

Proposal of Improvements in a Glass Company for the Cosmetic Sector Through Socio-Technical Analysis and Lean Manufacturing

Ulises Legua Ramírez, Mery León Perfecto, José Rau Alvarez,
Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, ulegua@pucp.edu.pe, mleonp@pucp.edu.pe, jrau@pucp.edu.pe.

Abstract- This research aims to implemented and improve the productivity of a company dedicated to manufacturing glass containers for the cosmetic sector. The study employs the Socio-Technical approach and Lean Manufacturing philosophy to generate operational improvements. After analyzing the company's current situation, key problems such as low productivity, quality defects, and reprocessing will be identified. Solutions using these methodologies will be proposed to enhance and optimize the production process.

Keywords: Glass, cosmetic sector, Socio-Technical, Lean Manufacturing, optimize.

Planteamiento de mejoras en una empresa de vidrio dirigido al sector cosmético mediante el análisis Socio Técnico y herramientas del Lean Manufacturing

Ulises Legua Ramírez, Mery León Perfecto, José Rau Alvarez,
Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, ulegus@pucp.edu.pe, mleonp@pucp.edu.pe, jrau@pucp.edu.pe.

Resumen- Este trabajo de investigación está orientado a la implementación y mejora de la productividad de una empresa dedicada a la fabricación de envases de vidrio para el sector cosmético. Utiliza el enfoque Socio-Técnico y la filosofía del Lean Manufacturing para generar mejoras operativas. Tras analizar la situación actual de la empresa, se identificarán problemas principales como baja productividad, defectos de calidad y reprocesos. Se plantearán soluciones basadas en estas metodologías para mejorar y optimizar el proceso productivo.

Palabras claves – Vidrio, sector cosmético, Socio-Técnico, Lean Manufacturing, optimizar.

I. INTRODUCCION

Entre 2018 y 2020, el mercado de fragancias en envases de vidrio en Latinoamérica creció un 18.9% [1]. Este crecimiento se debió a la tendencia de perfumes personalizados con diseños innovadores que atraen a las nuevas generaciones que desean que los frascos de colonias los caracterice e identifique de acuerdo a su ritmo de vida, sexo, edad, etcétera, haciendo que el diseño de las botellas y la creatividad de los acabados sean el punto de atracción para el sector cosmético [2]. El siguiente trabajo de investigación se encuentra en función a la preocupación que tienen muchas empresas del sector cosmético de envases de vidrio que les impide ser competitivos, teniendo como principal problema la calidad de sus productos. Por lo expuesto, este trabajo de investigación abordará el análisis y propuestas de mejora con el fin de optimizar la operación, mejorar la productividad y calidad de los productos, aumentar la eficiencia, entre otros. La hipótesis plantea que el aumento de la productividad está ligado a la mejora en la calidad a través del enfoque Socio-Técnico y herramientas del Lean Manufacturing, como Value Stream Mapping, 5S, SMED, y Mantenimiento Autónomo. Los beneficios esperados incluyen un mejor ambiente laboral, reducción de desperdicios, optimización de espacios, disminución de riesgos de accidentes e incremento de la productividad.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Selección de Procesos.

Esta herramienta permite identificar el proceso más adecuado para abordar problemas relevantes en la organización.

1. Matriz de Priorización.

Es una herramienta que ayuda a clasificar y decidir entre varios problemas, estableciendo prioridades basadas en opciones y criterios para abordar el problema principal [3].

2. Matriz de Criticidad o de Riesgo.

Identifica riesgos que afectan negativamente los procesos, clasificándolos según su relevancia para tratarlos de manera eficiente [4].

B. El enfoque Socio-Técnico.

Fue usado inicialmente para nombrar la relación entre el obrero y la máquina enfocado en sistemas de trabajos industriales [5]. Con la inserción de la tecnología en el sistema productivo, se tuvo un efecto no esperado y contrario al que se esperaba ya que constataron que los trabajadores empezaban a aburrirse con las mismas tareas todos los días y en el mismo lugar de trabajo. Se identifica que los mejores resultados se obtienen cuando los trabajadores tienen su propia autonomía para hacer su propio trabajo y cuando ellos tienen participación directa en ellas [6]. Existen 9 principios [7]:

1. Compatibilidad: El diseño de la organización debe ser compatible con sus objetivos.
2. Especificación mínima crítica: Mencionar lo esencial (lo que se debe hacer y no cómo hacerlo).
3. Criterio Socio Técnico: Las variaciones de los procesos deben ser controladas si no es factible la eliminación.
4. Multifuncionalidad, organismo y mecanismo: Los trabajadores deben ser capacitados para ocupar varias funciones.
5. Especificación de límites: Definir límites para las personas basados en la tecnología, territorio y tiempo.
6. Flujo de información: Deben generar información hasta donde uno la necesite.
7. Congruencia de apoyo: El apoyo social debe ser coherente con los objetivos.
8. Diseño y los valores humanos: La organización debe ofrecer una alta calidad de trabajo.
9. Diseño incompleto: El diseño de un proceso nunca termina.

C. Lean Manufacturing.

Varios autores han definido el Lean Manufacturing como: “Una filosofía de trabajo, basada en las personas que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción (...)” [8], “Un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación – personas, materiales, máquinas y métodos – que persigue mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia (...)” [9], “Filosofía que se encuentra enfocada en buscar la mejora continua y para lograr esto compromete a todo el personal para conseguirlo” [10]. Como resumen se puede decir de que Lean Manufacturing es una filosofía empresarial enfocada en la eficiencia óptima de los flujos y en la mejora de los procesos a través de la

eliminación de lo que no aporta valor, teniendo como base el respeto al trabajador.

D. Desperdicios.

Se considera a toda actividad innecesaria dentro de una empresa que no ayuda a la mejora continua. Existen ocho tipos de desperdicios [9].

1. Productos defectuosos y reprocesos: Refiere a reacondicionar un producto defectuoso.
2. Sobre procesamiento: Mayor cantidad de actividades para la realización del producto.
3. Sobreproducción: Exceso de producto terminado por exceso de producción planificada.
4. Inventario: Todo material que se coloca en *stock* o espera entre las diferentes operaciones o almacenes.
5. Movimientos innecesarios: Desplazamientos físicos de personal, materiales, o equipos para realizar una operación.
6. Tiempo de espera: Todos los tiempos muertos que existen entre las operaciones.
7. Transporte: Movimientos internos que se encuentran en demasía.
8. Talentos humanos o creatividad no aprovechada.

E. Herramientas del Lean Manufacturing.

1. 5'S

Esta metodología tiene por objetivo establecer mejores ambientes de trabajo con la finalidad de crear áreas más ordenadas y limpias [11]. Se considera a las 5'S como "el primer cimiento de la casa *Toyota* que da la estabilidad de los procesos" [9]. La implementación de las 5'S tiene una secuencia las cuales se muestran en la Figura 1 [12].

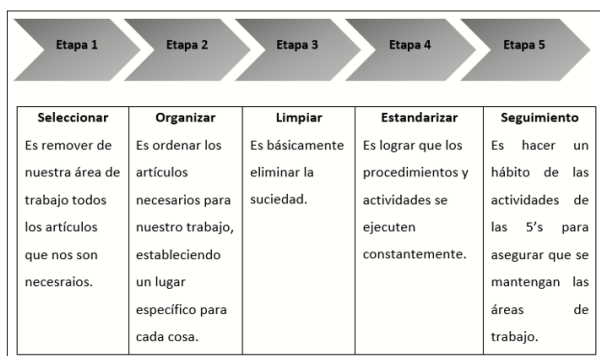


Fig. 1 Etapas de las 5'S.

2. Single Minute Exchange of Die (SMED).

SMED es un método enfocado en la reducción del tiempo para cambiar el herramental de un producto por otro (*set up*). *Shigeo Shingo* descubrió dos tipos de operaciones: las actividades internas, acciones que se pueden realizar mientras se tiene la máquina detenida, y las actividades externas, aquellas que se pueden realizar paralelamente con la máquina trabajando.

3. Value Stream Mapping (VSM).

El VSM es una herramienta gráfica que nos permite conocer el estado actual del proceso productivo, desde que se recibe los insumos hasta que se entrega al cliente final [11] visualizándose también los flujos de información y de materiales. Dos términos son muy importantes dentro de un VSM [12]: el tiempo de ciclo que está enfocado en el proceso y mide el tiempo que dura cada operación dentro del proceso

de producción y el tiempo *Tack* enfocado en la demanda y representa el ritmo de producción que solicita el cliente.

4. Mantenimiento Autónomo (MA).

El MA es un guía enfocada en el mantenimiento preventivo donde los mismos trabajadores se responsabilizan del mantenimiento preventivo y de la limpieza de las máquinas. El MA es el pilar más importante del TPM (Mantenimiento Productivo Total) y tiene por propósito el enseñar a los operarios de producción actividades pequeñas, sencillas y frecuentes del mantenimiento preventivo, tales como limpieza, inspección, ajuste y calibración y por medio de estas tareas diarias, los trabajadores pueden percatarse a tiempo situaciones anómalas en la máquina, evitando de esta manera pérdida de capacidad por máquina parada [13]. También se puede mencionar que el TPM es una metodología que permite disminuir los desperdicios durante la operación, permitiendo una mejora en la productividad y en la calidad de los productos, dando como consecuencia una reducción de los costos totales de operación [14].

5. Poka Yoke.

Es un método que nos ayuda a que las personas no cometan errores durante un proceso con el objetivo de no obtener productos con defectos o de mala calidad. Esta herramienta permite que el trabajador no se cargue de trabajo en la inspección y se centre en la mejora continua, previene el riesgo de que el personal se equivoque, garantizando así la calidad del producto [12].

F. Herramientas de Diagnóstico de Procesos.

1. 5 Why

Los 5 *Why's* o 5 por qué, es un método del Sistema de Producción *Toyota* que se convirtió en una parte integral de la filosofía del Lean Manufacturing. El análisis consiste en la búsqueda del origen del problema y luego dar solución al mismo con el objetivo de evitar caer nuevamente en el mismo problema (problemas técnicos que provienen en su mayoría de errores humanos o de proceso).

III. SITUACION ACTUAL

A. Mapeo y Selección de Procesos.

En la Figura 2 se muestran todos procesos con que cuenta la empresa: procesos estratégicos, procesos productivos y los procesos de soporte o de apoyo.

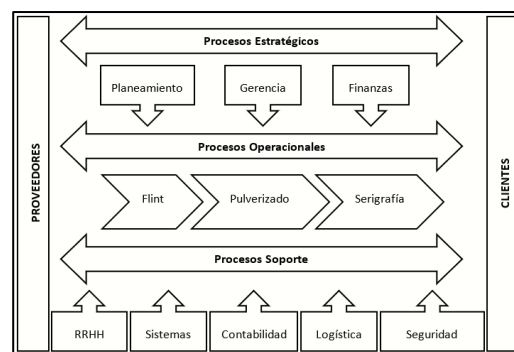


Fig. 2 Mapa de Procesos.

Los criterios a tomar en cuenta para la selección del proceso, así como sus porcentajes son: calidad del producto (15%), reclamos del cliente (20%), satisfacción del cliente (30%), impacto en los costos (20%) y procesos sólidos y estables (15%). En la Tabla 1 se define el vínculo entre el criterio y el proceso.

TABLA 1
VINCULACION ENTRE CRITERIO Y PROCESO

Puntuación	Vinculación con Proceso
1	Bajo vínculo entre el criterio y el Proceso.
2	Mediano vínculo entre el criterio y el Proceso.
3	Alto vínculo entre el criterio y el Proceso.

La vinculación de cada criterio con los procesos se muestra en la Tabla 2.

TABLA 2
MATRIZ DE PRIORIZACION DE PROCESOS

Criterios	Procesos						
	Calidad del Producto	Reclamos del cliente	Satisfacción del cliente	Impacto en los costos	Procesos Solistos/estables	Ponderación del criterio	Nivel de Priorización
	15%	20%	30%	20%	15%		
/Gerencia	1	1	1	2	3	1.5	8.0%
Planeamiento	1	2	2	2	2	1.9	9.9%
Ventas	1	1	1	3	3	1.7	9.1%
Finanzas	1	1	1	2	3	1.5	8.0%
Procesos Operacionales	3	3	2	3	2	2.6	13.6%
RRHH	1	1	1	2	3	1.5	8.0%
Sistemas	1	1	1	2	3	1.5	8.0%
Contabilidad	1	1	1	2	3	1.5	8.0%
Logística	1	1	2	2	2	1.7	8.8%
Seguridad	1	1	1	2	2	1.4	7.2%
Mantenimiento	3	2	2	2	2	2.2	11.5%
Total						19	

Del análisis de la Tabla 2 se puede apreciar que los procesos operativos son los más críticos, para lo cual nuestro siguiente análisis se enfocará en los procesos de producción.

B. VSM del Proceso Productivo.

La producción de frascos cosméticos consta de 3 procesos productivos: proceso de fabricación del vidrio, proceso de pulverizado y proceso de serigrafía. En la Tabla 3 se muestran las diferentes familias de productos y el análisis del VSM se realizará en la familia D que pasa por todos los procesos productivos.

TABLA 3
GRUPOS DE FAMILIAS DE PRODUCTOS Y PROCESO

	Fab. de botella	Pulverizado	Serigrafia
Familia A	X		
Familia B	X	X	
Familia C	X		X
Familia D	X	X	X

Las consideraciones que se tiene para realizar el VSM son:

- Todos los procesos trabajan con un sistema 7x24 con turnos de trabajo de 12 horas cada uno.
- No existe tiempo de parada por refrigerio ya que se cuenta con personal volante para este fin.
- La demanda anual a considerar será de 32.8 millones de botellas (se toma como base la demanda 2019).

De acuerdo a las consideraciones mencionadas, los tiempos de ciclo de cada proceso serían: Fabricación de la botella de vidrio: 0.46s/unid, pulverizado: 0.98s/unid y serigrafía: 0.70s/unid. Para el cálculo del *Takt Time* se considera un porcentaje de utilización promedio del 73% y un porcentaje de producto defectuoso del 12%, dando como resultado un *takt time* de 0.62s/botella. En la Figura 3 se muestra la gráfica el *takt time* con los tiempos de ciclo de cada proceso.

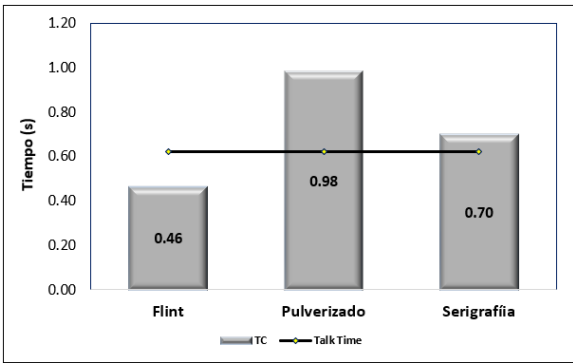


Fig. 3 Tiempos de ciclo versus *Takt Time*.

De la Figura 3 se visualiza que el proceso de pulverizado y de serigrafía tienen un tiempo de ciclo mayor que el *takt time*. En la Figura 4 se muestra el VSM de la situación actual y los desperdicios identificados en cada proceso productivo.

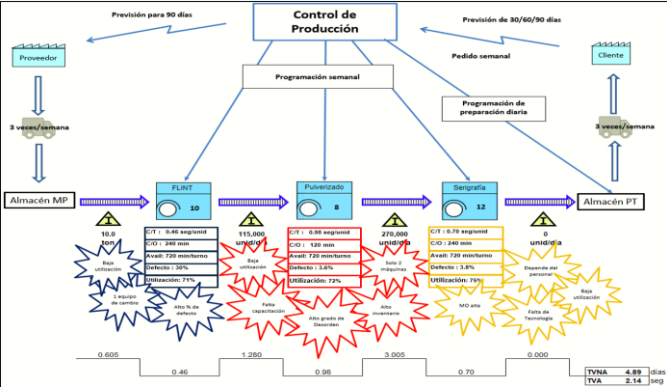


Fig. 4 Mapa de Flujo de Valor del Proceso Productivo.

C. Identificación de los Desperdicios del VSM.

Los desperdicios de cada proceso productivo son identificados y se muestran a continuación. Ver Tabla 4.

TABLA 4
DESPERDICIOS DE PROCESOS ENCONTRADOS EN EL VSM

Desperdicio	Producción de Botellas	Pulverizado	Serigrafia
Sobrepresión	Se crea stock para evitar el "choqueo" de vidrio cuando existe cambio de producto fuera del horario del equipo de cambio (solo existe 1 trabajo de lunes a sábado de 07:00 a 15:00).	Se programa por grupos de familia mediante la agrupación de órdenes anticipadas de semanas siguientes. Se planifica de esta manera por la limitada capacidad del proceso (costo de botella).	Se agrupan órdenes de trabajo del mismo producto por existir alto tiempo de cambio entre productos.
Transporte	Existe bajo transporte de materiales entre los tres procesos.	Almacén de producto en proceso/producto terminado se encuentra al centro de los tres procesos.	Existe bajo transporte de materiales entre los tres procesos.
Tiempo de espera	No existe tiempo de espera ya que el horno no puede "apagar" por trabajo a temperaturas elevadas. La silice, mismo necesario para la fundición del vidrio, es almacenado tres veces por semana por proveedores nacionales.	Existe tiempo de espera ya que el horno no puede "apagar" por trabajo a temperaturas elevadas. La silice, mismo necesario para la fundición del vidrio, es almacenado tres veces por semana por proveedores nacionales.	Existe tiempo de espera ya que el horno no puede "apagar" por trabajo a temperaturas elevadas. La silice, mismo necesario para la fundición del vidrio, es almacenado tres veces por semana por proveedores nacionales.
Procesamiento innecesario	Falta de liderazgo de técnico de turno. Falta de comunicación entre los líderes de las áreas soportes, como almacén, calidad, mantenimiento, etcétera.	Elevados inventarios de producto en proceso por ser el proceso de menor capacidad (cuello de botella). Botellas deben esperar 24 horas después del pulverizado para pasar al siguiente proceso (serigrafía).	Bajas inventarios de materias primas (guitarras).
Inventario	Bajas inventarios por materia prima local (silicio) y de productos en proceso. Se realiza sobrepresión cuando el tiempo de cambio sea fuera del horario de trabajo del equipo de cambio.	Alto inventario de insumos necesarios para el proceso (laca).	Alto inventario de insumos necesarios para el proceso (laca).
Movimientos	Taller de mantenimiento, moldes se encuentran lejos del proceso productivo. Desorden en área de mantenimiento origina que operador se traslade repetidamente cuando se realiza el cambio de formato en busca de accesorios.	Lacado inadecuado al flujo de operación. Poco espacio para el desarrollo de las actividades cuando existe un cambio de formato entre operadores y el área de moldes. Movimientos innecesarios y repetitivos en el traslado de herramientas para el cambio de formato. PC del técnico se encuentra lejos del proceso productivo.	Desorden en almacén de tools. Falta de piezas, accesorios para el cambio de formatos (tuercas, tornillos, cadenas, etcétera) origina que el técnico de cambio busque accesorios en otros talleres de mantenimiento.
Defectos en el producto y reprocesos	Bajo porcentaje de productos defectuosos después del proceso empaclado. No existen reprocesos. Máquinas cuentan con equipos que detectan problemas críticos de las botellas, tales como grietas, astillas, burbujas, etcétera.	Falta de fichas técnicas donde se encuentran los parámetros de producción. Baja experiencia o formación de los trabajadores en línea. Bajo control de proceso por parte del técnico de turno. Alto porcentaje de reprocesamiento. Proceso depende de la experiencia del técnico de turno. No se cuenta con equipos que miden el espesor de capa del pulverizado.	Alto porcentaje de producto defectuoso. Máquinas antiguas que no cuentan con equipos que alerten defectos de calidad. Alto porcentaje de reprocesos. Alta dependencia de la mano de obra.
Conocimiento subutilizado	Cuenta con capacitación permanente por parte del equipo técnico de la casa matriz.	No existe capacitación de técnicos por parte de casa matriz. No cuenta con sistema de reconocimiento de logros.	No existe capacitación de técnicos por parte de casa matriz. No cuenta con sistema de reconocimiento de logros.

Con la información obtenida nos enfocaremos en analizar los procesos de pulverizado y serigrafía.

D. Revisión de Indicadores de Proceso.

En la Tabla 5 se muestran los indicadores, procesos a que pertenecen y sus valores objetivos.

INDICADORES DEL PROCESO DE PULVERIZADO Y SERIGRAFIA

Indicador	Proceso	Definición	Fórmula	Pulverizado	Serigrafía
Eficiencia	Producción	Porcentaje de cumplimiento de las unidades producidas con respecto a lo técnico.	$\frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Unidades Técnicas}} \times 100$	Mayor a 95%	Mayor a 85%
Utilización	Producción	Porcentaje de utilización de máquina produciendo envases.	$\frac{\text{Tiempo Trabajado}}{\text{Tiempo Total}} \times 100$	Mayor a 80%	Mayor a 75%
Productos defectuosos	Producción	Porcentaje de productos defectuosos con respecto al total producido.	$\frac{\text{Unidades Defectuosas}}{\text{Unidades Producidas}} \times 100$	Menor a 3%	Menor a 5%
Reprocesos	Calidad	Porcentaje de pallets observados después del proceso de producción.	$\frac{\text{Unidades Observadas}}{\text{Unidades Producidas}} \times 100$	Menor a 5%	Menor a 8%
Costo de Producción	Producción	Costo de producción por cada 1000 unidades de botellas producidas	$\frac{\text{Costo Total de Producción}}{1,000 \text{ unidades}} \times 100$	Menor a \$35	Menor a \$17

En la Tabla 6 se tiene un resumen de los indicadores en la situación actual y se comparan con los objetivos.

RESUMEN DE INDICADORES DE PRODUCCION

Indicador	Pulverizado		Serigrafía	
	Objetivo	Real	Objetivo	Real
Eficiencia	>95%	92.6% ✗	>85%	83.5% ✗
Utilización	>80%	68.0% ✗	>80%	75.0% ✗
Productos defectuosos	<3.0%	3.6% ✗	<5.0%	3.8% ✓
Reprocesos	<5.0%	7.6% ✗	<8.0%	6.4% ✓
Costo de producción	<\$45	\$58.2 ✗	<\$17	\$16.6 ✓

La Tabla 6 nos muestra que el proceso de pulverizado no está cumpliendo con todos los objetivos. Por parte del proceso de serigrafía, solo dos indicadores (eficiencia y utilización). Al realizar el análisis de 5 *Why's* se visualiza que este origen viene por la cantidad de frascos defectuosos que provienen del proceso de pulverizado. Ver Figura 5.

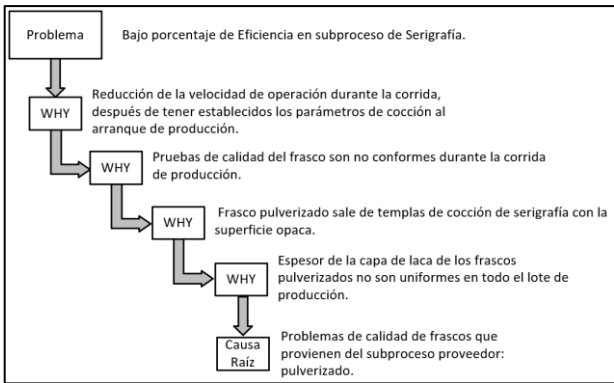


Fig. 5: Análisis 5 ¿Por qué? de la eficiencia de Serigrafía.

El proceso de Pulverizado será analizado por tener la totalidad de observaciones no cumplidas con respecto a los indicadores de producción.

E. Visualización y Análisis de Problemas.

1. Problemas provenientes del VSM.

Para este caso utilizaremos la herramienta de matriz de priorización. En la Tabla 7 se visualiza la matriz de probabilidad de ocurrencia, Tabla 8 de magnitud de impacto y en la Tabla 9 de criticidad. El valor de criticidad se calculará de acuerdo a la siguiente formulación:

$$\text{Nivel de Criticidad (NCR)} = \frac{\text{Probabilidad Ocurrencia} \times \text{Nivel Criticidad}}{500}$$

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE PROBLEMAS

Probabilidad de Ocurrencia	Descripción
1	Rara vez: Muy baja probabilidad de ocurrencia.
2	Eventual: Baja probabilidad de ocurrencia.
3	Moderado: Mediana probabilidad de ocurrencia.
4	Frecuente: Significativa probabilidad de ocurrencia.
5	Muy frecuente: Muy alta probabilidad de ocurrencia

MAGNITUD DE IMPACTO DEL PROBLEMA

Magnitud de impacto	Descripción
1	Menor: Impacto menor al 5% en el costo del producto.
5	Bajo moderado: Impacto entre el 6% y el 30% en el costo del producto.
20	Moderado: Impacto entre el 31% y el 50% en el costo del producto.
50	Mayor: Impacto entre el 51% y el 80% en el costo del producto.
100	Crítico: Impacto mayor al 80% en el costo del producto.

NIVEL DE CRITICIDAD DE PROBLEMAS

Nivel de criticidad	Descripción
[0% - 10%]	Bajo
<10% - 25%]	Medio
<25% - 50%]	Alto
<50% - 100%]	Extremo

En la Tabla 10 se muestra la Matriz de Riesgo del proceso de pulverizado mostrando solo aquellos niveles de criticidad de nivel extremo.

MATRIZ DE CRITICIDAD DE DESPERDICIOS

Problema	Desperdicio	Efecto	Probabilidad de Ocurrencia	Magnitud de Impacto	NCR (criticidad)	
Planificación de producción por medio de grupos de familia con órdenes anticipados.	Sobreproducción	Inventarios proceso.	en 4	50	40%	Extremo
Extensión del tiempo de cambio.	Tiempo de espera	Bajo Utilización	5	50	50%	Extremo
Falta de capacitación del técnico de turno.		Productos defectuosos.	3	50	30%	Extremo
Elevados inventarios de productos en proceso por ser el proceso "cuello de botella".	Inventarios	Inventarios proceso.	en 5	20	20%	Extremo
Tiempo de espera de producción entre los procesos de pulverizado y serigrafía es de 24 horas.		Inventarios proceso.	en 5	20	20%	Extremo
Falta de fichas técnicas.	Defectos en el producto y reprocesos	Productos defectuosos.	4	100	80%	Extremo
Bajo control de proceso por parte del técnico de turno.		Productos defectuosos.	3	100	60%	Extremo
Alto porcentaje de reprocesamiento		Costo elevado de producción.	2	50	20%	Extremo
Falta de capacitación a técnicos en casa matriz.	Conocimiento subutilizado	Productos defectuosos.	2	50	20%	Extremo

2. Problemas provenientes de los Indicadores de Producción.

Los problemas detectados son: baja eficiencia, baja utilización de máquina, productos defectuosos, reprocesos y costos elevados de producción. Ver Tabla 6.

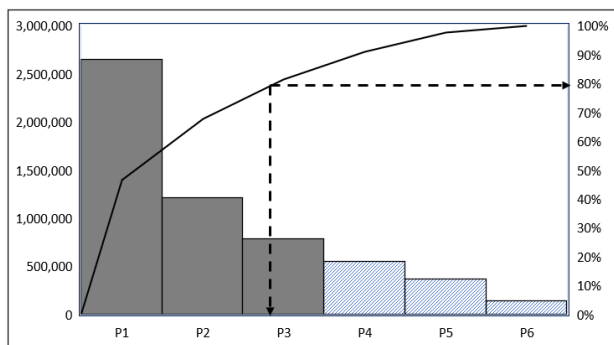
3. Consolidación de los Problemas del Proceso de Pulverizado.

Los problemas provenientes del VSM y de los indicadores de producción, asociando costos incurridos en el periodo enero 2019 a febrero 2020. Ver Tabla 11.

PRINCIPALES PROBLEMAS QUE AFECTAN EL PROECESO DE PULVERIZADO

Item	Problema	Costo (\$.)	Porcentaje	Acumulado
P1	Baja utilización	2,647,360	46.4%	46.4%
P2	Productos defectuosos	1,208,974	21.2%	67.7%
P3	Eficiencia	781,207	13.7%	81.4%
P4	Inventarios	549,087	9.6%	91.0%
P5	Costo por unidad	370,628	6.5%	97.5%
P6	Reprocesos	143,162	2.5%	100.0%
		5,700,417	100%	

En la Figura 6 se muestra el diagrama de *Pareto* de los problemas identificados en la Tabla 11.



23rd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: “ *Engineering, Artificial intelligence and Sustainable Technologies in service of society*” July 16 – 18, 2025 (Hybrid) – Mexico City.

Equipo	Código de equipo	Capacitación a realizar	Sem 32			Sem 33			Sem 34		
			jun.	mar.	abr.	jun.	jul.	ago.	jun.	jul.	ago.
Cadena transportadora de parantes	2019	Cambio de parantes y guías de cadena.									
Extractor de pintura de pulverizado	2018	Mantenimiento de bombas de lubricación. Limpieza de ventiladores y ductos. Cambio de filtros de extractor.									
Pistolas de pulverizado	2014	Desarmado de pistolas de pulverizado. Limpieza interna de pistolas de pulverizado. Armado de pistolas de pulverizado.									
Bombas de pulverizado	2017	Inspección de fugas de conexión neumática. Mantenimiento de electroválvulas. Mantenimiento de válvulas. Mantenimiento de cilindro elevadores.									

Fig. 11 Propuesta de capacitación de equipos de trabajo.

4. Establecer sistemas de recompensas o bonos como estímulo cada vez que el área llega a los resultados esperados. Lo mencionado ayudará a que los trabajadores se sientan más comprometidos con las tareas que realizan y generará el trabajo en equipo en sus propias áreas. Los incentivos pueden ser monetarios, pero se propone incentivos que los ayude a realizar mejor sus funciones como capacitaciones externas en institutos o universidades de prestigio. También se puede incentivar a los trabajadores por medio de la ayuda social o por medio de compartires externos que pueden ser almuerzos o cenas del grupo de trabajadores ganador que ayudará a que todo el personal del grupo se sienta más unidos y fortalecidos entre ellos mismos.

- B. Propuestas *Lean Manufacturing* para el soporte del Proceso Productivo.

Como primera herramienta planteamos implementar 5'S enfocado en la zona de herramientas que originan demoras en los tiempos de cambios.

1. 5'S

Para iniciar la implementación de esta herramienta se sugiere estos tres primeros pasos:

- Capacitar a todo el personal sobre la metodología 5'S.
- Elaborar un Gantt de tiempo de cada etapa de implementación.
- Designar un equipo de trabajo responsable de cada etapa.

El resultado que se espera obtener después de la implementación 5'S va enfocado a la reducción de tiempos en búsqueda de accesorios durante los cambios de formatos, así como también en el ahorro de movimiento por parte del personal operativo en la búsqueda de estos.

1.1. Implementación Seiri – Clasificación

Para esta etapa se propone un diagrama de flujo para la clasificación de accesorios. Ver Figura 12.

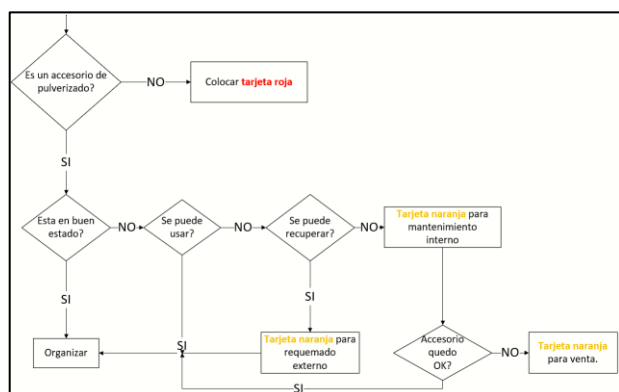


Fig. 12 Criterio de selección de accesorios.

1.2. Implementación Seiton – Ordenar

Esta etapa se debe de iniciar con la definición de zonas donde se ubicarán los accesorios. En la Figura 13 se muestra un diagrama de criterio de ordenamiento en base al tipo de material, peso y frecuencia de uso de los accesorios.

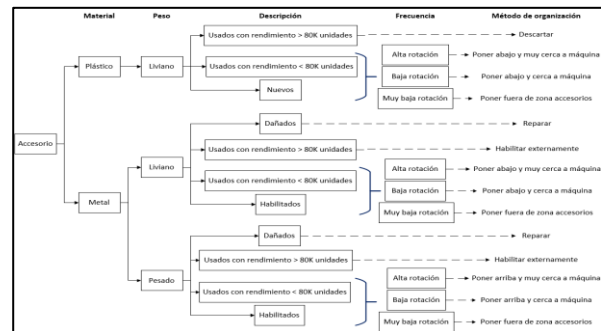


Fig. 13 Criterio de ordenamiento de bandejas de accesorios.

1.3. Implementación Seiso – Limpiar

Se generará un *layout* especificando las áreas a limpiar, responsables, definición de los artículos de limpieza y ubicación de estos en el área de trabajo, así como también la frecuencia de limpieza. Se propone para esta etapa un formato de revisión de limpieza la cual debe ser llenado por el responsable de cada turno de trabajo. Ver Figura 14.

FORMATO DE REVISIÓN DE LIMPIEZA DE ÁREA			
Área:	Acabados	Fecha:	Supervisor:
Subgerente:	Pulverizados	Turno:	Forma:
		D	T
		N	
Zona	Conforme (*)	No Conforme (*)	Comentarios
Limpieza interna de cabina			
Limpieza de área de pulverizado			
Limpieza externa de cabina			
Limpieza de techo de templo			
Limpieza de piso y paredes de bombas			
Limpieza de piso y cocher de accesorios			
Limpieza de pisos del área de pulverizado			
Limpieza de oficina de supervisor			

(*) Marcar con "X" si la zona se encuentra Conforme o No Conforme.

Fig. 14 Formato de revisión de limpieza.

1.4. Implementación Seiketsu – Estandarizar

Se propone crear procedimientos de trabajo simples los cuales se colocarán en la misma área de trabajo. Para este fin se plantea el uso de LUPs: Lecciones de un punto. Ver Figura 15.



Fig. 15 LUP de orden en zona de accesorios.

1.5. Implementación Shitsuke - Disciplina

Se recomienda continuar con las capacitaciones después de la implementación con el objetivo de garantizar la cultura

FORMATO DE EVALUACIÓN DE AUDITORÍA INTERNA S'S				
Area:	Acabados	Fecha de auditoría:		
Subproceso:	Pulverizado	Auditor:		
Puntaje:			Firma auditor:	
1 = Mal	2 = Regular	3 = Bien	4 = Muy bien	5 = Excelente

ETAPA	ITEM	ACTIVIDADES A AUDITAR	PUNTAJE	PROMEDIO
1. CLASIFICAR	1.1	Accesorios innecesarios se encuentran en zona de accesorios.		
	1.2	Accesorios necesarios de cambio se encuentran en su respectiva bandeja.		
	1.3	Accesorios dañados se encuentran dentro de las bandejas de accesorios necesarios.		
	1.4	Accesorios usados en mal estado no se ha programado su mantenimiento interno.		
	1.5	Accesorios usados en mal estado no se ha programado su requemado externo.		
2. ORDENAR	2.1	Existen bandejas mal ordenadas en los coches de accesorios.		
	2.2	Los coches de accesorios no se encuentran en sus respectivas zonas y ordenados.		
	2.3	No existe identificación de coches en la zona de accesorios.		
	2.4	Existe mezcla de accesorios en la misma bandeja.		
	2.5	Accesorios de alta rotación se encuentran lejos de máquina.		
3. LIMPIAR	3.1	Pisos del área de trabajo, paredes de máquinas, techos de templo se encuentran limpios.		
	3.2	Escritorio de supervisión se encuentra ordenado y limpio.		
	3.3	Los artículos de limpieza se encuentran completos y en sus respectivas áreas.		
	3.4	Zona de accesorios se encuentra limpia y libre de polvo.		
	3.5	No existe pintura salpicada en paredes o derramada en piso en zona de bombas de pinturas.		
4. ESTANDARIZAR	4.1	Existen LUP (lección de un punto) en las zonas de trabajo.		
	4.2	Existen imágenes del estado estándar o no estándar en área de trabajo.		
	4.3	Se realiza continuamente la selección de accesorios necesarios en el área.		
	4.4	Se realiza continuamente el criterio de ordenamiento de accesorios necesarios en el área.		
	4.5	Se realiza continuamente la revisión interna de limpieza en zona de trabajo.		
5. DISCIPLINA	5.1	Se realiza reuniones de retroalimentación con los equipos de trabajo.		
	5.2	Se realiza continuamente auditorías internas de seguimiento S'S.		
	5.3	Personal de trabajo usa correctamente sus Epps en área de trabajo.		
	5.4	Personal de trabajo conoce los objetivos de la implementación S'S (auditar a 2 trabajadores).		
	5.5	Lider de implementación participa continuamente de las actividades S'S.		
			PUNTAJE TOTAL DE AUDITORÍA (*)	

(*) El puntaje Total de Auditoría se calcula multiplicando el promedio obtenido de cada etapa multiplicado por su respectivo peso ponderado de cada etapa.

Peso ponderado de S'S	Observaciones generales de auditoría:
Clasificar: 10%	
Ordenar: 20%	
Limpiar: 20%	
Estandarizar: 25%	
Disciplina: 25%	

En la Tabla 13 se muestran los resultados esperados después de la implementación 5'S.

Actividad	Tiempo (min)		Porcentaje de Reducción
	Antes	Después	
Búsqueda de accesorios para la operación de cambio de formato.	35	23	34.3%

Para este paso se plantean dos propuestas:

- Estas propuestas mejorarían no solo el tiempo del lavado del sistema de bombas, sino también el trabajo de un operador al tenerlo libre para que realice otras actividades y ayude con el cambio de herramental. En la Figura 17 se muestra la reducción del tiempo de cambio por medio de la distribución óptima de funciones de los trabajadores y los resultados esperados con estas mejoras se muestran en la Tabla 14.

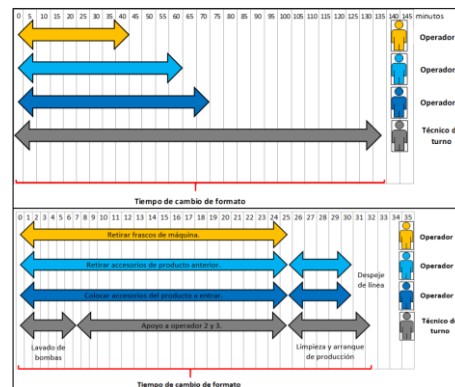


TABLA 14
REDUCCION DE TIEMPO DE CAMBIO DESPUES DE SMED

Tiempo actual (min)	Tiempo después de la mejora (min)	Porcentaje de reducción
133	32	76%

El mantenimiento autónomo tiene como base principal, la filosofía 5'S. Para complementar lo realizado en la primera herramienta *Lean*, se propone una tarjeta de identificación que se colocará al equipo después de su inspección tal como se muestra en la Figura 18.

[illegible]

La creación de estándares de limpieza, inspección y solución de problemas en los equipos es importante en esta etapa, para lo cual se propone seguir trabajando con LUPs. Ver Figura 19.

EMPRESA EN ESTUDIO	AREA:	PULVERIZADO	REALIZADO POR	ULISES L.
L.U.P DE INSPECCION DE EQUIPOS	EQUIPO:	BOMBA DE PULVERIZADO	REVISION:	001
	CODIGO DE EQUIPO:	2017	PAGINA:	1 DE 1
	CODIGO DE L.U.P.:	PUL-LUP-011	FECHA:	sep-21

BOMBA DE DIAFRAGMA MP-400 KRAUTZBERGER



Defecto	Causa	Solución
Burbujas de aire en el balde de pintura.	Manguera de aspiración suelta. Junta defectuosa.	Revisar conducto de aspiración. Sustituir junta.
Bomba de diafragma trabaja irregularmente.	Diafragma defectuoso. Conducto de aspiración obstruido. Cuerpos extraños en válvula.	Revisar conducto de aspiración. Revisar y limpiar conducto. Revisar válvula esférica.
Bomba funciona sin generar presión o aspiración.	Aspiración de aire. Manguera de aspiración obstruida. Asiento de válvula sucio.	Revisar dispositivo de aspiración. Revisar manguera de aspiración. Limpiar las bolas de válvula.
Oscilaciones de presión durante el funcionamiento o ruidos durante el funcionamiento.	Válvula obstruida. Diafragma desgastado.	Limpiar y lavar válvula. Cambiar diafragma.

Fig. 19 LUP de inspección y solución de averías.

La capacitación a los operarios es vital para que puedan diferenciar entre lo normal y anormal en el funcionamiento del equipo con el objetivo de que ellos mismos asistan cuando se encuentren con problemas de funcionamiento de máquina y así evitar pérdida de capacidad en el proceso. Lo mencionado no solo ayudaría a incrementar la producción, sino que también a reducir los defectos durante la operación. En la Tabla 15 y 16 se muestran los resultados esperados al usar estas tres primeras herramientas *Lean Manufacturing*.

**TABLA 15
INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD**

Producción promedio actual (unid/h)	Producción promedio propuesto (unid/h)	Porcentaje de incremento
2,160	2,528	17.1%

**TABLA 16
REDUCCION DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS**

Producto defectuoso actual (%)	Producto defectuoso propuesto (%)	Porcentaje de reducción
3.5%	2.9%	0.7%

4. Andon
- Para esta implementación se sugiere lo siguiente:
- Capacitar a los operadores sobre el uso de definir un color por defecto detectado en línea. Ver Tabla 17.

**TABLA 17
ASIGNACION DE COLOR ANDON POR DEFECTO DETECTADO**

Color	Tipo de situación
Rojo	Problema con equipos (mantenimiento).
Azul	Problema con el abastecimiento de pinturas (falta de pinturas).
Verde	Problemas con la calidad de las botellas (calidad).
Amarillo	Problema con la operación del producto (producción).

- Instalar dispositivos de control visual que servirá para dar señales de aviso. Entre los dispositivos propuestos serían un botón pulsador, torretas de luz y una sirena.

Lo mencionado se trabajará de acuerdo al diagrama de flujo que se muestra en la Figura 20.

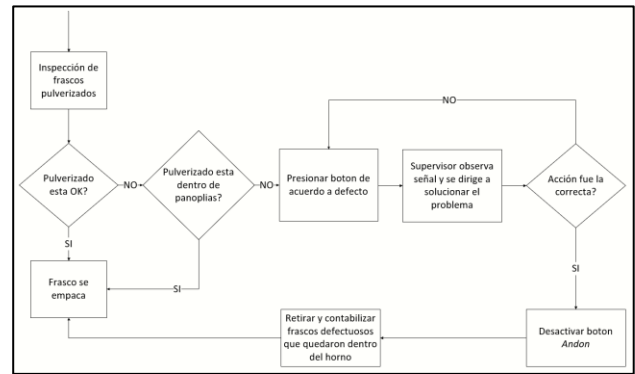


Fig. 20 Diagrama de Flujo del procedimiento ANDON.

Los resultados esperados después de usar 5'S, Mantenimiento Autónomo y ANDON, se muestra en la Tabla 18.

**TABLA 18
REDUCCION DE DEFECTOS DESPUES DE ANDON**

Porcentaje de defectos antes Andon	Porcentaje de defectos después Andon	Porcentaje de Reducción
3.5%	2.0%	1.5%

- C. VSM de la Situación Futura.
- Después de desarrollar las propuestas del Lean Manufacturing, se realiza nuevamente el análisis del VSM, especialmente del proceso de pulverizado. A continuación, se detallan los cálculos por cada propuesta.
1. Las tres primeras herramientas (5'S, SMED y Mantenimiento Autónomo) mejoran la disponibilidad de máquina. Ver Tabla 19.

**TABLA 19
DISPONIBILIDAD DE MAQUINA DESPUES DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO**

Máquina	Frecuencia de Mnto preventivos (días)	Cantidad anual de Mnto preventivos	Tiempo de Mnto preventivo (min)	Tiempo de Mnto preventivo mensual (min)	Tiempo disponible mensual (min)	Tiempo disponible sin Mnto mensual (min)	Disponibilidad de máquina (%)
Cabina F1	15	24	480	973	43,200	42,227	98%
Cabina F2	21	17	600	869	43,200	42,331	
		42	1,080	1,842	86,400	84,558	

2. La cuarta propuesta ANDON reducirá los defectos de calidad en un 1.5%. El valor propuesto sería ahora del 2.0%.

El cálculo del tiempo de ciclo del proceso de pulverizado sería de 0.70 después de las mejoras propuestas y su *takt time*, considerando la misma demanda inicial de 32.8MM de botellas al año, sería de 0.70. En la Figura 21 se muestra el gráfico de los tiempos de ciclo de los procesos productivos y del nuevo *takt time*.

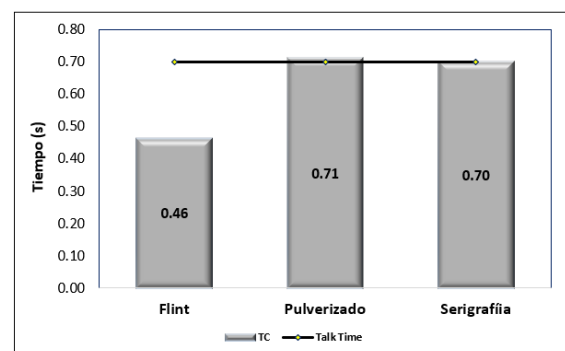


Fig. 21 Tiempos de ciclo versus *takt time* después de la implementación.

El nuevo VSM propuesto o VSM futuro después de la implementación se muestra en la Figura 22.

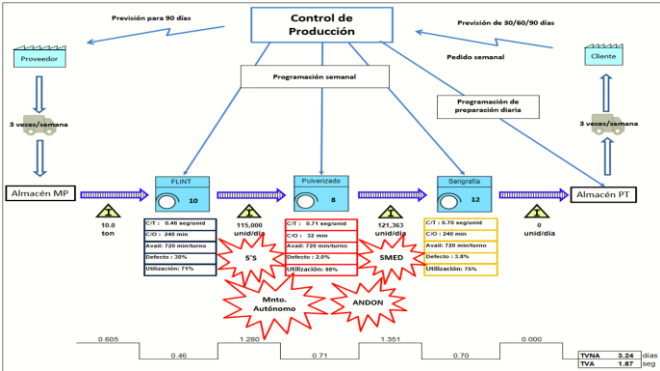


Fig. 22 VSM futuro.

D. Evaluación Económica del Proyecto.

Después de haber presentado las propuestas de implementación es necesario realizar un análisis económico del proyecto para ver que tan rentable puede ser. Cabe recalcar que la propuesta con base en el enfoque Socio-Técnico se encuentra contemplado dentro de las propuestas del Lean Manufacturing.

1. Gastos de Implementación.

En la Tabla 20 se muestran los costos totales de inversión por cada implementación planteada, las cuales generan un gasto total del proyecto de 605,136.6 soles.

TABLA 20
COSTOS TOTALES DE INVERSION

Implementación Lean Manufacturing	Costo Total (S/)
5'S	137,608.6
SMED	113,724.2
Mantenimiento Autónomo	241,361.1
Andon	112,442.7
Total	605,136.6

2. Ganancias y ahorros.

Este proyecto está orientado al aumento de capacidad mediante el mejoramiento de la disponibilidad de máquina y la reducción de productos defectuosos. Con la propuesta presentada de implementar herramientas del Lean Manufacturing se tendría una nueva capacidad ganada de 692,580 unidades/año producto de tener mayor tiempo la máquina trabajando y reduciendo sus unidades defectuosas. Considerando una demanda anual de 32.8MM de unidades y un costo de 1,180 soles/1,000 unidades con una ganancia del 20% se tendría la siguiente ganancia. Ver Tabla 21.

TABLA 21
AHORROS DESPUES DE LA IMPLEMENTACION

Antes de la implementación	32,800,000
Después de la implementación	33,492,580
Diferencia	692,580
Costo (Soles/1,000 unid)	1,180
Ganancia	20%
Precio de venta (Soles/1,000 unid)	1,416
Ahorro Anual (Soles)	980,694

3. Flujo de Caja.

El análisis de factibilidad del proyecto de inversión se realiza en esta parte. En la Tabla 22 se muestra el flujo de caja en donde los indicadores económicos se ha calculado en base a un intervalo de 4 años. Para este caso, se considera además una inversión en capacitación del personal con una inversión anual que asciende a los 105,000 soles lo cual se propone que se lleve a cabo en los cuatro primeros años.

23rd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: “ Engineering, Artificial intelligence and Sustainable Technologies in service of society” July 16 – 18, 2025 (Hybrid) – Mexico City.

TABLA 22
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO DE IMPLEMENTACION

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ingreso por aumento de capacidad	0	980,694	980,694	980,694	980,694
Total de ingresos	0	980,694	980,694	980,694	980,694
Costos de inversión	605,137	105,000	105,000	105,000	105,000
Total de egresos	605,137	105,000	105,000	105,000	105,000
Flujo Neto Económico	-605,137	875,694	875,694	875,694	875,694

Considerando un costo de oportunidad de capital (COK) del 20%, los valores del valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio costo (B/C) se muestran en la Tabla 23.

TABLA 23
RESUMEN DE RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA

Indicador económico	Valor	Criterio
VAN	1,661,802	> 0
TIR	140.4%	> COK
B/C	3.75	> 1

De la Tabla 23 se observa que el proyecto de implementación es económicamente viable y justifica tomar la decisión de realizar el proyecto.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES

- La búsqueda de soluciones mediante el uso del enfoque Socio-Técnico es muy necesario e importante hoy en día en todas las empresas que desean ser competitivas en el mercado nacional e internacional para lograr no solo la satisfacción de sus clientes, sino también buscar la satisfacción del personal que trabaja aquí por medio de un mejor ambiente de trabajo, brindarles autonomía de acuerdo a sus experiencias y capacitación.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede afirmar que la eliminación de los desperdicios en el proceso de pulverizado aumentará la disponibilidad de máquinas y mejorará la calidad del producto en proceso, dando por resultado el incremento de la productividad.
- El desarrollo de la herramienta 5'S como primera propuesta de implementación contribuirá a mejorar la cultura y ambiente en el puesto de trabajo, así como también servir como base para el desarrollo de las demás herramientas propuestas por medio del cambio de actitud de todos los trabajadores.
- La deficiente organización en la zona de accesorios inciden en excesivos tiempos muertos en búsqueda y tránsito para el cambio de formato, dando por resultado la baja disponibilidad de máquina. Es necesario contar con un programa planificado de reposición de accesorios y contenedores para mantener siempre el orden.
- La implementación de una tercera estación en las cabinas de pulverizado y de un sistema de lavado automático de bombas, permitirá rediseñar el proceso y distribuir mejor las funciones de los trabajadores dando un resultado esperado de reducción del tiempo de cambio hasta en un 83% de la situación inicial.
- La importancia de la implementación del TPM generará compromiso al trabajador por medio de prevenir el deterioro de las máquinas y a desarrollar habilidades para el análisis y solución de problemas por medio de una nueva filosofía de trabajo que se basa en de la limpieza, inspección y lubricación.
- La implementación del sistema Andon permitirá reducir no solo las unidades de productos defectuosos sino que también mejorará la comunicación con las áreas de

soporte como mantenimiento, calidad y matizados logrando así minimizar tiempos muertos.

2. RECOMENDACIONES

- Para que las propuestas planteadas tengan resultados positivos, se recomienda el compromiso total de la alta dirección no solo como aprobaciones a las inversiones realizadas, sino también como apoyo para realizar las actividades programadas. Esto último ayudará a motivar al personal de planta en la implementación.
- Se debería contemplar la idea de invertir en el diseño y construcción de un mini equipo de laboratorio que asemeje el proceso de pulverizado para que el área de desarrollo realice acá sus muestras y pruebas de nuevos productos ya que estos se realizan en máquina dando una capacidad perdida de un 20% en el mes.
- Se recomienda contratar personal adicional, es decir trabajar con un ingeniero de procesos y 3 operadores más por el lapso no menor de 3 años después de terminar la última herramienta. Esto ayudará a continuar con la formación y asentamiento de la cultura dentro de la organización.
- Como el proceso de fabricación de botellas tiene un tiempo de ciclo menor al *Takt Time*, se recomienda cubrir esta capacidad con envases de vidrio para productos de consumo masivo como por ejemplo alimentos o productos licoreros.

REFERENCIAS

- [1] Angus, A. (2018). Las 10 principales tendencias globales de consumo para el 2018. Euromonitor Internacional.
- [2] Gestión. (29 de noviembre de 2016). Crece demanda de fragancias premium y concentra el 17% del rubro de belleza. Gestión.
- [3] Quiroa, M. (7 de marzo de 2021): Matriz de priorización. Obtenido de <https://www.economipedia.com>
- [4] Mora Horta, L. (13 de octubre de 2016). Armado una precisa Matriz de Riesgos. (pág.20). Panamá. Obtenido de <https://www.flexcompliance.com>
- [5] Trist E. & Bamforth, K. W. (1951). Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal - Getting. Human Relations.
- [6] Trist, E. (1981): The evolution of socio-technical systems. Quality of Working Life Centre. Toronto Ontario.
- [7] Cherns, A. (1973): Principles of sociotechnical design revisited. Human Relations.
- [8] Hernández, J. C., & Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación. Madrid: Fundación EOI.
- [9] Madariaga, F. (2013). Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos. Budok Publishing S.L.
- [10] Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). La máquina que cambió el mundo. Madrid: McGraw Hill.
- [11] Hernández, J. C., & Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación. Madrid: Fundación EOI.
- [12] Socconini, L. (2008). Lean Manufacturing paso a paso. Norma.
- [13] Madariaga, F. (2013). Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos. Budok Publishing S.L.
- [14] Luz Tortorella, Flavio Fogliatto, Paulo Cauchick, Sherah Kurnia & Daniel Jurburg (2021), "Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices", vol 240, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527321002000>