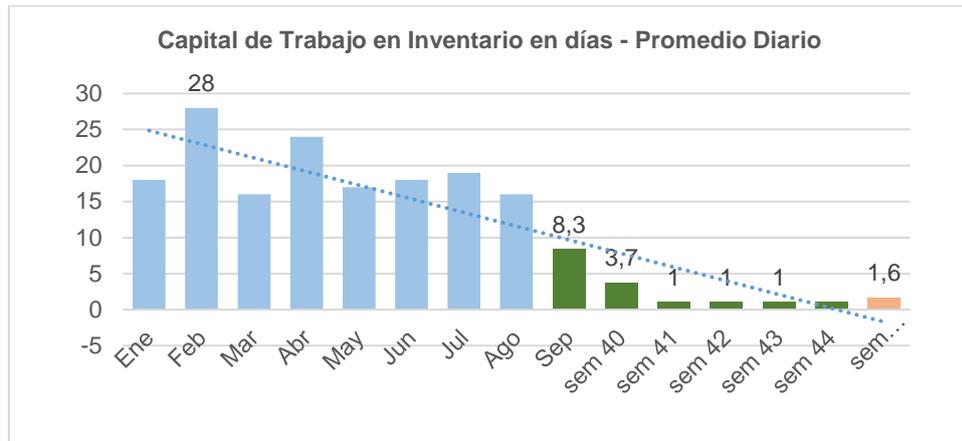


Gráfico 20: Capital de trabajo en inventario, en días
Elaborado por: Autor

Otro problema que se logró reducir está asociado al incumplimiento de las políticas de consumo de materiales que cuenta la compañía: FEFO (First to Expire – First Out), esto con el fin de contribuir con la disponibilidad de materiales y productos más frescos para el consumidor y reducir las pérdidas de materiales por caducidad.

Antes al contar con una bodega satélite, con materiales para varios días, el personal de fabricación encargado de abastecer las líneas cometía constantemente incumplimiento hacia esta política FEFO. Cuando la diferencia entre la fecha de expiración entre el material consumido vs el que debió consumirse en mayor a 30 días representa un incumplimiento mayor dentro de las auditorías de Calidad.

Luego de la implementación de las mejoras, al contar con materiales para el día o turno, la cantidad de incumplimientos mayores ha contado con una reducción constante, llegando ahora a una reducción de 63% respecto a valores absolutos de incumplimientos. Ahora respecto a la cantidad de incumplimientos vs la cantidad de materiales presentes en el área de abastecimiento también cuenta con una reducción que va desde meses con 44% hasta meses con incumplimientos menores al 10%. Se pueden ver a continuación los datos correspondientes al 2019:

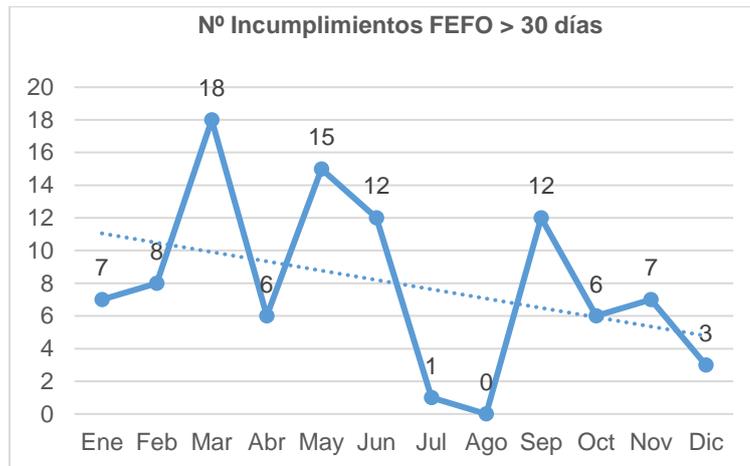


Gráfico 21: Incumplimientos FEFO mayores a 30 días
Elaborado por: Autor

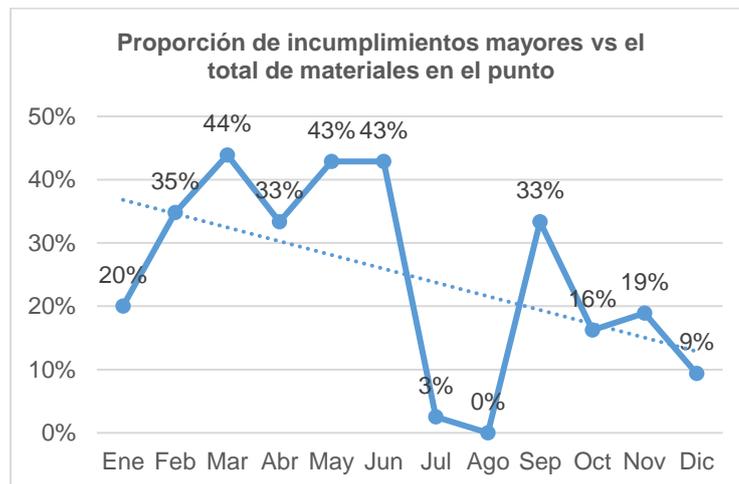


Gráfico 22: Proporción de incumplimientos mayores vs total de materiales
Elaborado por: Autor

Finalmente, si analizamos no solo el número de incumplimientos, sino que tan grande fue el inconveniente, es decir la diferencia de días, se puede apreciar también una mejora permanente. La siguiente gráfica muestra dos estadísticos: la media y la mediana (ya que los datos son bastante dispersos). Se puede observar mejoras a nivel de mediana que van de los 52 a los 19 días y a nivel de mediana que va de 29 días hasta 6 días.

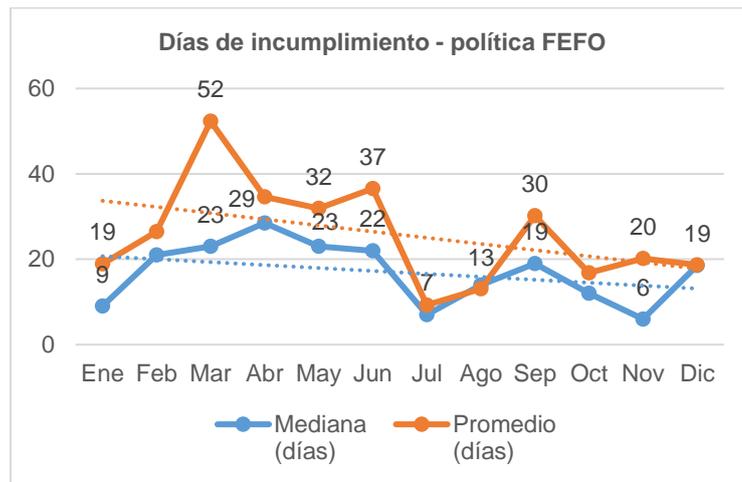


Gráfico 23: Días de incumplimiento política FEFO
Elaborado por: Autor

4.4. Secuencia óptima de Producción – EPQ

La organización de la producción de esta área cubrió también la necesidad de establecer cuál es el mejor tamaño de lote que permita minimizar costos asociados a cambios de formato, liberación, inventario y mantenimiento de stocks de seguridad. El ejercicio para establecer la secuencia óptima de producción para minimizar los tiempos invertidos en cambios de formato y la pérdida de eficiencia luego de los arranques fue un input muy importante para el cálculo de los lotes óptimos.

Respecto a los resultados del ejercicio, se puede denotar los siguientes puntos:

- 1) 72,2% de los SKUs tuvo que aumentar el tamaño de lote en un 72% (mediana), es decir, el costo de cambio de formato, liberación y mantenimiento de stock de seguridad hace que esta acción deba ser tomada. Son estos SKUs que en un futuro deben detonar proyectos de reducción de tiempos de cambios de formato con el fin de reducir el tamaño de lote y contribuir de mejor manera con la flexibilidad del área. El análisis debe arrancar con los 5 Skus más críticos (Pavo 20g, 80g y 120g, Porcino 21g y Chico Display), que requieren un incremento de entre 1 y 7,8X veces.

- 2) 28% de los SKUs pudieron reducir el tamaño de lote en un 18% (mediana), es decir, el costo de inventario permite realizar esta reducción. Esto es bastante bueno ya que van en orden con la necesidad de la fábrica hacia el camino de establecer líneas más flexibles.

Tabla 29: Tamaño económico de Lote de producción por SKU

SKU	Máquina	Lote Actual (cjs)	Costo del Lote Actual (USD)	Lote Económico Producción (cjs)	Costo del Lote Econ (USD)	Diferencia (cjs)	Diferencia %	Ahorro por lote (USD)
Porcino 84g	ENZO A	245	12.694	289	12.579	44	18%	115
Coco 84g	ENZO A	153	5.279	129	5.174	-24	-16%	105
Pavo 120g	ENZO A	200	49.574	817	29.289	617	309%	20.285
Pavo 80g	ENZO A	200	47.750	769	33.882	569	285%	13.868
Porcino 21g	ENZO B	86	17.823	305	10.326	219	255%	7.497
Pavo 20g	ENZO B	200	102.320	1.761	46.444	1.561	781%	55.876
Mix Maiz 80g	FLEXI C	205	11.600	241	11.479	36	18%	121
Mix Aceitunas 60g	FLEXI C	236	9.386	273	9.324	37	16%	62
Mix Porcino 60g	FLEXI C	236	6.828	145	6.276	-91	-39%	552
Mix Fréjol 60g	FLEXI C	399	30.079	737	26.415	338	85%	3.664
Mix Pavo 70g	FLEXI C	320	19.403	433	18.883	113	35%	520
Mix Pavo 60g	FLEXI C	236	9.301	235	9.301	-1	0%	0
Mix Brocolí 70g	FLEXI C	240	13.920	305	13.570	65	27%	350
Mix Formas 60g	FLEXI C	993	30.358	817	29.918	-176	-18%	440
Mix Tomate 70g	FLEXI C	382	33.567	657	30.886	275	72%	2.681
Chico Estuche	FLEXI D	424	55.071	593	54.459	169	40%	612
Chico EC	FLEXI D	400	17.075	177	15.693	-223	-56%	1.382
Chico Display	FLEXI D	360	75.043	721	72.592	361	100%	2.451

Elaborado por: Autor

Cualquier cambio en el tamaño de lote hacia el óptimo permite traer ahorros hacia la cadena. Vemos que en general, a través del cálculo de la mediana (por la dispersión de los resultados) que existe un ahorro de 582 USD por cada orden de proceso. El histórico del área facilitado por el área de programación muestra un promedio semanal de 7 lotes programados, por lo que existe un ahorro potencial de 211.848 USD anuales para el negocio.

4.5. Impacto en Indicadores de Productividad

Toda la implementación de Manufactura Esbelta no tendría sentido sino hubiese impacto en indicadores de productividad. Esta cultura de trabajo nos enseña que, a través de una cultura de cumplimiento de estándares,

levantamiento y cierre de condiciones subestándar, y analizando correctamente los problemas, las líneas de producción comienzan a reaccionar de forma positiva, con menos problemas debido a averías, paros menores, fallas de materiales, etc.

A continuación, se muestra entonces como la Eficiencia de la línea comienza a comportarse luego de transcurridos algunos de los proyectos antes expuestos. La primera gráfica muestra la evolución semanal 2019 - 2020 de la Eficiencia de todas las máquinas combinadas. Se puede observar dos elementos, variabilidad y tendencia.

El primer elemento que es importante eliminar en cualquier proceso es la variabilidad ya que le quita la capacidad de predicción del sistema y por tanto requiere incrementar inventarios de seguridad a lo largo de la cadena para poder reaccionar a esa variabilidad. Una vez estabilizado un sistema, a través de ciclos PDCA se puede mejorar la media de la variable en cuestión. Para poder evidenciar el impacto en la variabilidad del proceso de los proyectos, se utiliza una gráfica de control (gráfico 25). En ella se puede evidenciar como ha mejorado la variabilidad de 2019 a lo que va del 2020. Por otro lado, también muestra como la media de la eficiencia presenta también una evolución favorable.

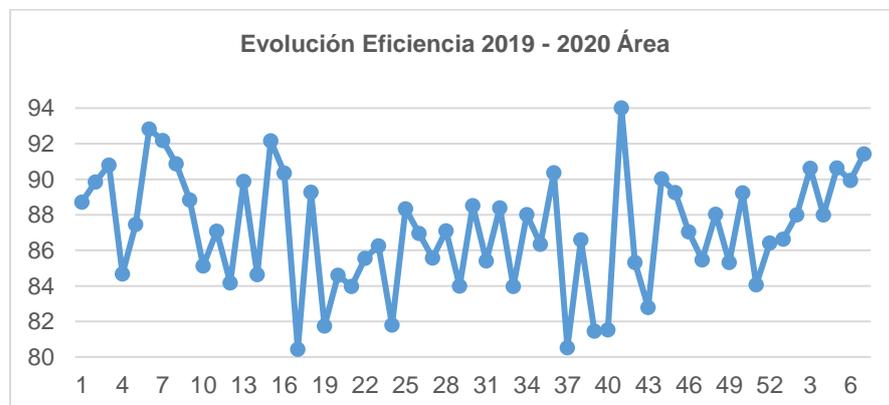


Gráfico 24: Evolución de eficiencia periodo 2019 - 2020

Elaborado por: Autor

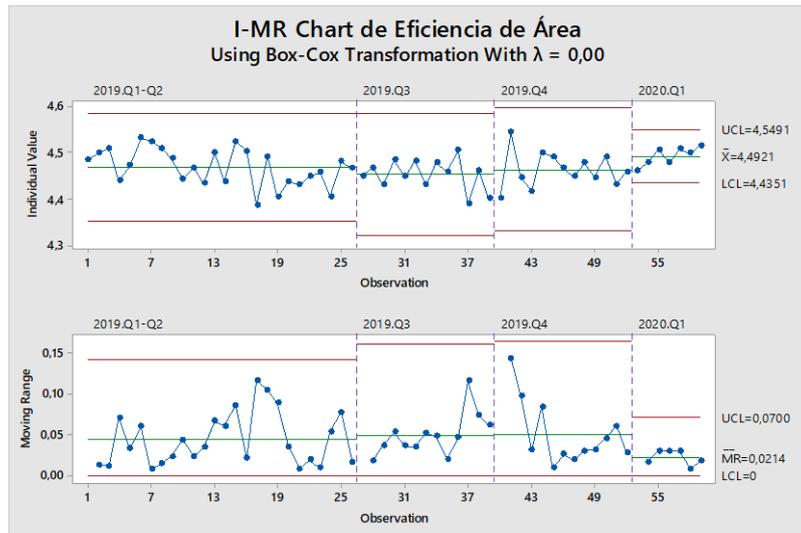


Gráfico 25: Variabilidad de Eficiencia de área
Elaborado por: Autor

Para ampliar un poco más acerca de la evolución de la variabilidad y media de la eficiencia, se muestra un diagrama de cajas, en las que se puede apreciar una mejora desde el tercer trimestre del 2019.

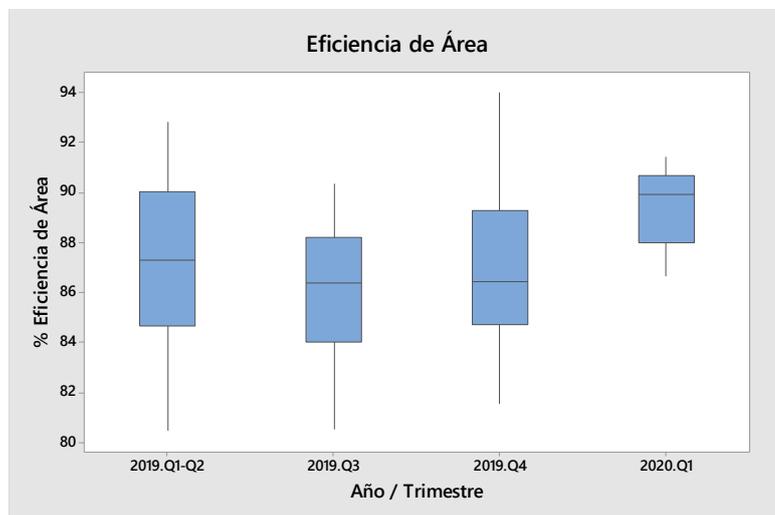


Gráfico 25: Eficiencia de área por trimestre
Elaborado por: Autor

Las siguientes gráficas de cajas muestra la evolución en variabilidad como en media de eficiencia para cada una de las máquinas:

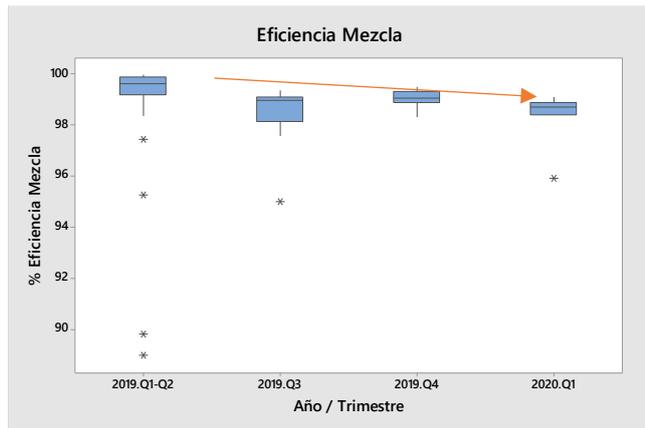


Gráfico 26a: Eficiencia trimestral de Mezcla
Elaborado por: Autor

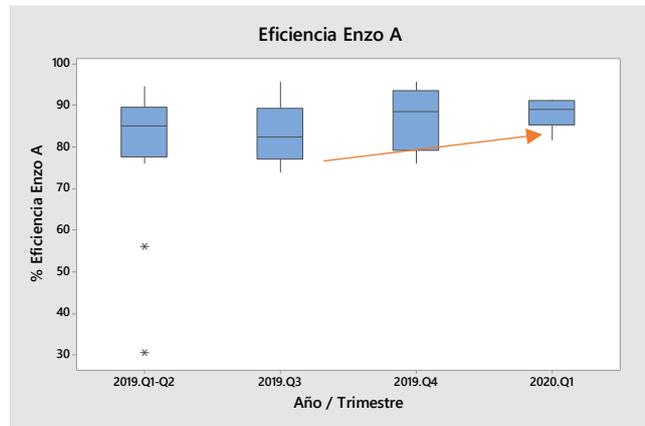


Gráfico 26b: Eficiencia trimestral de ENZO A
Elaborado por: Autor

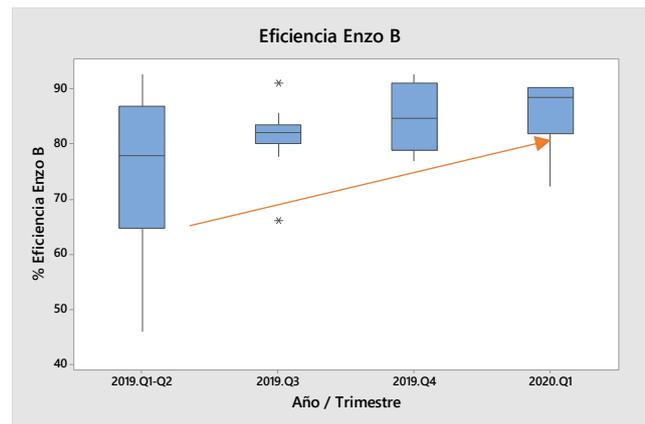


Gráfico 26c: Eficiencia trimestral de ENZO B
Elaborado por: Autor

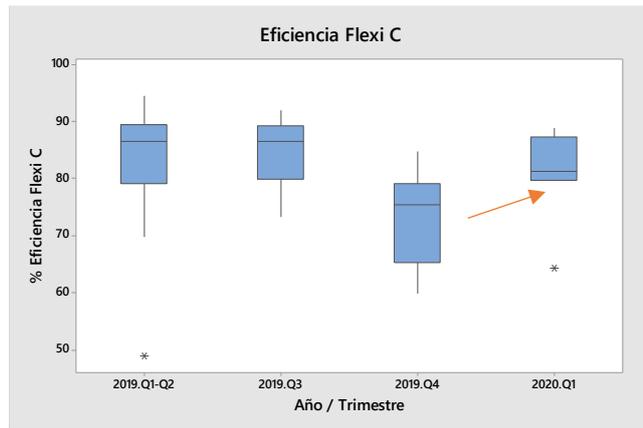


Gráfico 26d: Eficiencia de trimestral FLEXI C
Elaborado por: Autor

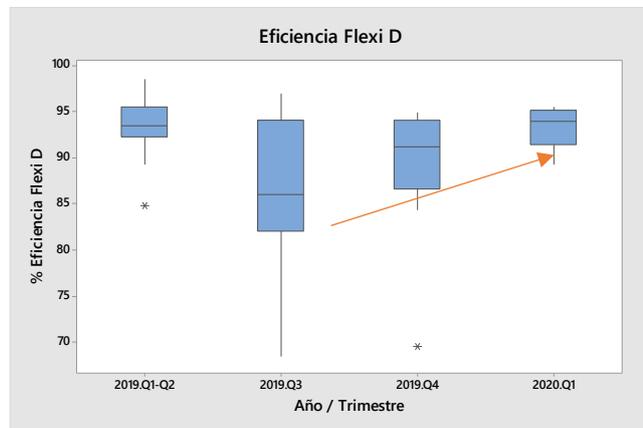


Gráfico 26e: Eficiencia de trimestral FLEXI D
Elaborado por: Autor

Se pueden apreciar los siguientes resultados:

Mezcla: se evidencia una desmejora progresiva a través de los trimestres (De 99,4% Trim1 2019 a 98,3% Ene-Feb 2019). Si bien es cierto la caída es de 1%, luego de conversar con los operadores esto se debe a un factor: confiabilidad de datos. Antes de la implementación, era muy común encontrar semanas de 100% de Eficiencia, y esto es debido a que la capacidad de mezcla es muy superior a la de empaque, por lo que cualquier problema es resuelto rápidamente sin necesidad de afectar al resto del área. Ahora ya todo tipo de pérdida (paro menor, falta de materiales, etc) es registrado por el personal. La línea presenta una mejora en su variabilidad desde el Trimestre 3 del 2019.

Enzo A: Presenta mejoras en ambos aspectos: variabilidad y media de la eficiencia, yendo de un valor de 81,4 a 88%. El reto aún consiste en mejorar aún la dispersión de los datos y establecer proyectos que ayuden a continuar eliminando las pérdidas actuales que impiden obtener una mejor eficiencia.

Enzo B: Se trata de la línea con los mejores resultados en cuanto a subir la media de la eficiencia, de 73,9% a 85,5%. También presentando mejoras con respecto a la variabilidad. Sin embargo, esto no es suficiente, ya que, de ambas Enzo, es la menos confiable o predecible. Al igual que en caso anterior, el reto respecto a la mejora de la media y variabilidad de la eficiencia continua, no sin desmerecer todo el buen trabajo que se puede evidenciar que se realizó en el 2019.

Flexi C: Esta línea es la que más desmejora ha presentado, ya que va de un valor de eficiencia de 84% a 80,9%. Para esta línea tenemos dos grandes factores que están influyendo para este escenario:

- 1) Caída en la ocupación de la línea: Como se vio en el capítulo 3, la ocupación de la línea presenta un valor anual del 36,8%, lo que significa que hay semanas que no se programa y las semanas que lo hace, solo trabaja 2 turnos. La falta de corridas largas hace que el tiempo de producción neta disminuya también, de manera que cualquier problema que ocurra, tendrá menos horas en cual diluirse.
- 2) Confiabilidad de datos: tal como se mencionó con Mezcla, esta línea tampoco registraba todos los problemas y es que debido a la poca ocupación que tiene la línea, hace que la producción se pueda recuperar en la siguiente semana por lo que no había necesidad de contar con datos para incrementar su capacidad. Finalmente, aunque no se ve una tendencia marcada a lo largo de los trimestres, se puede apreciar ya una mejora entre los dos últimos grupos, con valores de eficiencia de 73,1% a 80,9% así como una mejora en la variabilidad.

Flexi D: Existe una diferencia de que va de 93,6% a 93,2%. Pero como se ve en la gráfica, este es el resultado luego de un proceso de restauración de

los resultados, y es que en Trimestre 3, al igual que en los casos anteriores se ve impactado en parte por la confiabilidad de los registros de paros hasta finalmente igualarse casi al valor de los dos primeros trimestres del 2019. Si se realiza una comparación vs el trimestre 3 (el peor del año 2019), se puede ver una mejora que va de 86,2% a 93,2%, así como una mejora notable en la variabilidad.

A pesar de los altos y bajos en las diferentes líneas se pudo evidencia que el área entera tuvo una mejoría, que, si lo traducimos en horas de producción en términos de costo de la hora hombre y costo de trabajo de máquina por hora, representa un ahorro para la compañía con un total de 36.788 USD anuales, así:

Tabla 30: Ahorro total por línea

	Efic Q1-Q2 2019 %	Efic Q1 2020 %	Diferencia en Horas Netas (Horas)	Ahorro Total (USD)
Mezcla	98,5	98,3	-10	-2.502
Enzo A	81,4	88	123	8.220
Enzo B	73,9	85,5	258	18.476
Flexi C	84	80,9	-7	-673
Flexi D	93,6	93,2	118	13.266
Total Área	87,3	89,3	482	36.788

Elaborado por: Autor

4.6. Ciclo SDCA: Alineando y acompañando al Gemba

En el último ámbito respecto a los resultados, se muestran los esfuerzos para mantener los resultados de manera sostenida. En el capítulo 3 se amplió que para que esto suceda deben ocurrir 3 elementos: Alineación, Acompañamiento y Autonomía

Para la alineación se implementaron reuniones de cambio de turno para cada una de las máquinas con el fin de que los operadores puedan discutir sobre los resultados del turno en las dimensiones de seguridad, calidad y productividad, el status del cumplimiento de sus estándares y los planes de acción para corregir y evitar desviaciones. El mapeo para la implementación quedó de la siguiente manera:

Tabla 31: Mapeo para implementación

	Tripulación (por turno) Nº	Turnos Diarios Promedio Nº	Reuniones Semanales Nº
Mezcla	2	2	10
Enzo A	3	3	15
Enzo B	5	3	15
Flexi C	4	2	10
Flexi D	7	3	15

Elaborado por: Autor

Por lo que, en promedio en una semana en la que todas las máquinas son programadas, se realizan un total de **65** reuniones de cambio de turno a la semana, a través de la discusión de un total de **13** operadores de máquina. Este espacio tiene un potencial muy grande para poder ayudar al operador en el conocimiento de sus operaciones, así como la discusión de planes de acción que ayuden a que los problemas se resuelvan de raíz y evitar su repetitividad.

Para asegurar que la competencia y la práctica se mantengan en el tiempo, Manufactura Esbelta presenta un sistema que ayuda a cubrir estas aristas y cuenta con el nombre de SDCA: Standard (Estandarizar), Do (Hacer), Check (Verificar) y Act (Actuar).

Hasta el momento se ha revisado la implementación de proyectos (Estandarizar / Hacer), por lo que la fase de Verificar es muy importante para que el ciclo cumpla su propósito. Este paso ayuda a que las nuevas prácticas se conviertan en hábitos y esto solo se puede conseguir y reforzar a través de la práctica. Es aquí donde a través de la implementación de un sistema de acompañamiento se verifica que estas prácticas se están realizando de manera correcta y que están dando los resultados esperados (Coimbra, 2013, p. 69).

Figura 17: Ciclo SDCA



Fuente: Coimbra, 2013, p. 69

El equipo de líderes de área, conformado por el equipo de fabricación, técnico del área, con representantes del área de seguridad y calidad son el grupo responsable de velar que las mejores prácticas del área se realicen del acuerdo al estándar. Es así que, dentro de su rutina diaria de revisión de resultados del día anterior, destinan un espacio dentro de su agenda para acompañar a las líneas desde dos aspectos:

- 1) Crear competencia: cuando una herramienta se encuentra en su periodo de implementación, el acompañamiento tiene como fin guiar al personal en la mejor manera de cumplir y gestionar su estándar. Este acompañamiento también le sirve al coach para aprender a identificar oportunidades del mismo sistema para futuras réplicas.
- 2) Eliminar una pérdida: cuando un resultado no se encuentra bajo el objetivo y existe una herramienta implementada que pudo haberla evitado. El fin es comprender que fue lo que pasó y qué es lo que el grupo de operadores o técnicos necesita para evitar y detectar a tiempo el mismo tipo de problema en un futuro.

Todos los acompañamientos tienen como entregables planes de acción, que dependiendo del nivel se quedan en la reunión de cambio de turno para su ejecución por parte de los operadores o si se encuentra fuera de su alcance

queda en la reunión de líderes de área para su seguimiento y cierre. Actualmente se encuentra en proceso un proyecto para poder digitalizar estos acompañamientos a través de Microsoft Forms con el fin de poder obtener estadísticas sobre los acompañamientos y poder redireccionar mejor las acciones hacia las líneas o herramientas que necesiten más soporte.

Es responsabilidad de cada uno de los integrantes del grupo de liderazgo incrementar propia competencia en la herramienta que desea acompañar con el fin de poder guiar correctamente el equipo de operadores y técnicos.

En términos de autonomía el objetivo es brindar el conocimiento y las herramientas para que la mayoría de los problemas pueda ser resuelta por los operadores y técnicos de la línea. La herramienta implementada para este objetivo es la cadena de ayuda.

Como se revisó en el capítulo 3, la cadena de ayuda consiste en escalar un problema hacia diferentes niveles jerárquicos en caso de que con el transcurso del tiempo no se logre eliminar, es decir enseñar y dar la autoridad a los operadores a que levanten la mano a tiempo y así lograr reducir el tiempo de pérdida por falta de reacción.

Una buena implementación dicta que cada vez que se rebase el tiempo establecido para cada nivel se dirija al siguiente y adicionalmente debe levantarse un registro para analizar qué fue lo que pasó, por qué no se pudo resolver en el nivel 0 (operadores) y que acciones hay que tomar para que no vuelva a ocurrir.

Cuando se revisa la implementación, se observó que no se han levantado cadenas de ayuda formales desde su implementación en el tercer trimestre el 2019. Analizando los datos de paradas no planeadas del área en el periodo comprendido entre octubre de 2019 a enero de 2020, y, clasificándolas por su duración, en la tabla 32 se puede apreciar que sí hubo oportunidades para detonar esta herramienta para los diferentes niveles:

Tabla 32: Resultados ciclo SDCA

Nivel	Recurso	Máquina en Espera Ausentismo, SSII, Materiales	Averías Mecánicas / Eléctricas	Paros Menores Peq Calibraciones, Limpiezas, Atascamientos	Falla Operacionales Calibraciones Mayores, Fallas de Calidad de Materiales	Total general
Nivel 0: Operador	Enzo A	9		201	33	243
	Enzo B	12	2	29	89	132
	Flexi C	17		28	84	129
	Flexi D	27		59	14	100
	TOTAL	65	2	317	220	604
Nivel 1: Técnico / Apoyo de Línea	Enzo A	31	3	2	11	47
	Enzo B	16	2		27	45
	Flexi C	84		2	67	153
	Flexi D	115		2	109	226
	TOTAL	246	5	6	214	471
Nivel 2: Especialistas / Supervisores	Enzo A	1	3		13	17
	Enzo B	4	5		16	25
	Flexi C	7	3		20	30
	Flexi D	7			6	13
	TOTAL	19	11		55	85
Nivel 3: Jefaturas	Enzo A	1	7		3	11
	Enzo B	2	4		12	18
	Flexi C	1	3		20	24
	Flexi D	7	1		11	19
	TOTAL	11	15		46	72
Nivel 4: Gerencia	Enzo A		1			1
	Enzo B				1	1
	Flexi C				2	2
	Flexi D	1				1
	Mezcla	1	2		2	5
TOTAL	2	3		5	10	

Elaborado por: Autor

En total existieron **638** oportunidades para detonar una cadena de ayuda. De los cuales se puede apreciar que hubo paradas que era necesario que sean resueltas por los niveles superiores **82** (jefes y gerencia). En esta parte existe un ahorro potencial ya que, si se hubiese detonado a tiempo, la misma cantidad de paradas habrían tenido una duración menor así:

Tabla 33: Ahorro potencial por línea

	Paradas de Nivel 3 y 4 Nº	Duración Efectiva del Paro (Hrs)	Duración del Paro en Nivel 2 (Hrs)	Diferencia en Horas Netas (Horas)	Ahorro Total (USD)
Mezcla	1	2	1	1	89
Enzo A	12	39	24	15	1.080
Enzo B	19	56	38	18	1.646
Flexi C	26	71	52	19	4.844
Flexi D	24	51	24	27	2.984

Elaborado por: Autor

Se muestra entonces una oportunidad de ahorro potencial de 79 horas con un costo de 10.644 USD. En conversaciones con el equipo de operadores, se mencionan elementos importantes a considerar para el mejoramiento de este sistema, el primero es que se menciona que no es que no hubo cadena de ayuda, sino más bien que no se las registró. Es decir, para problemas con las máquinas como averías o calibraciones, el primer punto al que acudían inmediatamente los operadores es al equipo técnico de lo contrario esos tiempos actuales habrían sido mayores, igual manera presentan ejemplos con la falta de materiales o problemas de calidad de los materiales, los operadores mencionan que sí conocen en su mayoría con quien direccionarse en caso de problemas.

En segundo lugar, mencionan que el trabajo administrativo detrás de la cadena de ayuda es lo que más dificulta su registro, es decir, el llenar el formato, levantar el plan en la reunión de cambio de turno y detonar la reunión para el análisis. Cabe resaltar que son justamente estos elementos los que ayudan a dar visibilidad al equipo de liderazgo para poder dar el soporte que se necesita. El plan de acción que queda pendiente es el de incrementar los acompañamientos en esta herramienta y simplificar el proceso, para que hayan menos trámites administrativos y más análisis.

En general se puede apreciar que las ganancias que deja la implementación de Manufactura Esbelta compensa todo el esfuerzo que significa crear una cultura. La siguiente tabla muestra un resumen de los resultados obtenidos hasta el momento en términos de costo-beneficio:

Tabla 34: Resumen relación costo-beneficio

Beneficio Tangible:	Costo Tangible:
<ul style="list-style-type: none"> • Calidad: 273 días sin cuerpos extraños. 63% de reducción de incumplimientos graves hacia FEFO • Área más segura: Reducción de riesgo de impacto en zona de movilización de materiales y de personal. • Ahorro por evitar uso de sobretiempos: \$1.187 • Reducción en movilización de montacargas: 80% en tiempo y 67% en frecuencia • Ahorro por disminución de capital de trabajo: \$21.400 • Ahorro por uso de lote óptimo de producción: \$211.848 • Ahorro por incremento de eficiencia: \$36.788 	<ul style="list-style-type: none"> • Cierre de Desviaciones de Línea: \$ 41.000 • Estaciones para Punto de Uso: \$ 5.000 • Vehículo Mizusumashi: \$ 3.000 • Tableros para Reuniones de Cambio de turno: \$ 2.000 • Anaqueles para Herramientas: \$5.000 • Pintura para zonificación: \$ 3.000 • Gestión Visual del Área: \$ 1.500

Elaborado por: Autor

Implementar este tipo de pensamiento en toda el área ha sido todo un reto, y no se puede pensar que se debe solo a los costos tangibles, sino más bien a todo el esfuerzo que hay detrás y que no se puede cuantificar: las incontables horas-hombre invertidas en entrenamiento, análisis, implementación, seguimiento y acompañamiento por parte del equipo de operadores, técnicos, bodega y de líderes. Sin ellos y sin su compromiso esta implementación no estaría dando los frutos que se ven. No es en vano el mensaje de toda implementación de Manufactura Esbelta: el éxito depende 20% de las herramientas y 80% del compromiso y entusiasmo por parte del talento humano que se encuentra detrás de los procesos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En síntesis, a través del desarrollo del presente proyecto de investigación, se evidenció que el impacto de la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta dio resultados que impactan tanto a nivel financiero, a nivel de línea de producción y a nivel de servicio al cliente.

Se logró la reducción del capital de trabajo en un 72,7% en términos de dinero - es decir un valor promedio diario de reducción de \$21.400 - y una reducción de 94,3% en términos de días de cobertura al ir de 28 a 1,6 días, lo que representa menos dinero en inventario de fábrica, por lo tanto, más liquidez para mejor distribución dentro de la cadena, así como también menos tiempo de permanencia en fábrica lo que significa y producto más fresco para el consumidor con mayor tiempo de duración.

Este resultado principalmente fue posible mediante la implementación de varias iniciativas en conjunto que como nos explica la metodología, requieren del involucramiento de todos, desde los líderes del área hasta operadores y técnicos de línea. La implementación de 5S en el área de fabricación, la gestión visual en el área de fabricación a través de los supermercados, áreas de picking y Mizusumashi influyeron de gran manera positiva en la obtención de mejores tendencias en los resultados del área, así como también en la transformación de las áreas de trabajo, así:

- Seguridad de los empleados ya sea por la eliminación de condiciones subestándar en la máquina con el cierre del 92% de registros levantados, cómo también por la disminución de riesgos asociados a colisiones por los tipos de movilizaciones que se realizan dentro del área de bodega y picking.

- Calidad de los productos y procesos al lograr alcanzar 273 días sin desviaciones por cuerpos extraños, es decir, menos riesgo de reclamos por presencia de elementos que tienen la posibilidad de ingresar en contacto con el producto y llegar al consumidor. Por otro lado, se consiguió una reducción de 63% de incumplimientos graves hacia el cumplimiento de la política de consumo FEFO.
- Reducción de WIP en el área de fabricación, no solo se consiguió reducir el inventario en capital de trabajo y en días de cobertura, lo que significa menos material en área de fabricación, más orden, más control y menos errores. Adicionalmente se logró habilitar 20 posiciones, lo que significa mayor capacidad de almacenamiento para la bodega de fábrica.
- La eficiencia del área tuvo una mejora global que va de un 87,3% hasta un 89,3%, lo que representa un ahorro anual de \$ 36.788 USD. Lo que quiere decir que se requieren menos recursos de mano obra, máquina e insumos para producir.

De igual manera, se procedió con la implementación de proyectos que permitan identificar oportunidades que contribuyan con el mejor aprovechamiento de la capacidad líneas de producción, por lo que se realizaron ejercicios de implementación de secuencia óptima de producción con el objetivo de reducir pérdidas de capacidad por tiempos de changeover. Junto con esta iniciativa se procedió con el balanceo de planes de producción lo que permitió eliminar la necesidad de trabajar en turnos con cargos de sobretiempo con un ahorro anual estimado de \$1.187 USD anuales. Este trabajo, en conjunto con los proyectos anteriores en la línea y su abastecimiento, permitieron mejorar la estabilidad de la línea, por lo que la aplicación de los EPQs para cada uno de los SKUs cobra más relevancia, mostrando un potencial ahorro de \$211.848 USD anuales.

Como se ha visto a lo largo de la implementación de los proyectos, la organización no puede perder su principal objetivo: Deleitar al consumidor. Es así que el trabajo sobre la disponibilidad, flexibilidad, costo y frescura se vuelven

la mejor brújula al momento de la definición de los proyectos y su alcance. Esta alineación a lo largo de la organización es muy relevante ya que permite a los equipos conocer cómo van a aportar en el cumplimiento de estos objetivos.

De igual manera, al momento de elegir cuáles proyectos implementar y en qué orden, se pudo evidenciar que la mejor manera de arrancar es con proyectos que aporten con la disminución de la variabilidad de los procesos. Esta estabilidad permite que sean más predecibles y puedan aplicarse proyectos con mejor retorno. Por lo cual, contar con datos confiables desde las líneas de producción y hacia arriba se vuelve un pilar crítico a la hora de tomar decisiones sobre los proyectos. Las organizaciones deben garantizar que existen sistemas que permiten contar con datos confiables, ya que esto permite la toma de decisiones basados en datos estadísticos y no en la intuición o experiencia que puede llegar a ser muy subjetivo.

5.2. Recomendaciones

Manufactura Esbelta enseña también que para que la mejora sea continua, se debe ejercitar constantemente la habilidad para identificar pérdidas y problemas. Los equipos de trabajo se deben retar constantemente para evitar caer en la zona de confort. Un problema es un regalo, ya que es una oportunidad para mejorar los procesos a través de acciones que requieren el involucramiento de todos. Elementos como los controles visuales y reporte de desviaciones representan ejemplos de entregables de proyectos que permiten identificar y gestionar de forma autónoma las desviaciones a los estándares.

Este proceso deja también un aprendizaje: “equivocarse está bien”, y es que no todo proyecto es exitoso al primer intento ni todas las acciones que funcionaron en un área van a ser exitosas en otra. Se requiere probar, retroalimentar y evaluar. Lo importante y fundamental es no dejar de involucrar a los operadores y personal impactado en las soluciones y retroalimentaciones para que puedan aprender de los errores y seguir mejorando.

Por consiguiente, se puede concluir que el éxito de una implementación depende en su mayoría del trabajo con la gente y poca proporción de la aplicación de herramientas. Es decir, la creación de una cultura de mejora continua a todo nivel es fundamental para que el proceso no sea temporal. El desarrollo de una cultura requiere autonomía y reconocimiento para la toma de decisiones en el nivel correcto. Esto conlleva a que los líderes necesitan implementar sistemas de acompañamiento al Gemba que permitan la identificación a tiempo de oportunidades en: desarrollo de habilidades, correcta ejecución de estándares, remoción de obstáculos para la toma de decisiones; para su consiguiente levantamiento y gestión de planes de acción.

Considerando que el presente proyecto abarca una fase inicial de implementación, es necesario recomendar con la continuación del proceso propuesto, considerando una evaluación y mejora continua de manera periódica, considerando los siguientes aspectos:

- En el proyecto 5S, para el fortalecimiento de la 3S, continuar con el levantamiento de registro de anomalías de máquina para poder llevarla a un mejor estado de restauración y detener su desgaste operacional. Por otro lado, se recomienda arrancar con los proyectos de eliminación de fuentes de suciedad, tanto de máquina como del área, para de esa manera mantenerse limpio ensuciando menos. Para concluir con el proyecto se debe culminar la implementación de la quinta S, es decir, lograr el período de sostenibilidad de cumplimiento de los estándares con la frecuencia y calidad esperada. Finalmente se recomienda arrancar con el proceso de autoevaluaciones para identificar oportunidades en todo el proceso de manera continua.
- Para el incremento de la capacidad de las líneas a través de la reducción de paros planeados como cambios de formato, se recomienda la implementación de dos herramientas: Centerlining y Trabajo Estandarizado. La primera con el fin de definir solo los puntos de ajuste que se necesitan para operar la máquina y fijar los que no se usan con el fin de reducir la variabilidad por manipulación por parte de operadores y técnicos. Para los puntos de ajuste restantes, aplicar

controles visuales que permitan una única forma de ajuste con el fin de reducir pérdidas de tiempo y variabilidad. Respecto al trabajo estandarizado, se recomienda la aplicación de esta herramienta ya que permite estandarizar un paso a paso de forma ordenada y gráfica que permita minimizar el tiempo que la máquina está parada. Esta herramienta también permite una preparación adecuada antes de la parada.

- Para la reducción de pérdidas de materiales por presencia de defectuosos, se recomienda la implementación de Jidokas. Esta herramienta permite la implementación de dispositivos que identifiquen los defectuosos a tiempo y los rechace automáticamente del proceso y así evitar futuros reclamos.
- Culminar con las mejoras encontradas durante la implementación de la Cadena de Ayuda en términos de facilitar su reporte y análisis. Explorar facilidades tecnológicas que faciliten el reporte y reforzar el acompañamiento por parte del equipo de liderazgo para mejorar la calidad de los análisis y evitar la recurrencia de problemas.
- Una vez implementados los EPQ's y las mejoras a nivel de cambios de formato, se recomienda la implementación de Ruedas de Producción. Esta herramienta permitirá planificar y producir el 100% de los skus de una línea en secuencia en un período determinado. Esta herramienta contribuye aún más con la reducción de capital de trabajo e incremento de la flexibilidad de la línea, llevándola a un paso más cerca del sistema Pull.
- Reforzar más el acompañamiento en las líneas de producción para asegurar que la confiabilidad de los datos sea la necesaria para obtener análisis que arrojen escenarios similares a la realidad.
- Culminar con el proceso de digitalización del registro de los acompañamientos al Gemba que realiza el equipo de liderazgo del área con el fin de poder obtener estadísticas sobre los acompañamientos y poder redireccionar mejor las acciones hacia las líneas o herramientas que necesiten más soporte.

- Una vez terminados los proyectos, ejecutar nuevamente un VSM con el fin de identificar la mejora en el lead time de los materiales del área, así como nuevas oportunidades de mejora que desencadenen nuevos proyectos para el área.
- Establecer de acuerdo a las necesidades de los negocios, un plan de implementación que permita la réplica de los proyectos hacia el resto de las áreas de la organización.

BIBLIOGRAFÍA

- Antosz, K., y Stadnicka, D. (2017). Lean Philosophy Implementation in SMEs – Study Results. *Procedia Engineering*, 182, 25-32.
- Betancourt, D. F. (11 de abril de 2016). *Capacidad de producción: ¿Qué es y cómo se calcula?* (Ingenio Empresa) Recuperado el 29 de diciembre de 2019, de <https://ingenioempresa.com/capacidad-produccion-empresa/>
- Bhasin, S. (2012). Performance of Lean in large organisations. *Journal of Manufacturing Systems*, 349-357.
- Chapman, S. (2006). *Planificación y Control de la Producción*. México, México: Pearson Educación.
- Coimbra, E. (2013). *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. New York: McGraw-Hill Education, LLC.
- Costa, L., Godinho Filho, M., Fredendall, L., y Gómez, F. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*, 122-133.
- D'Alessio Ipinza, F. (2004). *Administración y Dirección de la Producción* (Segunda ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación de México.
- Gotthardt, S., Hulla, M., Eder, M., Karre, H., y Ramsauer, C. (2019). Digitalized milk-run system for a learning factory assembly line . *Procedia Manufacturing*, 175-179.
- Harris, R., Harris, C., y Wilson, E. (2003). *Making Materials Flow*. Brookline: The Lean Enterprise Institute, Inc.
- Hopp, W., y Spearman, M. (2008). *Factory Physics*. Long Grove: Waveland Press, Inc.
- Jaber, M., y Peltrokorpi, J. (2020). The effects of learning in production and group size on the lot-sizing problem. *Applied Mathematical Modelling*, 419-427.
- Kluska, K., y Pawlewski, P. (2018). The use of simulation in the design of Milk-Run intralogistics systems . *IFAC PapersOnLine*, 1428-1433.

- Marchi, B., Zanoni, S., y Jaber, M. (2019). Economic production quantity model with learning in production, quality, reliability and energy efficiency. *Computers & Industrial Engineering*, 502–511.
- Moussawi-Haidar, L., Salameh, M., y Nasr, W. (2016). Production lot sizing with quality screening and rework. *Applied Mathematical Modelling*, 3242–3256.
- Pearce, A., Pons, D., y Neitzert, T. (2018). Implementing lean-outcomes from SME case studies. *Operations Research Perspectives*, 94-104.
- Rajadell, M., y Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Ramakrishnan, V., Jayaprakash, J., Elanchezhian, C., y Vijaya Ramnath, B. (2019). Implementation of Lean Manufacturing in Indian SMEs-A case study. *Materials Today: Proceedings*, 1244–1250.
- Render, B., y Heizer, J. (2007). *Administración de la Producción*. México, México: Pearson Educación.
- Silver, E., Pyke, D., y Thomas, D. (2017). *Inventory and Production Management in Supply Chain*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, L L C .
- Sipper, D., y Bulfin, R. (1998). *Planeación y Control de la Producción*. México, México: Mc. Graw-Hill Interamericana Editores.
- Taleizadeh, A., Soleymanfar, V., y Govindan, K. (2018). Sustainable economic production quantity models for inventory systems with shortage. *Journal of Cleaner Production*, 1011-1020.
- Tayyab, M., y Sarkar, B. (2016). Optimal batch quantity in a cleaner multi-stage lean production system with random defective rate. *Journal of Cleaner Production*, 922-934.
- The Productivity Press Development Team. (2000). *5S for Operators. 5 pillars for the visual workplace*. Boca Ratón, USA: CRC Press.
- The Productivity Press Development Team. (2002). *Pull Production for the Shopfloor*. Boca Ratón, Estados Unidos: CRC Press.