



Mejora de la eficiencia en el proceso revisión de estado de envases aplicando herramientas de Lean Manufacturing

Improving the efficiency of the container quality control process by applying lean manufacturing tools

Escudero-Santiago Bruce

Especialista en mejora de procesos, Perú

Correo: bruce@aloe.ulima.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-8693-5952>

Resumen

El objetivo del presente trabajo es demostrar que el uso de herramientas de Lean Manufacturing permite incrementar la eficiencia en el proceso de Revisión de estado de envases, eliminando o reduciendo actividades que no agregan valor al proceso. Los resultados mostraron un incremento en la eficiencia hasta en 28 %, respecto a la situación inicial. Se demostró que el uso de herramientas como AMEF, 5S, gráfica de equilibrio y manufactura celular, permitieron eliminar o reducir las actividades que no agregaban valor.

Descriptor: Lean Manufacturing, eficiencia, AMEF, 5S, manufactura celular.

Abstract

The objective of this study is to improve the efficiency of a container quality control process through a standard work method using Lean Manufacturing tools to eliminate or reduce activities that do not add value to the process. The results showed that the efficiency increased by up to 28 % in comparison with the baseline and that the use of lean tools such as failure mode and effects analysis (FMEA), 5S, worker balance chart, and cellular manufacturing eliminates or reduces activities that do not add value.

Keywords: Lean manufacturing, efficiency, FMEA, 5S, cellular manufacturing.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES DEL USO DE LEAN MANUFACTURING Y SU APLICACIÓN PARA EL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA

Se entiende por Lean Manufacturing como la “persecución de una mejora del sistema de producción mediante la eliminación del desperdicio, entendiéndose como desperdicio a toda aquella actividad que no agrega valor a un proceso” (Rajadell & Sánchez, 2010). De igual manera “las tareas que contribuyen a incrementar el valor del producto no superan el 1 % del total del proceso productivo, es decir, 99 % de las actividades restantes no aportan valor y entonces constituyen desperdicios” (Rajadell & Sánchez, 2010).

La existencia de actividades que no agregan valor a un proceso tiene un impacto negativo en su eficiencia, es decir, no se utilizan los recursos de materia prima, mano de obra o producto de una manera óptima. “Eficiencia se emplea para relacionar los esfuerzos frente a los resultados que se obtengan. Si se obtienen mejores resultados con menor gasto de recursos o menores esfuerzos, se habrá incrementado la eficiencia” (Lam & Hernández, 2008). Asimismo, “la eficiencia de una fábrica o de un proceso industrial se mide mediante indicadores basados en el cociente de los resultados obtenidos entre los recursos empleados” (Madariaga, 2024). Un ejemplo: número de piezas (por día) entre el número de operarios. Para Cieza & Olivera (2018) un plan de mejora basado en herramientas de Lean Manufacturing puede incrementar la eficiencia física en 11.67 % e incrementar la eficiencia técnica en 12.41 %. “Con la implementación de Estudio de Trabajo, 5S y Gestión por Procesos, se lograron reducir los reprocesos de 29.78 % a 11.31 % y el tiempo total se redujo de 0.97 h/cil a 0.82 h/cil, aumentando así la eficiencia del proceso productivo de 66.62 % a 81.75 %” (Mau *et al.*, 2019).

En su trabajo, Arroyo & Cruces (2020) proponen un modelo para mejorar la eficiencia en el área de extrusión, aplicando herramientas de Lean Manufacturing, cuyos resultados de prueba mostraron un aumento en la eficiencia de 78 % a 83 %. También Figueroa (2020) propone un sistema de gestión Lean Manufacturing cuyas herramientas proyectan una mejora de la eficiencia de 23.91 %. En su propuesta de mejora, Hurtado & Cespedes (2021) utilizando herramientas de Lean Manufacturing obtienen como principal resultado que la eficiencia de producción de la empresa se incrementó de 68 % a 74 %. En su investigación, Requena & Zuñiga (2021) muestran que al implementar las herramientas de Lean Manufacturing la eficiencia de la empresa aumentó de un 40.25 % a un 47.43 %. En su investigación, Gamarra & Avila (2020) realizaron un modelo con base

en las herramientas Lean Manufacturing, el cual permitió incrementar la eficiencia global de los equipos a un 74.2 %.

El proceso de revisión de estado de envases no tenía un método estandarizado de revisión para la identificación de defectos, no existiendo una ordenada distribución de actividades entre los operarios que asegure la revisión de todos los tipos de defectos en los envases en el tiempo disponible, representando una ineficiencia en el uso de los recursos.

Se tiene como Hipótesis principal: Mediante la implementación de herramientas de Lean Manufacturing se logra mejorar la eficiencia del proceso revisión de estado de envases y como hipótesis secundaria: Mediante la implementación de herramientas de Lean Manufacturing se logra la reducción de retrabajos realizados, es decir, se reduce el número de veces en realizar una segunda revisión de cajas completas con envases revisados

METODOLOGÍA

Una de las herramientas de Lean Manufacturing es AMEF (Análisis de modo y efecto de falla), sirve para reconocer y evaluar fallas potenciales de productos, procesos y los efectos de dichas fallas, y a través del cual, se describirá el proceso de la revisión de estado de envases (Tabla 2), identificándose las actividades que no agregaban valor o llamado “desperdicios”. Según Tapping & Shuker (2003), el objetivo del Lean es la eliminación total de desperdicios. Los desperdicios son conocidos como los siete desperdicios mortales, siendo estos: Sobreproducción, inventarios en exceso, tiempos de espera, transporte, sobreproceso, movimientos innecesarios, retrabajos (defectos). Se evaluaron los niveles de riesgo para la Situación Inicial tomándose en cuenta criterios para la evaluación de riesgo (Tabla 1), además, se determinaron los siguientes rangos para los valores del riesgo (RPN), considerándose: <1 – 45]: Riesgo Bajo, <46 – 147]: Riesgo Intermedio, <148 – 729]: Riesgo Alto.

Tabla 1. Criterios para la evaluación del riesgo

Calificación	Criterio	Severidad (S)	Criterio	Ocurrencia (O)	Criterio	Detección (D)
1	Muy baja	El fallo es imperceptible para el cliente	Improbable	El fallo es inexistente	Muy alta	El fallo es siempre identificado
3	Baja	El cliente puede distinguir el fallo, pero solo provoca una ligera molestia	Baja	Pueden ocurrir muy pocos fallos en situaciones pasadas similares	Alta	El fallo será identificado casi siempre
5	Moderada	El fallo produce disgusto e insatisfacción en el cliente	Moderada	El fallo puede aparecer ocasionalmente	Moderada	El fallo es una característica que se puede identificar
7	Alta	El fallo es crítico y genera insatisfacción en el cliente	Alta	Se espera que el fallo ocurra en la mayoría de las circunstancias	Baja	El fallo es difícil de detectar
9	Muy alta	El fallo involucra problemas de salud o de no conformidad con los reglamentos legales	Muy Alta	Es seguro que el fallo se producirá siempre	Improbable	No se puede identificar el fallo

Se identificó que, de 193 cajas revisadas de envases, se volvieron a revisar 51 cajas, es decir, el desperdicio “Retrabajo” podía llegar hasta 26.4 %.

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

Según Tapping & Shuker (2003) existen tres fases para implementar Lean Manufacturing:

- 1) Comprender y satisfacer la demanda del cliente.
- 2) Establecer un flujo continuo para garantizar que el producto correcto llegue en el momento correcto.
- 3) Realizar la Nivelación de la producción para distribuir el trabajo de manera uniforme.

Como inicio de la mejora al proceso seleccionado se consideraron solo las dos primeras fases.

DISEÑO 1

DEMANDA DEL CLIENTE

Para definir la demanda del cliente se considera la siguiente información:

- Número de turnos: 1.
- Número de cajas a revisar/turno: 40.
- Número de hileras de envases/caja: 30.

Nota: El número de envases por hilera es 33.

$$Demanda = 1 \times 40 \times 30 = \frac{1,200 \text{ hileras de envase}}{\text{turno}} \quad (1)$$

FLUJO CONTINUO

Según Tapping & Shuker (2003) en el corazón del Lean está el Just InTime o flujo continuo, es decir, producir trabajo de acuerdo con tres principios clave: Solo lo que se necesita, justo cuando se necesita, en la cantidad exacta necesaria. Como primera actividad, se asociaron todos los tipos de defectos a las actividades que los operarios realizaban para identificar dichos defectos (Tabla 3).

Luego de diez muestras de cada actividad, se midieron los respectivos tiempos de ciclo del proceso “Revisión de estado de envases”. Considerando los tiempos por suplementos (Tabla 4) se obtiene el tiempo total de ciclo (Tabla 5).

Tabla 2. AMEF situación inicial

Num.	Función (¿Qué hace?)	Falla potencial (¿Qué puede fallar?)	Efecto (¿Cuál es la consecuencia/falla?)	1 S	Causa potenciales (¿Qué lo puede ocasionar?)	2 O	Controles actuales (¿Qué control se tiene para detectar el defecto?)	3 D	4 RPN (S×O×D)
1	Retirar de caja los envases por revisar	“Desperdicio” identificado: Sobreproducción, exceso de inventario, exceso de envases en mesas de trabajo	Desorden en mesas de trabajo	3	Falta de capacitación en métodos para mejorar el proceso	9	No se realiza ningún control	9	243
		“Desperdicio” identificado: Exceso de tiempos de espera de envases en mesa de trabajo	Incremento del tiempo de actividades que no agregan valor al proceso	3	Falta de capacitación en métodos para mejorar el proceso	9	No se realiza ningún control	9	243
2	Revisar defectos de envases	Desperdicio identificado: Sobreprocesamiento. Revisión repetitiva de algunos estándares para encontrar defectos en los envases	Incremento del tiempo de actividades que no agregan valor al proceso	3	Estándares no están bien definidos para identificar defectos	9	No se realiza ningún control	9	243
		Desperdicio identificado: Retrabajos (defectos). Los envases se caen al piso siendo descartados y considerados como merma	Incremento en la merma de envases	7	Los envases se encuentran apilados en cantidades altas	7	No se realiza ningún control	9	441
		Envases revisados puestos en caja para entrega con presencia de uno o más defectos	Revisar por segunda vez cajas completas con envases revisados con anterioridad	7	No se revisan todos los tipos de defectos en los envases por el apuro en cumplir con la meta establecida	9	Se realiza auditoría de calidad a las cajas con envases revisados	1	63
3	Separar envases con defectos	No se revisan todos los defectos identificados en un envase	Cajas con envases revisados vuelven a ser revisados en su totalidad	7	Se apura la revisión de envases para cumplir con la meta establecida de cajas revisadas	9	No se realiza ningún control	9	567
		No se separan envases con defectos		7	Estándares no están bien definidos para identificar defectos	9	No se realiza ningún control	9	567
4	Soplar los envases con aire comprimido	Incorrecto soplado de envases con aire comprimido	Envases con pelusas	7	El soplado con aire comprimido del envase es apresurada para cumplir con la meta establecida de cajas revisadas	7	No se realiza ningún control	3	147
		Desperdicio identificado: Transporte de envases, movimientos innecesarios. Se camina aprox. seis metros con los envases hasta máquina que posee aire comprimido	Incremento en el tiempo de actividades que no agregan valor al proceso	3	Una de las máquinas de aire comprimido está lejos de las mesas de trabajo	9	No se realiza ningún control	5	135
5	Colocar envases en cajas	No colocar bolsa protectora de envases en el interior de la caja	Exposición de vasos a polvo	7	No se disponga de bolsa para colocar en el interior de la caja	1	Se revisa que la caja disponga de la respectiva bolsa que irá en el interior	1	7
6	Cerrar caja con envases								

Tabla 3. Relación entre actividad a realizar y defectos a tratar

Código	Actividad	Defecto a tratar
A	Retirar hilera de 33 unidades de caja	
B	Dividir hilera en 3 partes de 11 envases c/u	
C	Girar envase boca abajo de cada hilera de envases	Deformidad pronunciada, válvula, rebaba en base de vaso - falda en base, arruga en envase
D	Revisar 1 × 1 boca arriba cada hilera de envases	Letras legibles
E	Revisar cada hilera boca abajo	Rebaba en boca de vaso
F	Palpar 1 × 1 envase boca abajo	Deformidad fina
G	Revisar cada hilera 1 × 1 envase boca arriba	Granulos en el interior de vaso, puntos negros en fondo de vaso
H	Revisar cada hilera boca arriba	Formación de línea en forma de sonrisa
I	Limpiar cada hilera con alcohol isopropílico (boca arriba)	Grasa, polvillo, pelusa, puntos negros en borde
J	Limpiar cada hilera con alcohol isopropílico (boca abajo)	Grasa, polvillo, pelusa, puntos negros en borde
K	Unir 3 hileras de envases y realizar conteo de 33 unidades	
L	Soplar cada hilera de 33 envases con aire comprimido	Contaminación por pelusa
M	Colocar hilera de 33 envases en caja	

Tabla 4. Valores de tiempos para suplementos

Tiempo por	Segundos
Necesidades personales (beber agua, ir a SSHH)	0.05
Fatiga básica	0.04
Holgura por estar parado	0.02
Monotonía	0.04
Tareas tediosas (Uso repetido de dedos, manos, brazos)	0.05
Total suplementos	0.20

Fuente: Niebel & Freivalds (2009).

Tabla 5. Tiempos de ciclo-situación inicial

Código	Actividad	Valor promedio (segundos)
A	Retirar hilera de 33 unidades de caja	2.8
B	Dividir hilera en 3 partes de 11 envases c/u	9.0
C	Girar envase boca abajo de cada hilera de envases	14.4
D	Revisar 1 × 1 boca arriba cada hilera de envases	14.9
E	Revisar cada hilera boca abajo	2.8
F	Palpar 1 × 1 envase boca abajo	12.0
G	Revisar cada hilera 1 × 1 envase boca arriba	12.1
H	Revisar cada hilera boca arriba	2.3
I	Limpiar cada hilera con alcohol isopropílico (boca arriba)	22.0
J	Limpiar cada hilera con alcohol isopropílico (boca abajo)	20.0
K	Unir 3 hileras de envases y realizar conteo de 33 unidades	8.0
L	Soplar cada hilera de 33 envases con aire comprimido	17.9
M	Colocar hilera de 33 envases en caja	2.0
	Tiempo de ciclo	140.2
	Suplementos (1 + 0.20)	1.2
	Tiempo total de ciclo (98.2 × 1.20)	168.3

El turno de trabajo es de 11 horas, al cual se le ha excluido 1 hora de refrigerio, por lo tanto, para el cálculo del tiempo takt se considera el equivalente de 39,600 segundos:

$$Tiempo\ takt = \frac{tiempo\ disponible}{demanda} = \frac{39,600\ segundos}{1,200\ hileras\ de\ envases} \quad (2)$$

$$Tiempo\ takt = \frac{33\ segundos}{hilera}$$

Para el diseño de la gráfica de equilibrio (Tabla 6), se calcula el número de operarios requeridos:

$$Número\ de\ operarios = \frac{tiempo\ de\ ciclo\ total}{tiempo\ takt} = \frac{168.3\ segundos}{33\ segundos} \quad (3)$$

Donde número de operarios = 5.1. Se considerará el valor de 5 operarios.

Tabla 6. Especificaciones para diseño de la gráfica de equilibrio

Tiempo total de ciclo (segundos)	Tiempo disponible (segundos/turno)	Demanda (Núm. Total de hilera/turno)	Tiempo TAKT (segundos/hilera)	Núm. de operarios
168.3	39600	1200	33	5.1

Para establecer un flujo continuo se utilizaron las siguientes herramientas de Lean Manufacturing: Gráfica de equilibrio y manufactura celular.

LA GRÁFICA DE EQUILIBRIO

Tapping & Shuker (2003) señalan que: “La Gráfica de equilibrio de trabajadores es una muestra visual de los elementos de trabajo, tiempos y trabajadores en cada

Tabla 7. Diseño de gráfica de equilibrio con 5 operarios

Operario	Actividades	Tiempo (seg.)	Tiempos de ciclo (seg.)	Tiempo Takt (seg.)	Diferencia (seg.)
Uno	A + 3 × B	2.8 + 3 × 9.0	29.8	33	3.2
Dos	C + D + E	14.4 + 14.9 + 2.8	32.1	33	0.9
Tres	F + G + H + I	12.0 + 12.1 + 2.3 + 22	48.4	33	- 15.4
Cuatro	J	20	20	33	13
Cinco	K + L + M	8 + 17.9 + 2.0	27.9	33	5.1

ubicación. Se utiliza para mostrar oportunidades de mejora mostrando visualmente los tiempos de cada operación de trabajo en relación con el tiempo total del ciclo del flujo de valor y el tiempo takt” (Tabla 7).

Del diseño establecido en la Tabla 7 se elabora la gráfica de equilibrio para los cinco operarios (Figura 1).

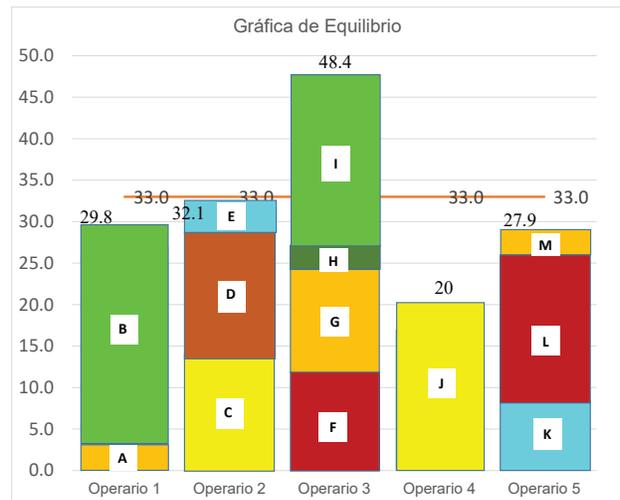


Figura 1. Grafica de equilibrio

MANUFACTURA CELULAR

Es otra herramienta de Lean Manufacturing. Según Bicheno & Holweg (2009), aplicando manufactura celular se puede conseguir: Reducción del lead time a través del flujo de pieza única, reducciones de inventario, control simplificado, identificación temprana de problemas de calidad, posibilidades mejores de rotación de trabajos, flexibilidad de volumen ajustando el número de trabajadores. Se elabora el diseño de célula para tres operarios cuyo diseño realizado de la manufactura celular involucra también la implementación de las 5S (Figura 2).

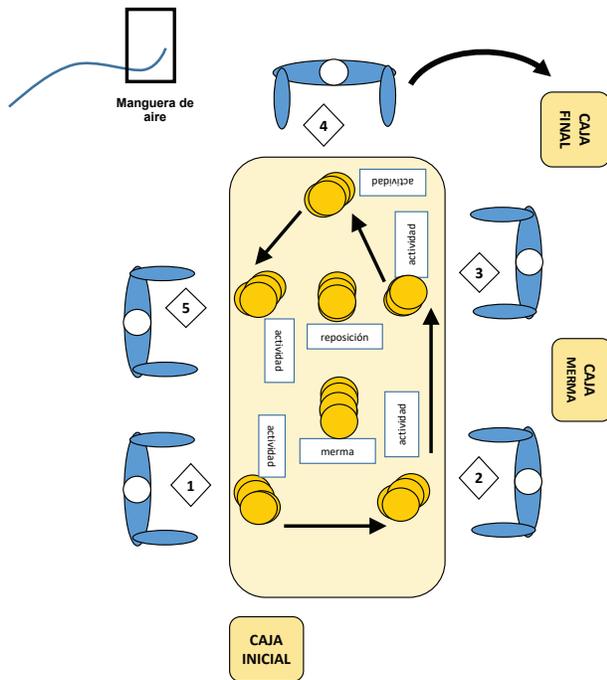


Figura 2. Diseño de célula con cinco operarios

Se evidencia que el ultimo operario (asignado con el numero 5) queda con tiempos libres por los tiempos de espera que pueden presentarse en las actividades que realicen los operarios que lo anteceden. Se observa que la actividad “Limpiar cada hilera con alcohol isopropílico”, la cual es la que ocupa mayor tiempo, puede realizarse solo a algunos envases y no a todos, es decir, la limpieza abarcaría específicamente solo para aquellos envases que pueden presentar grasa en sus bordes, polvillo o pelusa. Se observa que dividir las hileras de los envases en tres partes beneficia el traslado de dichas partes para la realización de todas las actividades establecidas, pero incrementa el tiempo de ciclo total.

DISEÑO 2

Demanda del cliente. Se mantiene la demanda del diseño inicial: 1200 hileras de envases/turno.

Flujo continuo. Se modifican algunas actividades, por ejemplo, dividir la hilera de envases en dos partes o realizar la limpieza con alcohol isopropílico solo para los envases identificados con defectos (Tabla 8).

Tabla 8. Relación entre actividad a realizar y defectos a tratar

Código	Actividad	Defecto a tratar
A	Retirar hilera de 33 unidades de caja	
B	Dividir hilera en 2 partes de 16 envases c/u separando un envase	
C	Girar envase boca abajo de cada hilera de envases	Deformidad pronunciada, válvula, rebaba en base de vaso, rebaba en falda en base, arruga en envase
D	Revisar 1 × 1 boca arriba cada hilera de envases	Letras ilegibles
E	Revisar cada hilera boca abajo	Rebaba en boca de vaso
F	Palpar 1 × 1 envase boca abajo	Deformidad fina
G	Revisar cada hilera 1 × 1 envase boca arriba	Granulos en el interior de vaso, puntos negros en fondo de vaso
H	Revisar cada hilera boca arriba	Formación de línea en forma de sonrisa
I	Limpiar cada hilera con alcohol isopropílico	Grasa, polvillo, pelusa, puntos negros en borde
J	Unir 2 hileras de envases más 1 y realizar conteo de 33 unidades	
K	Soplar cada hilera de 33 envases con aire comprimido	Contaminación por pelusa
L	Colocar hilera de 33 envases en caja	

Se realiza una nueva muestra de diez mediciones provenientes del diseño inicial para las actividades que se mantendrán. Se modifican algunas de las actividades esperando mejorar el diseño y los tiempos de ciclo (Tabla 9).

Tabla 9. Tiempos de ciclo

Código	Actividad	Valor promedio (segundos)
A	Retirar hilera de 33 unds. de caja	2.7
B	Dividir hilera en 2 partes de 16 envases c/u separando un envase	5.3
C	Girar envase boca abajo de cada hilera de envases	8.7
D	Revisar 1 × 1 boca arriba cada hilera de envases	14.6
E	Revisar cada hilera boca abajo	4.5
F	Palpar 1 × 1 envase boca abajo	11.3
G	Revisar cada hilera 1 × 1 envase boca arriba	10.7
H	Revisar cada hilera boca arriba	2.9
I	Limpiar cada hilera con alcohol isopropílico	10.9
J	Unir 2 hileras de envases más uno y realizar conteo de 33 unidades	9.0
K	Soplar cada hilera de 33 envases con aire comprimido	12.4
L	Colocar hilera de 33 envases en caja	5.2
Tiempo de ciclo		98.2
Suplementos (1 + 0.20)		1.2
Tiempo total de ciclo (98.2 × 1.20)		117.8

$$Tiempo\ takt = \frac{tiempo\ disponible}{demanda} = \frac{39,600\ segundos}{1,200\ hileras\ de\ envases} \quad (4)$$

Donde:

Donde:

Número de operarios = 3.5.

Tiempo takt = 33 segundos/hilera.

Se considerará el valor de 3 operarios.

Para el diseño de la gráfica de equilibrio (Tabla 10) se calcula el número de operarios requeridos:

Considerando la información de la Tabla 9 y Tabla 10 se realiza el diseño de la gráfica de equilibrio distribuyendo las actividades entre el número de operarios requeridos (Tabla 11).

$$Núm.\ de\ operarios = \frac{tiempo\ de\ ciclo\ total}{tiempo\ takt} = \frac{117.8\ segundos}{33\ segundos} \quad (5)$$

Tabla 10. Especificaciones para diseño de la gráfica de equilibrio

Tiempo total de ciclo (sg.)	Tiempo disponible (sg./turno)	Demanda (Núm. total de hileras/turno)	Tiempo TAKT (sg./hilera)	Núm. de operarios
117.8	39600	1200	33	3

Tabla 11. Diseño de gráfica de equilibrio con 3 operarios

Operario	Actividades	Tiempos (sg.)	Tiempos de ciclo (sg.)	Tiempo Takt (sg.)	Diferencia (sg.)
Uno	A + B + C + D	2.7 + 5.3 + 8.7 + 14.6	31.3	33	1.7
Dos	E + F + G + H	4.5 + 11.3 + 10.7 + 2.9	29.4	33	3.6
Tres	I + J + K + L	10.9 + 9.0 + 12.4 + 5.2	37.5	33	- 4.5

Del diseño establecido en la Tabla 11 se elabora la gráfica de equilibrio para los tres operarios (Figura 3). Asimismo, se define el diseño de célula para tres operarios (Figura 4).

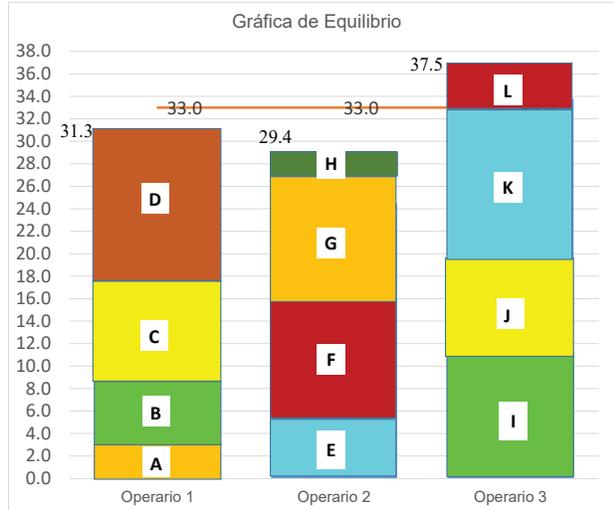


Figura 3. Grafica de equilibrio

Del mismo modo, se establece el diseño celular para los tres operarios.

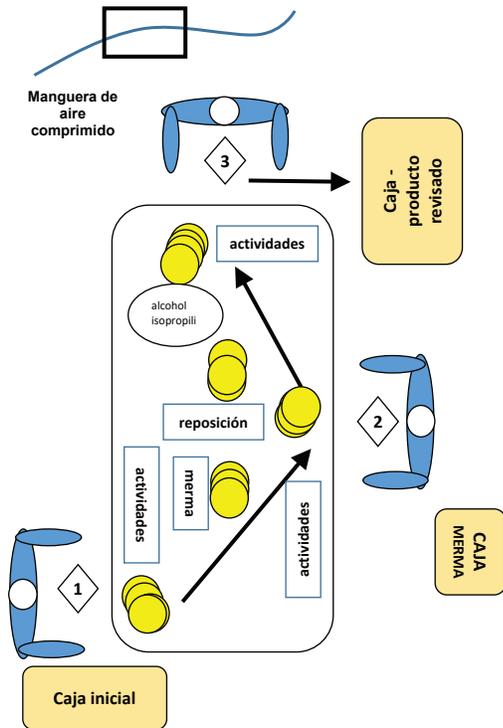


Figura 4. Diseño de célula con tres operarios

Se requerirán dos mesas de trabajo, cada una con tres operarios para cumplir con la meta establecida.

Aplicado el Diseño 2, se evidenció que tres operarios en una mesa de trabajo podían realizar en promedio una caja por hora, obteniéndose en promedio once cajas en las once horas que correspondían a un turno de trabajo, requiriéndose en total tres mesas cada una con tres operarios para alcanzar una producción promedio de 33 cajas con envases revisados. Se observó que los seis operarios son insuficientes para poder cumplir con la meta de 40 cajas, teniendo entre las causas principales:

- Cansancio por realizar un trabajo de pie, monótono, lo cual ocasiona disminución en las actividades a realizar por parte del operario.
- Ausencia de una manguera adicional para aire comprimido en una de las dos máquinas compresoras, ya que con la que se dispone se abastece a las necesidades de los demás operarios que realizan actividades iguales para otros envases de otros productos.

5S

Otra herramienta de Lean Manufacturing son las 5S. “Las 5S constituyen una disciplina para lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza” (Socconini, 2017). A través de la evaluación de las 5S también se puede observar una situación inicial y una situación posterior. Se consideran los siguientes valores de puntuación para evaluar 5S: Bastante de acuerdo: 4, De acuerdo: 3, No estoy muy de acuerdo: 2, Casi nada de acuerdo: 1, En Desacuerdo: 0 (Tabla 12, Figura 5).

Tabla 12. Evaluación de 5S - Situación inicial

5S	Descripción	0	1	2	3	4
Clasificación (SEIRI)	Material/insumos sin exceso de inventario o en proceso	X				
	No existen elementos innecesarios en la mesa de trabajo					X
	Uso de etiquetas de identificación	X				
	SUBTOTAL	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3
TOTAL						33.3 %
Orden (SEITON)	Existen areas de almacenaje marcadas					X
	Están definidos máximos y mínimos de envases a trabajar	X				
	Operarios poseen lugares de trabajo claramente identificados	X				
	Areas de trabajo están libres de elementos que obstaculizan el paso					X
	SUBTOTAL	0.0	0.0	0.0	18.8	25.0
TOTAL						43.8 %
Limpieza (SEISO)	Limpieza de pisos y paredes					X
	Limpieza de mesas de trabajo					X
	SUBTOTAL	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
TOTAL						100.0 %
Estandarización (SEIKETSU)	Estándares bien definidos de tipos de defectos en envases					X
	Existencia de instructivos de método de producción	X				
	Existencia de método de producción definido	X				
	Se han implementado ideas de mejora					X
	SUBTOTAL	0.0	0.0	0.0	37.5	0.0
TOTAL						37.5 %
Seguimiento (SHITSUKE)	Capacitación de personal en métodos para la identificación de los tipos de defectos					X
	Capacitación de personal en método de trabajo del proceso Revisión de envases	X				
	Cumplimiento de métodos para la identificación de tipos de defectos en envases					X
	SUBTOTAL	0.0	0.0	16.7	25.0	0.0
TOTAL						41.7 %

Fuente: Adaptado de Azabache & Saldaña (2019).

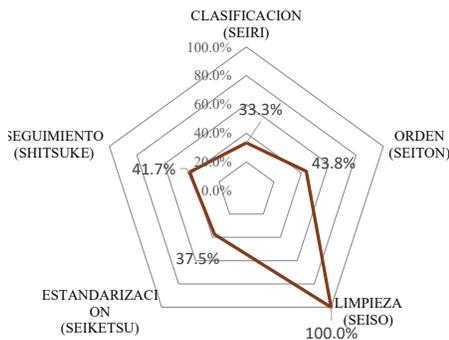


Figura 5. Radar 5S-Situación inicial

RESULTADOS

En la evaluación de 5S (Tabla 13, Figura 6), AMEF (Tabla 14) se observan resultados positivos respecto a la situación posterior.

Asimismo, en las Figuras 7 y 8 se muestra el método de revisión de estado de envases en situación inicial y posterior.

Tabla 13. Evaluación de 5S-Situación posterior

5S	Descripción	0	1	2	3	4
Clasificación (SEIRI)	Materiales/insumos sin exceso de inventario en proceso					X
	No existen elementos innecesarios en la mesa de trabajo					X
	Uso de etiquetas de identificación				X	
	SUBTOTAL	0.0	0.0	0.0	25.0	66.7
TOTAL					91.7 %	
Orden (SEITON)	Existen áreas de almacenaje marcadas					X
	Están definidos máximos y mínimos de envases a trabajar					X
	Operarios poseen lugares de trabajo claramente identificados				X	
	Áreas de trabajo están libres de elementos que obstaculizan el paso				X	
SUBTOTAL	0.0	0.0	0.0	37.5	50.0	
TOTAL					87.5 %	
Limpieza (SEISO)	Limpieza de pisos y paredes					X
	Limpieza de mesas de trabajo					X
	SUBTOTAL	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
TOTAL					100.0 %	
Estandarización (SEIKETSU)	Estándares bien definidos de tipos de defectos en envases					X
	Existencia de instructivos de método de producción					X
	Existencia de método de producción definido				X	
	Se han implementado ideas de mejora				X	
SUBTOTAL	0.0	0.0	0.0	37.5	50.0	
TOTAL					87.5 %	
Seguimiento (SHITSUKE)	Capacitación de personal en métodos para la identificación de los tipos de defectos					X
	Capacitación de personal en método de trabajo del proceso revisión de envases					X
	Cumplimiento de métodos para la identificación de tipos de defectos en envases				X	
	SUBTOTAL	0.0	0.0	0.0	25.0	66.7
TOTAL					91.7 %	

Fuente: Adaptado de Azabache & Saldaña, (2019).

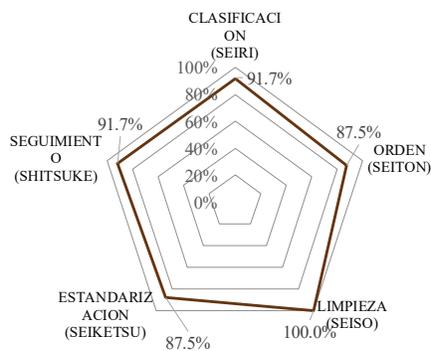


Figura 6. Radar 5S-Situación posterior

Tabla 14. AMEF-Situación posterior

Núm.	Función (¿Qué hace?)	Acciones correctivas recomendadas	Responsables	Fecha de implementación	Resultados de acciones Acciones tomadas	Resultados de acciones			
						5	6	7	8
						S	O	D	RPN
1	Retirar de caja los envases por revisar	Establecer método de trabajo para la revisión de envases	Gerencia General	May-21	Se diseñó e implementó método de mejora utilizando herramientas de Lean Manufacturing	3	1	1	3
2	Revisar defectos de envases	Establecer método de trabajo para la revisión de envases	Gerencia General	May-21	Se diseñó e implementó método de mejora utilizando herramientas de Lean Manufacturing	2	1	1	2
		Establece estándares para la identificación de defectos en envases	Gerencia General	May-21	Estandarización sobre acciones a realizar para identificar defectos en los envases	1	1	1	1
		Establecer método de trabajo para la revisión de envases	Gerencia General	May-21	Se diseñó e imple- mentó método de mejora utilizando herramientas de Lean Manufacturing	7	1	1	7
		Establecer método de trabajo para la revi- sión de envases	Gerencia General	May-21	Se diseñó e imple- mentó método de mejora utilizando herramientas de Lean Manufacturing	7	7	1	49
3	Separar envases con defectos	Establecer método de trabajo para la revi- sión de envases	Gerencia General	May-21	Se diseñó e imple- mentó método de mejora utilizando herramientas de Lean Manufacturing	7	5	1	35
		Establecer método de trabajo para la revi- sión de envases	Gerencia General	May-21	Se diseñó e imple- mentó método de mejora utilizando herramientas de Lean Manufacturing	7	5	1	35
4	Soplar envases con aire comprimido	Establecer método de trabajo para la revi- sión de envases	Gerencia General	May-21	Se diseñó e imple- mentó método de mejora utilizando herramientas de Lean Manufacturing	7	5	3	105
5	Soplar envases con aire comprimido	Agregar dos mangueras adicionales para proporcionar aire comprimido, una en cada una de las dos máquinas compresoras, cerca de las mesas de trabajo	Gerencia General	May-21	Se implementó una manguera adicional para aire comprimido	3	7	3	63
6	Colocar envases en caja	Ninguna				7	1	1	7
7	Cerrar caja con envases								



Figura 7. Método de revisión de estado de envases-situación inicial



Figura 8. Método de revisión de estado de envases-situación posterior

Del análisis de la Tabla 15 se obtiene un valor de $p < 0.05$ significando que existen razones para rechazar la hipótesis nula (eficiencias son iguales), ya que se observa evidencia estadística suficiente para expresar que la eficiencia, posterior a la implementación de herramientas de Lean Manufacturing, se ha incrementado (hipótesis alterna).

Asimismo, de la Tabla 16, se obtiene como resultado un valor de $p < 0.05$ significando que existen razones para rechazar la hipótesis nula (revisiones de número de cajas por segunda vez, antes y después de implementar herramientas de Lean Manufacturing, son iguales), ya que se observa evidencia estadística suficiente para expresar que las revisiones de número de cajas por segunda vez, posteriores a la implementación de herramientas de Lean Manufacturing, ha disminuido (hipótesis alterna). Esto significa que, aun cuando no se cumple la meta de 40 cajas, se mejora la eficiencia del proceso (Tabla 17), se reducen los retrabajos referidos a la revisión de cajas completas con envases por segunda vez, las cuales, podían representar aproximadamente 26.4 %, llegando a reducirse en promedio a 3 % luego de implementar herramientas de Lean Manufacturing. Los operarios que ya no se requerían en el proceso revisión del estado de envases fueron trasladados hacia otros servicios que realiza la empresa.

Tabla 15. Resultados de la prueba de normalidad para la eficiencia de proceso-hipótesis principal

Prueba T e IC de dos muestras: eficiencia inicial; eficiencia posterior

T de dos muestras para eficiencia inicial vs. eficiencia posterior

	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media
Eficiencia inicial	10	3.266	0.394	0.12
Eficiencia posterior	10	3.633	0.105	0.033

Diferencia = μ (eficiencia inicial) – μ (eficiencia posterior)

Estimación de la diferencia: – 0.367

Límite superior 95 % de la diferencia: – 0.133

Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = – 2.85 Valor p = 0.009 GL = 10

Tabla 16. Resultados de la prueba de normalidad para el número de cajas revisadas por segunda vez-hipótesis secundaria

Prueba T e IC de dos muestras: Retrabajo inicial (Núm. de; Retrabajo posterior (Núm. T de dos muestras para Retrabajo inicial (Núm. de cajas) vs. Retrabajo posterior (Núm. de caja)

	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media
Retrabajo inicial (N° de	5	45.80	6.46	2.9
Retrabajo posterior (N° de	5	3.60	1.14	0.51

Diferencia = μ (Retrabajo inicial) (Núm. de cajas) – μ (Retrabajo posterior (Núm. de caja)
 Estimación de la diferencia: 42.20
 Límite inferior 95 % de la diferencia: 35.95
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. >): Valor T = 14.39 Valor p = 0.000 GL = 4

Tabla 17. Eficiencia, situación inicial-situación posterior

Concepto	Situación inicial	Situación posterior	Variación porcentual
Eficiencia: <u>Número de cajas</u>			
Número de operarios	2.9	3.7	28 %
Número de operarios	14	9	

CONCLUSIONES

- En el presente trabajo, se demuestra que el uso de herramientas de Lean Manufacturing tiene un impacto positivo en la eficiencia del proceso analizado reduciendo el uso de mano de obra para similares niveles de producción. Los operarios que no eran necesarios para dicho proceso se les reubicó en otros servicios.
- Los resultados muestran un incremento en la eficiencia hasta en 28 % demostrando el impacto positivo de las herramientas de Lean Manufacturing, además de la reducción de revisión de cajas completas con envases por segunda vez, siendo la causa principal para su segunda revisión, la presencia de pelusas en los envases.
- El cansancio de los operarios podría mejorarse si se utilizaran sillas ergonómicas o colchonetas de pie que permitan disminuir el cansancio y mejorar el rendimiento en el trabajo para igualar o mejorar el diseño inicial del método establecido.
- Evaluar que cada una de las dos máquinas compresoras disponga de tres mangueras para aire comprimido, debiendo equilibrar la presión de aire en todas las mangueras con el objetivo de que se pueda eliminar por completo la presencia de pelusas y no se vuelvan a revisar cajas completas por la presencia de pelusas en los envases.

REFERENCIAS

Arroyo-Huayta, C., & Cruces-Raimundis, E. (2020). *Modelo para incrementar la eficiencia en el área de extrusión de una pyme manufacturera del sector plástico basada en 5S, SMED y mantenimiento autónomo*. (Tesis de licenciatura). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/651811>

Azabache-Castro, J. M., & Saldaña-Lizarbe, J. E. (2019). *Implementación de la metodología 5'S para disminuir los desperdicios en la línea de producción en una empresa informal de fabricación de calzado*. (Tesis de licenciatura). Recuperado de <http://repositorio.uct.edu.pe/handle/123456789/621>

Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). *The lean toolbox: The essential guide to lean transformation*. 4a ed. PICSIE Books.

Cieza-Sánchez, K., & Olivera-Torres, F. (2018). *Plan de mejora basado en Lean Manufacturing para aumentar la eficiencia en el área de producción de la empresa Ginrey SAC Lima-2017*. (Tesis de licenciatura). Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/5836>

Figueroa-Aguilar, P. R. (2020). *Sistema de gestión Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia del servicio de mantenimiento de la empresa CASIP S.A. Lima 2019*. (Tesis de licenciatura). Recuperado de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7689>

Gamarra-Conder, A. P., & Avila-Chumpisuca, R. E. (2020). *Modelo de producción Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia de una línea de producción continua en una empresa del sector metalmeccánico*. (Tesis de licenciatura). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/657931>

- Hurtado-Laguna, J. A., & Cespedes-Pino, R. M. (2021). *Propuesta de mejora de eficiencia de producción en una pyme textil de confección de jean en Lima utilizando herramientas Lean Manufacturing y estudio del trabajo basado en la gestión de la cultura*. (Tesis de licenciatura). Recuperado de <https://hdl.handle.net/10757/655409>
- Lam-Díaz, R. M., & Hernández-Ramírez, P. (2008). Los términos: eficiencia, eficacia y efectividad ¿son sinónimos en el área de la salud?, 24. (SciELO). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892008000200009
- Madariaga-Neto, F. (2024). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos* (Vol. versión 2.7).
- Mau, M., Ramos, R., Llontop, J., & Raymundo, C. (2019). Modelo de gestión de producción Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia del proceso productivo de una empresa MYPE del sector químico. Conferencia. Recuperado de <https://doi.org/https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.101>
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12a ed. McGraw-Hill/ Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Rajadell-Carreras, M., & Sánchez-García, J. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Ediciones Díaz de Santos.
- Requena-Izquierdo, Y. M., & Zuñiga-Halcón, E. D. (2021). *Propuesta de mejora para incrementar la eficiencia del procesamiento de frutas cítricas utilizando Lean Manufacturing en Mypes agroindustriales*. (Tesis de licenciatura). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/658108>
- Socconini, L. (2017). *Lean manufacturing paso a paso*. Pandora Impresores.
- Tapping, D., & Shuker, T. (2003). *Value stream management for the lean office*. Taylor & Francis Group LLC. Recuperado de <http://doi.org/10.1201/b16934>

Cómo citar:

Escudero-Santiago Bruce. (2025). Mejora de la eficiencia en el proceso revisión de estado de envases aplicando herramientas de Lean Manufacturing. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 26(01), 1-15. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2025.26.1.008>