

Improvement of the manufacturing process of reinforced concrete poles, using lean manufacturing tools

Yamileth Román, Magister¹, Wilmer Atoche, Magister¹, Víctor Farro, Magister¹

¹Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú

yamileth.roman@pucp.edu.pe, watoche@pucp.edu.pe, vdfarro@pucp.edu.pe

Abstract– Currently, concrete poles have had a positive growth, due to the electric power and telecommunications sectors. Therefore, the present research work has as its main objective to make a proposal for improvement in the production process of a company that is dedicated to the manufacture of reinforced concrete poles. For which, an analysis and diagnosis of the current situation of the company has been carried out, which has led to selecting the most appropriate lean manufacturing tools (5S, TPM, Jidoka) for each work area within the production process. In this sense, the proposal consists of making a schedule for the implementation of lean manufacturing tools that will facilitate the elimination of waste in said processes. Finally, the proposal is complemented with an evaluation of the savings generated by the implementation of the tools.

Keywords-- Lean manufacturing, reinforced concrete posts, production process.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.524>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Mejora del proceso de fabricación de postes de concreto armado, usando herramientas de manufactura esbelta

Yamileth Román, Magister¹, Wilmer Atoche, Magister¹, Víctor Farro, Magister¹

¹Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú

yamileth.roman@pucp.edu.pe, watoche@pucp.edu.pe, vdfarro@pucp.edu.pe

Abstract– Currently, concrete poles have had a positive growth, due to the electric power and telecommunications sectors. Therefore, the present research work has as its main objective to make a proposal for improvement in the production process of a company that is dedicated to the manufacture of reinforced concrete poles. For which, an analysis and diagnosis of the current situation of the company has been carried out, which has led to selecting the most appropriate lean manufacturing tools (5S, TPM, Jidoka) for each work area within the production process. In this sense, the proposal consists of making a schedule for the implementation of lean manufacturing tools that will facilitate the elimination of waste in said processes. Finally, the proposal is complemented with an evaluation of the savings generated by the implementation of the tools.

Keywords-- Lean manufacturing, reinforced concrete posts, production process.

Resumen– En la actualidad, los postes de concreto han tenido un crecimiento positivo, debido a los sectores de energía eléctrica y de telecomunicaciones. Por ello, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal realizar una propuesta de mejora en el proceso productivo de una empresa que se dedica a la fabricación de postes de concreto armado. Para lo cual, se ha realizado un análisis y diagnóstico de la situación actual de la empresa, que ha conllevado a seleccionar las herramientas de manufactura esbelta (5S, TPM, Jidoka) más acordes para cada área de trabajo dentro del proceso de producción. En ese sentido, la propuesta consiste en realizar un cronograma para la implementación de herramientas de manufactura esbelta que facilitarán la eliminación de desperdicios en dichos procesos. Finalmente, la propuesta se complementa con una evaluación de los ahorros que generan la implementación de las herramientas.

Palabra claves—Manufactura esbelta, postes de concreto armado, proceso productivo.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la energía eléctrica es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de todas las comunidades, ya que la mayoría de las actividades del ser humano requieren de la utilización de la electricidad. Una muestra de ello es que en el 2011, el 82.5% de hogares en el Perú cuentan con acceso al servicio de energía eléctrica mediante red pública y para el 2018, aumentó a 92.9% [1].

Debido a esta importancia es que existe un organismo gubernamental que regula a las empresas que se dedican a la generación y distribución de la energía eléctrica; las cuales, a su vez cuentan con proveedores que abastecen de materiales y productos necesarios para las obras de instalación de nuevas redes eléctricas, conexiones eléctricas o actividades de mantenimiento que son realizadas por empresas sub-contratistas. En ese sentido, es importante indicar que los productos más demandados para la distribución de energía eléctrica son los postes de alumbrado público.

Los postes de concreto armado son los más utilizados actualmente en las sociedades, debido a que sus propiedades mecánicas y su mantenimiento con poca frecuencia, los convierten en los más competitivos entre otros postes de diferente material es por ello que, la demanda de los postes de concreto no sólo viene creciendo debido al sector eléctrico, sino también por el sector de telecomunicaciones [2].

La empresa en estudio, se dedica a la fabricación de postes de concreto armado desde el año 1996, contando con una gama de distintos tamaños; sin embargo, su crecimiento en el mercado y sus procedimientos de trabajo no estandarizados ha traído como consecuencia un aumento de sus sobrecostos en los procesos de producción. El diagnóstico realizado a la empresa en estudio evidenció que existen muchos factores que generan gastos o costos innecesarios e ineficientes en el proceso de producción. Esta situación es muy recurrente en empresas manufactureras y necesitan de la implementación de mejoras en los procesos productivos [3].

Todos los puntos mencionados en la problemática son atendibles y solucionables con la aplicación de una metodología de manufactura esbelta; por ello, el presente trabajo tiene como objetivo el analizar y proponer mejoras al proceso productivo de fabricación de postes de concreto armado usando las herramientas de manufactura esbelta (VSM, 5S, TPM y Jidoka), con la finalidad de alcanzar una mayor efectividad en los procesos y mejorar la productividad de la empresa. Estas herramientas de manufactura esbelta brindan buenos resultados en varias de sus aplicaciones en distintos rubros industriales [4] [5].

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.524>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Finalmente, para cada herramienta de manufactura esbelta seleccionada, se realiza una propuesta de implementación mediante un cronograma detallado con los pasos y costos necesarios; con lo cual, se realiza una evaluación de los ahorros que genera la propuesta de solución.

II. ESTADO DEL ARTE

A. *Procesos*

Las organizaciones desarrollan distintos procesos para la generación de valor en los productos y servicios que brindan a sus clientes. En el ámbito industrial, estos procesos son conocidos como productivos, y definen una secuencia de pasos, tareas o actividades que se caracterizan por recibir inputs al inicio y resultar outputs al final, los cuales pueden tangibles como intangibles [6] [7].

Los procesos productivos son medidos principalmente por indicadores como: productividad, eficiencia, eficacia y efectividad [8]. Estos indicadores ayudan a medir la situación actual del proceso productivo y a su vez, se sabrá si las acciones de mejora consiguen mejores resultados en dichos indicadores, lo cual permite con la filosofía de mejora continua [9] [10].

B. *Manufactura esbelta*

La manufactura esbelta es una filosofía de trabajo basada en las personas, que se centra en la eliminación de desperdicios [11]. Estos desperdicios de producción se categorizan de la siguiente manera: sobreproducción, tiempos de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimientos innecesarios y defectos [12] [13].

La manufactura esbelta cuenta con una serie de herramientas, que tienen como finalidad mejorar continuamente las operaciones y agregando valor a los procesos, siempre respetando las condiciones del trabajador y las necesidades del cliente [14] [15].

D. *Mapa de flujo de valor (VSM)*

El mapeo de flujo de valor (VSM) es una herramienta potente para el diagnóstico y control de los procesos. El VSM es una representación gráfica de la cadena de valor, que muestra información del flujo de materiales y de información que va desde el proveedor hasta el cliente [16]. Esta herramienta tiene como objetivo mostrar de manera sencilla la cadena de valor del proceso productivo e identificar las actividades que no aportan valor en el negocio [17] [18].

E. *Las 5 S*

La herramienta 5S consiste en la aplicación de 5 grandes pasos: seleccionar (o clasificar), ordenar, limpiar, estandarizar y autodisciplinar (crear hábito). Esta herramienta tiene como ventaja que se consiguen mejoras en los indicadores de productividad en un corto plazo [19] [20].

E. *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*

El mantenimiento productivo total (TPM) es una herramienta que se orienta en maximizar la eficiencia de todo el sistema productivo [21]. Asimismo, se enfoca en la eliminación de averías y defectos a través de la participación de todos los trabajadores, desde los operarios hasta los directivos [22]. Estas averías pueden ser clasificadas en: pérdida de puesta en marcha, pérdida de velocidad del proceso, fallas en el equipo, tiempo de preparación, parada por defecto del producto y pequeñas paradas [23].

La implementación del TPM consiste en la aplicación de 12 pasos, que inician con la comunicación del compromiso de la gerencia hacia la introducción del TPM en la empresa y realizando una campaña de capacitación sobre TPM, para posteriormente establecer políticas, planes maestros y programas de mantenimiento [24].

E. *Jidoka*

La herramienta Jidoka consiste en la automatización de los procesos, y tiene como objetivo no permitir el paso de los productos con defectos a otras áreas, con el fin de eliminar el riesgo de que un producto defectuoso llegue al cliente. Existen distintas etapas de la implementación del Jidoka, una de las herramientas más conocidas es el poka-yoke [25] [26].

III. METODOLOGÍA

A. *Descripción general de la empresa*

La empresa se dedica a la producción y comercialización de postes de alumbrado público y accesorios para la instalación de estos. La empresa fue creada en el año 1996 con el objeto de producir y comercializar los postes de concreto armado, y a lo largo de los años, la empresa ha ido incrementando su capacidad instalada y variedad de los productos que oferta, llegando en la actualidad a producir 40 productos diferentes: postes desde 3 hasta 18 metros, solicitados por empresas que principalmente brindan el servicio de instalaciones eléctricas.

La empresa ha conseguido posicionarse en el mercado gracias a la rapidez para adecuarse a los requerimientos del cliente; por ello, el diseño e ingeniería es muy importante dentro de los procesos operativos. El área ventas y la gerencia general marcan la estrategia comercial de la empresa, que se apoya en la gestión técnica para cumplir con los estándares de calidad de los productos, como se muestra en la Fig. 1.

La empresa cuenta con un total de 50 trabajadores, y el 70% de ellos, se dedica al área de producción. El área de producción cuenta 8 sub-áreas: arandela, soldadura, mezclado, vaciado de mezcla, centrifugado, secado, resane y secado ambiental.

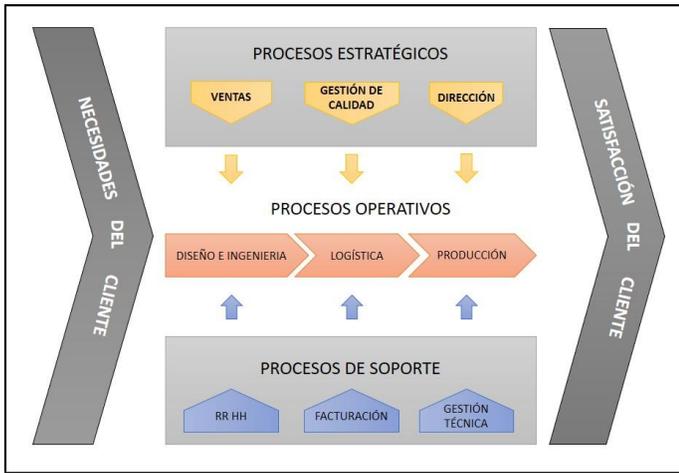


Fig. 1. Mapa de procesos de la empresa

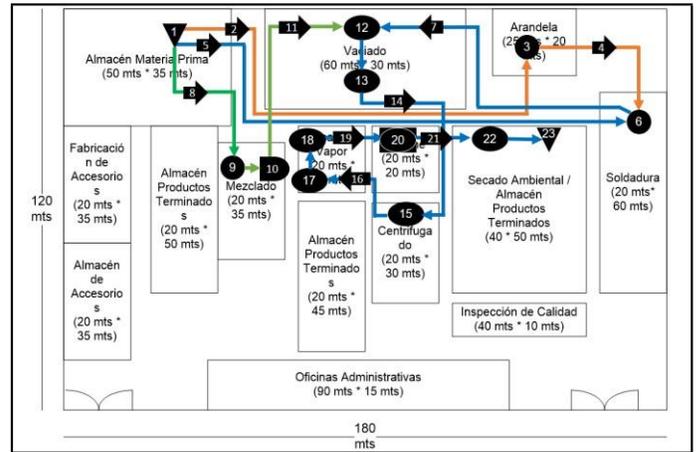


Fig. 3. Diagrama de recorrido y distribución de planta de la empresa

B. Descripción de la problemática

En los últimos 4 años, la empresa ha sufrido un crecimiento positivo en la línea de negocios de postes de concreto de armado, el cual se ve reflejado en el incremento de la demanda en un 39.7% y por consiguiente los ingresos han crecido en un 46.6%. Además, los postes de 9 metros han representado el 49.2% de la demanda total; es por ello que, el poste de 9 metros es considerado el principal producto.

En la Fig. 2 se muestra el diagrama VSM actual, donde se aprecia que la actividad centrifugado es el cuello de botella, y el tiempo de entrega (lead time) es 7.75 días para un lote de 36 unidades.

Adicionalmente, en la Fig. 3 se muestra el diagrama de recorrido, en donde se aprecia la gran cantidad de movimientos (transporte) que se realizan para la producción de un poste de concreto, siendo los tiempos de transporte el 25.3% de los tiempos de operaciones en promedio. Además, se puede mencionar que el 66.2% del área está utilizada y el área de producción dedicada a los postes de concreto utiliza el 29.6% de toda la planta.

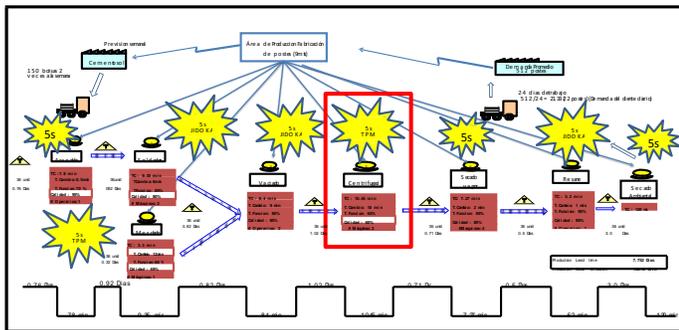


Fig. 2. Mapa de flujo de valor (VSM) para poste de 9 metros

El diagnóstico de la situación actual concluye que los problemas o desperdicios dentro del área de producción, se centran principalmente en: 1) la presencia de productos defectuosos y reprocesos, 2) presencia de esperas en el proceso productivo, y 3) presencia de movimientos innecesarios en los puestos de trabajo; los cuales están generando tiempos perdidos en los puestos de trabajo y ocasionando una sobreutilización de horas extras del personal para poder cumplir con los requerimientos de los clientes.

Lo indicado anteriormente, se demuestra en las siguientes figuras. En la Fig. 4 se muestra que el 10.8% de la producción de postes de 9 metros es defectuoso. En la Fig. 5 se muestra que el 14.5% del tiempo total es considerado como paradas, debido a las fallas de maquinarias (71.2%), desabastecimiento de materiales o por falta de personal en el puesto de trabajo. Con respecto a los movimientos innecesarios, se puede afirmar que se debe al desorden y falta de limpieza en los puestos de trabajo.

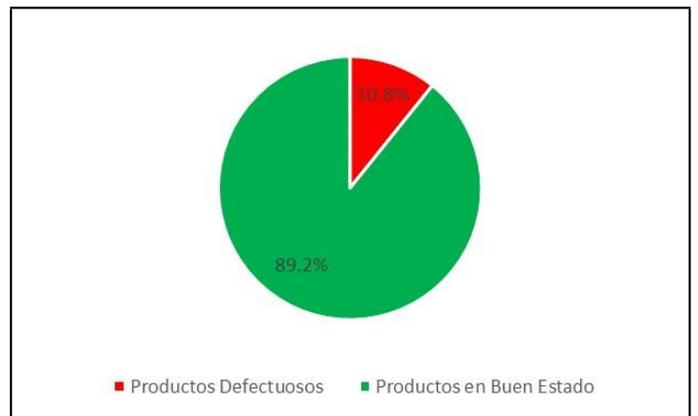


Fig. 4. Productos defectuosos en postes de 9 metros

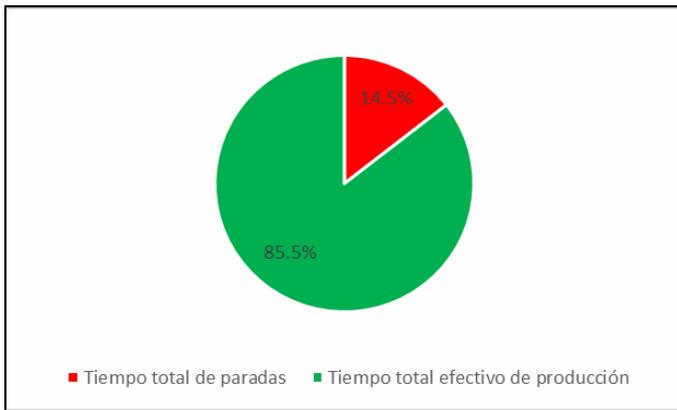


Fig. 5. Tiempo de paradas de producción

Al realizar un análisis de causa-efecto para cada uno de los desperdicios principales, se detectan causas similares e se identifican las áreas donde se presencian dichos problemas, véase Tabla 1. Cada una de las causas comunes tienen una justificación, la cual se detalla a continuación:

- Procesos:
 - ✓ Falta de estándares y metodologías en los procesos productivos, el personal realiza sus labores según su experiencia, ya que no existen procedimientos ni instructivos.
 - ✓ Existe poco control en cada etapa del proceso productivo, por ello se evidencia que los productos terminados muestran rajaduras y desperfectos originados por la máquina de centrifugado y un mal vaciado de mezcla. Estos productos finalmente requieren de tiempo adicional para pasarlos por un proceso manual de corrección.
 - ✓ Las condiciones de trabajo evidencian poco orden y limpieza en las estaciones de trabajo y en las zonas de tránsito. Los métodos de trabajo que se realizan no consideran los temas de ergonomía y seguridad en el trabajo, y los operarios no están concientizados en estos aspectos.
- Personal:
 - ✓ El personal contratado para las áreas de producción no es técnico ni especializado para realizar trabajos de manufactura.
 - ✓ Existe una alta rotación de personal de producción, con una duración mínima de una semana en el puesto de trabajo por parte del personal técnico, mayormente en el área de soldadura.
 - ✓ No existe un programa de capacitación o inducción al personal nuevo, referente a las actividades que va a realizar en su área de trabajo.
- Máquinas:
 - ✓ Las máquinas del proceso de mezclado, centrifugado y soldadura, no cuenta con un plan de

mantenimiento preventivo, debido a ello, se registran paradas frecuentes para la realización de mantenimiento correctivos debido a fallas en pleno funcionamiento de las operaciones.

TABLA 1.
CAUSAS COMUNES Y ÁREAS INVOLUCRADAS

Aspecto	Causas comunes de los desperdicios	Arandelas	Soldadura	Mezclado	Vaciado	Centrifugado	Secado a vapor	Resane	Secado ambiental
Personal	CC1: Trabajadores inexpertos con falta de capacitación		X	X		X		X	
Máquina	CC2: Maquinaria antigua y deficiente con falta de mantenimiento			X		X			
Proceso	CC3: Falta de inspecciones de calidad		X		X			X	
	CC4: Falta de procedimientos e instructivos de trabajo definidos	X	X	X	X	X	X	X	X
	CC5: Falta de limpieza en las áreas de trabajo	X	X	X	X	X	X	X	X
	CC6: Bajas condiciones de trabajo (seguridad y comodidad)	X	X	X	X	X	X	X	X

C. Selección de herramientas de manufactura esbelta

Bajo el escenario analizado, se plantean las herramientas de manufactura esbeltas más acordes para atacar las causas de los problemas (desperdicios) identificados. Por ello, en la Tabla 2 se despliega las causas comunes identificadas, las herramientas a usar y los beneficios a esperarse después de su implementación.

En resumen, la relación existente entre los problemas principales identificados, sus causas comunes y las herramientas seleccionadas para la mejora del proceso productivo, se aprecia en la Fig. 6.

Tabla 2.
HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA SELECCIONADA

Causas comunes	Herramienta seleccionada	Beneficio esperado
CC1	5 S (Seiketsu)	Implementación de un programa de capacitaciones (principalmente a operarios nuevos) para realizar las operaciones con mayor eficiencia.
CC2	TPM	Implementación de un programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria evitando esperas en el proceso.
CC3	Jidoka	Implementación de mejoras en los puestos de trabajo que permitan controlar de manera autónoma la calidad del producto.
CC4	5S (Seiketsu)	Implementación de instructivos de trabajo y socializarlos con los trabajadores, buscando la estandarización de los procesos y la calidad de los productos.
CC5	5 S (Seiri / Seiso)	Implementación de instructivos de orden y limpieza, y socializarlos con los trabajadores, buscando la armonía en los puestos de trabajo.
CC6	5 S (Seiri / Seiton)	Implementación de mejoras en los puestos de trabajo que permitan brindar una mayor comodidad y seguridad a las personas.

Tabla 3.
OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo	Mejora con 5S	Mejora con TPM	Mejora con Jidoka
General	Estandarizar las operaciones del proceso.	Reducir los tiempos de parada de las máquinas.	Reducir la proporción de productos defectuosos.
Específicos	<ul style="list-style-type: none"> * Clasificar y eliminar los materiales innecesarios en cada área de trabajo. * Mejorar las condiciones de la zona de trabajo. * Estandarizar las actividades del proceso productivo y capacitar al personal. * Desarrollar una cultura de mejora continua en los procesos productivos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Maximizar la utilización y efectividad de las maquinarias. * Mantener las máquinas en condiciones óptimas y reducir los mantenimientos correctivos. * Fomentar la participación de los trabajadores en las actividades de mantenimiento. * Aumentar los conocimientos y habilidades de los trabajadores en las actividades de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> * Implementar dispositivos de detección de errores. * Implementar la automatización de los procesos manuales. * Reducir la cantidad de reprocesos. * Aumentar los puntos de control dentro del proceso.

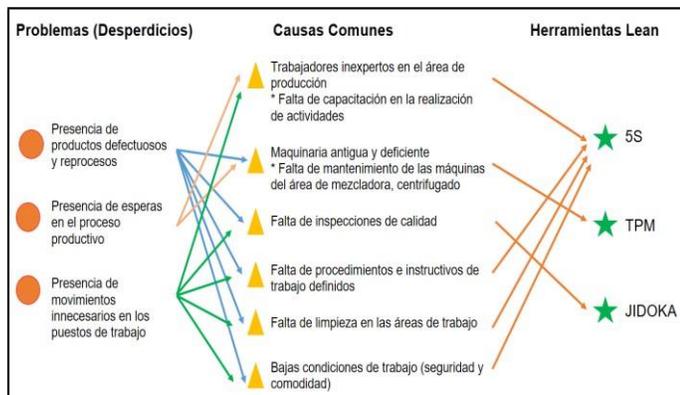


Fig. 6. Relación entre problemas, causas y propuestas de mejora

D. Propuesta de mejora

En base a lo explicado, se realiza la propuesta de mejora que consiste en la elaboración de un project charter que explica de manera sencilla los objetivos, involucrados, plazos, presupuestos y beneficios a esperarse de la implementación de las 3 herramientas de manufactura esbelta. En la Tabla 3 se aprecian los objetivos planteados para cada herramienta.

En adición, se elabora un cronograma detallado de las actividades principales que se deben realizar en cada implementación de la herramienta, en la Tabla 4 se aprecia que el proyecto tiene una duración planificada de 39 semanas (9 meses). Asimismo, se obtiene un presupuesto para cada etapa del proyecto, dando un total de S/. 136,051, véase Tabla 5.

Tabla 4.
CRONOGRAMA GENERAL DEL PROYECTO

Nº	Etapas del proyecto	Plazo (sem)
1	Iniciación del Proyecto	3
2	Planificación del Proyecto de Mejora	4
3	Recopilación de Información	3
4	Diagnóstico del Proceso Productivo	4
5	Diseño de Mejoras en el Proceso	5
6	Implementación de Mejoras	15
7	Seguimiento y Control de Mejoras	5

TABLA 5.
PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

Descripción	Costo
Generales de Implementación	S/ 71,700.00
Implementación de 5S	S/ 17,535.00
Implementación de TPM	S/ 22,420.00
Implementación de Jidoka	S/ 24,396.25
Total	S/ 136,051.25

Tipo de cambio: (\$ 1 = S/. 3.8)

Es importante mencionar que el cronograma y el presupuesto, incluyen la contratación del equipo de mejora continua (especialistas en implementación de herramientas de manufactura esbelta), materiales y capacitaciones necesarias para la implementación. Adicionalmente, el proyecto contempla un costo post-implementación, con el objetivo de que las mejoras se mantengan y continúen (freno contra retroceso) a través de los años; esto incluye principalmente capacitaciones.

E. Resultados de la propuesta

Se ha realizado una simulación de los resultados, en base a las herramientas de manufactura esbelta que se ha planteado implementarse. Estos valores futuros mejoran en gran medida a los valores actuales de los desperdicios, véase

Tabla 6.

TABLA 6.
COMPARATIVO DE VALORES EN LOS DESPERDICIOS

Desperdicios / Problemas	Valor actual	Valor futuro
Productos defectuosos	10.8%	6.6%
Reprocesos	5.4%	3.3%
Esperas	14.5%	6.3%
Movimiento Innecesario	7.9%	2.6%
Materia Prima Adicional	16.2%	9.9%
Mano de Obra Adicional	23.5%	9.5%

Adicionalmente, se obtienen mejores valores en los indicadores de productividad; y en el VSM futuro se puede apreciar que el tiempo de entrega se redujo a 6.58 días para un lote de 42 unidades (mayor al actual), véase la Tabla 7. Esto permite afirmar, que el proceso productivo podrá cumplir con el requerimiento de los clientes de una manera más rápida, y con menos desperdicios (sobrecostos).

TABLA 7.
COMPARATIVO DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

Indicadores	Valor Actual	Valor Futuro	Unidad
Eficiencia	89.16%	95.90%	%
Productividad total	0.00339	0.00365	Postes/sol
Efectividad	87.38%	93.99%	%
Capacidad producción	36	42	Potes/día
Lead time	7.75	6.58	Días

En la Fig. 7 se muestra un análisis de los resultados de la implementación de manera individual y grupal de las herramientas de manufactura esbelta.

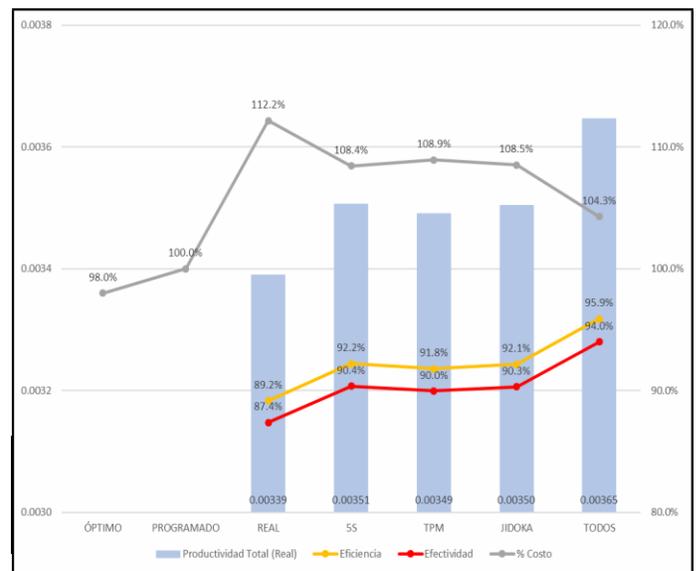


Fig. 7. Comparativo de implementaciones de herramientas

De la imagen anterior, se puede apreciar que con la implementación de las 3 herramientas de manufactura esbelta, se obtienen mejores resultados en los indicadores de productividad.

F. Evaluación económica

Una vez analizado los resultados de las propuestas de mejora, es importante evaluar los ahorros que nos pueden dejar las implementaciones a través de los años. Para ello, en la Tabla 8, se han calculado los ahorros y costos que se incurrirán en la implementación del proyecto, considerando una proyección sobre las ventas en los últimos 5 años.

TABLA 8.
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y AHORROS GENERADOS

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ahorros generados (S/.)		278,437	303,317	328,198
Costos de implementación (S/.)	136,051	28,200	31,800	31,800

Tipo de cambio: (\$ 1 = S/. 3.8)

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la implementación consigue grandes ahorros para la empresa, a pesar de los costos de implementación y los costos para mantener las herramientas.

IV. CONCLUSIONES

Con el presente estudio se ha propuesto que las herramientas de manufactura esbelta (VSM, 5S, TPM, Jidoka) permiten reducir los desperdicios (problemática) de las distintas áreas identificadas en la empresa, y contribuyen con la introducción del pensamiento de mejora continua dentro de todo el personal.

La situación actual de la empresa es positiva ya que la demanda e ingresos son crecientes a través de los últimos años, sin embargo, las ineficiencias del proceso productivo (desperdicios) han hecho incrementar aún más los sobrecostos de producción. Estas ineficiencias actualmente se pueden visualizar en la mano de obra (23.5%) y materiales (16.2%) adicionales que se requieren para la producción de un poste.

El análisis de la situación actual de los indicadores de producción definidos en este trabajo de investigación, marcan una línea base de la Empresa (eficiencia: 89.16% y efectividad 87.38%), que permitirá evaluar posteriormente los resultados de las implementaciones de las herramientas manufactura esbelta.

La herramienta VSM es utilizada para diagramar el flujo de valor actual que permite reconocer los cuellos de botella (área de centrifugado) e identificar las áreas críticas con respecto a la problemática identificada, que contempla: productos defectuosos, reprocesos, esperas en el proceso productivo y movimientos innecesarios en los puestos de trabajo.

Como resultado del análisis de la situación actual de la empresa, se realiza una propuesta de mejora que contempla la implementación de algunas herramientas de manufactura esbelta identificadas como idóneas para mejorar la línea base de los indicadores del proceso productivo. Dichas herramientas son: 5S, TPM y Jidoka.

La propuesta de mejora descrita en la presente investigación contempla un proyecto genérico de actividades que deben ser realizadas cuando se decida implementar las herramientas de manufactura esbelta seleccionadas. Es importante el conformar (contratar) el equipo de mejora que realizará las implementaciones en los 9 meses del proyecto, según el perfil adecuado.

La propuesta de implementación de las herramientas 5S, TPM y Jidoka, tiene como beneficio el mantener las áreas de trabajo de forma ordenada y limpia, establecer un plan de mantenimiento preventivo de las maquinarias, diseñar e implementar dispositivos que permitan realizar las operaciones de manera automatizada y sin errores, así como desarrollar y difundir los procedimientos estandarizados para garantizar la calidad de los postes.

Los resultados que se esperan tener con la implementación de las 3 herramientas de manufactura esbelta son: una reducción en la mano de obra adicional (9.5%) y en el material adicional (9.9%) requeridos para las operaciones; Asimismo, los indicadores de producción aumentan con respecto a la línea base (eficiencia 95.90% y efectividad: 93.99%).

Es preciso mencionar que los resultados de eficiencia y efectividad se optimizan si la empresa decide realizar la implementación de las 3 herramientas de manufactura esbelta y no solo una de ellas. Además, los ahorros que se generan debido a la implementación de las 3 herramientas, son 10 veces más que los costos de implementación.

Finalmente, se puede concluir que la implementación de las herramientas es viable y factible para la empresa, con mejores resultados cuando se implementa las 3 herramientas de manufactura esbelta. Esta afirmación se basa teniendo en consideración los indicadores de productividad y económicos.

REFERENCES

- [1] Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). Acceso a Servicios Básicos en el Perú 2013-2018. Lima.
- [2] Cruzate, M. y Ovalle, D. (2019). Construyendo Postes y Procesos: Un plan de arquitectura empresarial para una empresa de infraestructura de telecomunicaciones. LACCEI 19th.
- [3] González, D., & Encarnación, R. (2018). Diseño de células de manufactura en un contexto lean en un área de conversión de producto lácteo: estudio de caso. The Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 1- 10.
- [4] Vásquez, J., Rojas, J. E., & Cáceres, A. (2018). Mejora de los Indicadores de productividad en una empresa textil mediante la sinergia de herramientas de Lean Manufacturing y el enfoque Sociotécnico. The Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 1- 10.
- [5] Zúñiga, D. C., Flores, L. A., & Rojas, J. E. (2019). Mejora de los Procesos de Producción en una Empresa Fabricadora de Electrodomésticos de Línea Rey Sacristán, F. (2003). Mantenimiento total de la producción (TPM). España: Fundación ConfeMetal.
- [6] Evans, J., & Lindsay, W. (2008). Administración y Control de la Calidad. México: Cengage Learning.

- [7] Galloway, D. (1994). Mejora Continua de Procesos. Barcelona: Gestion 2000.
- [8] Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2009). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. México: Interamericana Editores SA.
- [9] Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. T. (2010). Mejora continua de los procesos. Herramientas y Técnicas. Lima: Universidad de Lima. Fondo Editorial.
- [10] Pardo, J. M. (2012). Configuración y usos de un mapa de procesos. España: Aenor.
- [11] Lu-Chang-Say, J., Lu-Chang-Say, E., Zuloaga, L., & Zarate, B. (2018). ADN de Filosofía Lean y TOC para Desarrollar, Innovar y Mejorar Procesos. Lima - Perú.
- [12] González, F. (2007). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) Principales Herramientas. Revista Panorámica Administrativa, 85-112.
- [13] Womack, J. P., & Jones, D. T. (2005). Lean Consumption. Harvard Business Review.
- [14] Cuatrecasas, L. (2010) "Lean Management: La gestión competitiva por excelencia". Bresca Editorial, S.L., Barcelona
- [15] Rajadell, M., & García, J. L. (2010). Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- [16] Rother, M., & Shook, J. (1998). Learning to see. Value stream mapping to add. Massachusetts: Lean Enterprise Institute.
- [17] Hernández, J., & Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Fundación EOL.
- [18] Villaseñor, A. (2007). Manual Lean Manufacturing: Guía Básica. México: Limusa.
- [19] Cobeñas, A. H. (2018). Implementación de Herramientas Lean para Mejorar la Gestión de Inventarios de Existencias de una Empresa Minera. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- [20] Delisle, D. R. (2014). Everything is 5S: A simple yet powerful lean improvement approach applied in a preadmission testing center. Quality Management Journal, 10-22. Fuente: Quality Management Journal.
- [21] Rey Sacristán, F. (2003). Mantenimiento total de la producción (TPM). España: Fundación Confemetal.
- [22] Susuki, T. (1995). TPM en industrias en proceso. Madrid: TGP Hoshin.
- [23] Borris, S. (2005). Total Productive Maintenance. Ohio: McGraw-Hill Professional.
- [24] Nakajima, S. (1991). Introducción al TPM: Mantenimiento Productivo Total. Madrid: Tecnología de Gerencias y Producción.
- [25] Arias, H. C. (2015). Una visión humanizada y eficiente en el ciclo de la automatización automotriz basada en la metodología Jidoka. Lean Manufacturing. Costa Rica.
- [26] Quezada, C., & Salamea, G. (2016). El Jidoka y Kanban dentro de las Pymes. Ecuador.