



Analysis and Proposal for Improvement of the Preventive Maintenance Service Process Using Lean Tools: Case Study

William Huaman, Fernando Garay, Juan Limaco and Wilmer Atoche

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

June 23, 2021

Analysis and Proposal for Improvement of the Preventive Maintenance Service Process using Lean Tools: Case Study

William Huaman, Ingeniero¹, Fernando Garay, Ingeniero², Juan Limaco, Ingeniero³, Wilmer Atoche, Magister⁴
^{1,2,3}Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, ¹william.huaman.u@uni.pe, ²fernando.garay.v@uni.edu.pe,
³juan.limaco.o@uni.pe, ⁴Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, ⁴watoche@pucp.edu.pe

Abstract– This article aims to improve preventive maintenance processes in analytical instrumentation equipment for after-sales service. The evaluation of the problem was carried out by mapping the current value, classifying the types of activities that generate value to be optimized with the use of tools based on lean service, allowing to eliminate waste that affects customer satisfaction. Preventive maintenance was chosen as the activity that generates the greatest value for after-sales services. The use of the following tools is proposed: inventory control ABC, Heijunka, 5s and Kanban. Additionally, the stages of the planning, programming and CRA (consumable, spare and accessory) process were restructured. Regarding the research methodology, it is applicative - experimental level. Achieving as estimated results in the proposal to improve the after-sales service process; lead time decreased by 50.8% and the process cycle time decreased by 18.98%. The case study concludes with the improvement of service quality, customer satisfaction and increased productivity.

Key words: Lean Service, Heijunka, Kanban, Value Stream Mapping, 5S.

Análisis y Propuesta de Mejora del Proceso de Servicio de Mantenimiento Preventivo usando Herramientas Lean: Caso de Estudio

William Huaman, Ingeniero¹, Fernando Garay, Ingeniero², Juan Limaco, Ingeniero³, Wilmer Atoche, Magister⁴
^{1,2,3}Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, ¹william.huaman.u@uni.pe, ²fernando.garay.v@uni.edu.pe,
³juan.limaco.o@uni.pe, ⁴Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, ⁴watoche@pucp.edu.pe

Abstract– This article aims to improve preventive maintenance processes in analytical instrumentation equipment for after-sales service. The evaluation of the problem was carried out by mapping the current value, classifying the types of activities that generate value to be optimized with the use of tools based on lean service, allowing to eliminate waste that affects customer satisfaction. Preventive maintenance was chosen as the activity that generates the greatest value for after-sales services. The use of the following tools is proposed: inventory control ABC, Heijunka, 5s and Kanban. Additionally, the stages of the planning, programming and CRA (consumable, spare and accessory) process were restructured. Regarding the research methodology, it is applicative - experimental level. Achieving as estimated results in the proposal to improve the after-sales service process; lead time decreased by 50.8% and the process cycle time decreased by 18.98%. The case study concludes with the improvement of service quality, customer satisfaction and increased productivity.

Key words: Lean Service, Heijunka, Kanban, Value Stream Mapping, 5S.

Resumen- En este artículo tiene como objetivo la mejora de los procesos de mantenimiento preventivo en equipos de instrumentación analítica del servicio postventa. El diagnóstico se realizó mediante el mapeo de valor actual, clasificando los tipos de actividades que generan valor para ser optimizados con el uso de las herramientas basadas en lean service, permitiendo eliminar los desperdicios que impactan en la satisfacción del cliente. El mantenimiento preventivo se eligió como la actividad que genera mayor valor a los servicios postventa. Se propone el uso del control de inventario ABC, Heijunka, 5s y Kanban. Así mismo se reestructuró las etapas del proceso de planificación, programación y CRA (Consumible, repuesto y accesorio). Respecto a la metodología de investigación es de nivel aplicativo – experimental. Logrando como resultados estimados en la propuesta de mejora del proceso de servicio postventa; el lead time disminuyó en un 50.8% y el tiempo del ciclo del proceso decreció en un 18.98%. El caso de estudio concluye con la mejora de la calidad del servicio, la satisfacción del cliente y el incremento de la productividad.

Palabras claves: Servicio Esbelto, Heijunka, Kanban, mapeo de valor, 5S.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los sectores que aplican con mayor frecuencia el Lean Service son salud, educación, bancos, aviación y hoteles [1], El servicio lean no es un conjunto de herramientas o algo temporal, sino un cambio cultural que debe comenzar de arriba hacia abajo, para luego extenderse por toda la organización [2].

Es vital incorporar los principios de gestión Lean en las actividades de mantenimiento mediante la aplicación de sus principios y prácticas / herramientas que se centran en minimizar el desperdicio [3]. En este contexto, las pérdidas ocasionadas por las actividades que generan costos directos o indirectos, sin agregar un valor al producto y / o servicio desde el punto de vista del cliente, se denominan “desperdicio”. Si bien el desperdicio generalmente se mide en términos de costos, existen otro tipo de desperdicios que están relacionados con la eficiencia de los procesos, equipos y / o personal y son más difíciles de medir, ya que la eficiencia óptima no es un parámetro constante [4]. En este escenario, el lean service puede ayudar a la identificación de residuos, aplicando conceptos de producción ajustada a las operaciones del servicio [5]. En general, los pensamientos lean proporciona un enfoque sistemático para identificar y eliminar el desperdicio a través de la estrategia de extracción para seguir siendo competitivo en el mercado global [6]. Para evaluar completamente la aplicabilidad de lean en el sector de servicios, es necesario evaluar instancias específicas de implementaciones explícitas y dirigidas de los principios y herramientas lean [7].

A. Análisis del Servicio

El servicio al cliente incluye tareas como mantenimiento, revisión, reparación, capacitaciones, servicios financieros, instrucciones e instalación [8]. El mantenimiento incluye todas las actividades necesarias para mantener un activo en condiciones operativas máximas. Las actividades se llevan a cabo generalmente de acuerdo con una determinada estrategia de mantenimiento [9]. El mantenimiento se ha convertido en un contribuyente significativo para lograr los objetivos estratégicos de las organizaciones en los mercados competitivos de hoy [10]. El proceso comprende acciones planificadas y no planificadas llevadas a cabo para mantener un activo físico en condiciones operativas aceptables [11].

Los estudios recientes han intentado relacionar el pensamiento lean con las estrategias de mantenimiento [12]. La clasificación de las estrategias de mantenimiento basadas en el tiempo de las actividades de mantenimiento y las fallas incluyen el mantenimiento correctivo, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento de diseño [13].

B. *Desarrollo del Modelo Lean service*

El servicio Lean es una amalgama de herramientas y prácticas que, si se aplican adecuadamente, definitivamente mejorarían la calidad existente de las operaciones y garantizarían la generación de una gran cantidad de resultados financieros y económicos favorables y mejorarían el comportamiento de la fuerza laboral [14].

Un atributo esencial del servicio Lean es su enfoque en actividades derrochadoras que, en las empresas de servicios, pueden representar hasta el 40% de los costos laborales [15]. El reto principal en la aplicación Lean en la industria de servicios es la falta de conciencia acerca de los beneficios en la implementación de este sistema [16]. Lean Service no tiene un modelo único de prácticas o estándares. De hecho, es una mezcla de herramientas y prácticas que deben ser aplicadas de acuerdo a la situación a mejorar. A pesar de la falta de estándares y metodologías para su uso en servicios, las prácticas provenientes de la manufactura pueden ser aplicadas en los servicios generando beneficios económicos y mejoras en el comportamiento de los trabajadores [17]. Lean service, ha sido común que los servicios sean tratados como líneas de producción tanto en la literatura académica como más ampliamente en la gestión práctica. La creencia de que lograr economías de escala reducirá los costos unitarios es fundamental característica de la toma de decisiones de gestión. Como resultado, "lean" se ha convertido en sinónimo de "Eficiencia del proceso" y la oportunidad de una mejora significativa del rendimiento [18].

C. *Definición de los Principios de Lean service*

Se deben mejorar los principios del servicio Lean: enfocado en el cliente de bajo costo, coproducción de estandarización de procesos fácil y tecnología de la información aceptada por el cliente [19]. En las operaciones de fabricación, los altos costos y enfoques están relacionados con las materias primas y los equipos, pero en las operaciones de servicio, la mano de obra es uno de los factores más relevantes en el costo de hacer el trabajo [20].

Los Principios del Servicio Lean pueden considerar los mismos cinco principios fundamentales, ya que estos conceptos, al ser moderadamente abstractos, no se aplican exclusivamente a la fabricación:

- Especificar que crea valor: el valor se puede considerar en el entorno del servicio como la necesidad que el servicio puede cubrir para el cliente final. Por tanto, debe ser definido por el cliente.
- Identificar el flujo de valor: En el servicio, el valor es creado principalmente por las necesidades del cliente, por

lo tanto, el valor del flujo está constituido por la secuencia de actividades que permite su satisfacción.

- Flujo: Se enfoca en la optimización del movimiento continuo a través de la secuencia de actividades de servicio que genera valor, tal como lo percibe el cliente.
- Pull: en un entorno de servicio, significa distribuir la demanda del cliente a lo largo del flujo de valor, entregando solo lo que realmente demanda el cliente.
- Esfuerzo por la perfección: su traducción al servicio debe centrarse en la perspectiva del cliente, entregando exactamente lo que el cliente quiere, exactamente cuándo lo quiere.

D. *Determinación del desperdicio por tipo de servicio*

Los desechos pueden identificarse sobre la base de si las actividades y operaciones contribuyen o no a satisfacer las expectativas del cliente. En términos generales, los desperdicios en las operaciones de servicio se pueden clasificar en los aspectos de tiempo de espera, actividades de operación, inventario y mano de obra [21]. La industria de servicios que utiliza el Lean Service se refería a la aplicación de ideas del Lean Manufacturing. En relación con el Lean Manufacturing, el Lean Service también se enfoca en eliminar el desperdicio y aumentar la eficiencia en el proceso de trabajo [22].

La determinación de residuos en servicio puede resultar compleja considerando que las operaciones son intangibles. Además, se pueden formular nuevos residuos en conjunto con los tradicionales. Por tanto, uno de los mayores retos en las organizaciones de servicios es desarrollar la capacidad de reconocer los residuos, a través del análisis de la experiencia del cliente.

- Sobreproducción: Realización de más trabajo del necesario o antes de que sea demandado por el cliente.
- Retraso: Retrasos en términos de empleados o clientes en espera de información o entrega de servicios.
- Transporte innecesario: Movimientos innecesarios y sin valor agregado de recursos, físicos o virtuales (métodos, enfoques, caminos o herramientas para realizar el mismo trabajo).
- Sobre calidad, duplicación: actividades o procesos que no añaden valor según la percepción de los clientes. No responden a una necesidad real, agregando más valor al servicio del que los clientes están dispuestos a pagar. Construya un esquema que presente un rendimiento sobredimensionado si se compara con la demanda real.
- Variación excesiva, falta de estandarización: Falta de estandarización en la oferta o procesos, procedimientos, formatos, incluso vencidos o desactualizados sin tiempo estándar definido.
- Demanda de falla, falta de atención al cliente: cualquier aspecto de un servicio que no se ajuste a las expectativas o necesidades del cliente, lo que da como resultado una falta de comunicación y / o la pérdida de oportunidades.
- Recursos infrautilizados: desperdicio de recursos, especialmente el potencial humano, sin aprovechar el

talento y el potencial de los empleados, infra utilizando sus habilidades, habilidades creativas y conocimientos.

- Resistencia del gerente al cambio: actitud de "decir no" por parte de la gerencia, no alentar a todos los empleados a involucrarse en el proceso de mejora continua.

El enfoque Lean se centra en la eliminación de residuos de los procesos mediante la aplicación de un conjunto sólido de herramientas y enfatiza la excelencia en las operaciones para brindar un servicio al cliente superior [21].

E. *Evaluación de las herramientas Lean en los servicios de Mantenimiento*

Las herramientas lean representan los principios lean para el proceso de implementación. [23]. Las herramientas lean serán más o menos adecuadas para ayudar a reducir el desperdicio dependiendo del nivel de estabilidad de un proceso dado [24]. Lean contiene una colección de principios, métodos y herramientas que mejoran la velocidad y eficiencia de cualquier proceso al eliminar el desperdicio. Aunque lean se originó en las actividades de fabricación, las herramientas lean se han aplicado con éxito en organizaciones de todos los sectores, incluido el gobierno [25].

A continuación, se describen las herramientas usadas en esta investigación:

Value Stream Mapping (VSM), es una herramienta Lean que permite visualizar a modo de diagnóstico los subprocesos, identificando los tiempos y desperdicios. VSM ayuda principalmente a la gestión de una organización a reconocer diferentes formas de residuos y sus fuentes. Una métrica clave de VSM es el porcentaje de tiempo de valor agregado que mide las actividades de valor agregado con las actividades sin valor agregado [26]. Lean tiene como objetivo crear una cultura en la que buscar y resolver problemas sea la norma en lugar de simplemente trabajar alrededor de ellos, como suele ser el caso. Una de las herramientas desarrolladas para aprender sobre procesos es el VSM [27]. En el mapa de flujo de valor, puede ser relativamente fácil identificar los cuellos de botella, hechos innecesarios, retrasos, duplicaciones y ayudar a eliminar actividades y procesos sin valor agregado.

Kanban, es una herramienta de programación que mejora la efectividad de los procesos. Se basa en la organización de tarjetas que determinan el control y flujo de la producción.

Para garantizar el éxito de la implementación del sistema Kanban, se deben considerar ciertos factores, como la gestión de inventario, la participación de proveedores y proveedores, las mejoras de calidad y el control de calidad y el compromiso de los empleados y la alta dirección [28]. El sistema Kanban requiere producción solo cuando la demanda de productos está disponible. Las empresas de fabricación, especialmente en Japón, han implementado el sistema Kanban con éxito ya que este sistema se origina en este país [27]. Las organizaciones que practican el sistema Kanban creen que la calidad conduce a costos más bajos, que los sistemas causaron la mayoría de los

defectos y que la calidad se puede mejorar dentro del marco Kaizen [29].

5S es una herramienta eficaz para crear un lugar de trabajo ordenado y cómodo. En el servicio esbelto, generalmente se puede enfocar en la mejora del entorno de oficina y / o tienda [30]. Se puede aplicar en cualquier situación y en cualquier lugar, desde el taller de máquinas hasta el departamento de cuentas y la oficina central. Cruza todos los límites de todos los departamentos para crear un flujo ordenado, mejorar las condiciones de trabajo y reducir el desperdicio innecesario de tiempo, espacio y recursos humanos [31]. La implementación exitosa de '5S' transformó la organización, de las condiciones de trabajo a la satisfacción laboral [32].

Heijunka, es un sistema de producción Lean que mejora la logística y la producción ordenada en una empresa, satisfaciendo así la demanda, reduciendo en la medida de lo posible, los desperdicios. El uso de una operación equilibrada ayuda a una empresa a desarrollar nuevas formas de comprar mejor a los proveedores, un mejor uso de los equipos y un uso más eficiente, la inclusión de nuevos procesos y una mejor planificación del equipo [19].

La transferibilidad de Heijunka a las actividades de servicio se puede llevar a cabo teniendo en cuenta que los servicios también se pueden agrupar en familias de servicios, que se distinguen por una complejidad similar y pasos de proceso similares. Por lo tanto, el concepto de tiempo de servicio se define como el período de tiempo para completar la ejecución de un servicio para satisfacer la demanda promedio [33]. Heijunka también promueve la práctica de adquisiciones Just in Time, que ayuda a reducir el espacio de las instalaciones para almacenar los inventarios. Esto también reduce el riesgo de daños en el inventario cuando se almacena en la instalación [34].

Kaizen (Mejora de Proceso), es una metodología lean estándar para la mejora de procesos basada en equipos, que incluye métodos estructurados para buscar mejoras, definir sugerencias, eliminar el desperdicio, activar e implementar las ideas elegidas, recibir comentarios y medir sus efectos [35]. El viaje hacia lean se puede iniciar mediante la implementación de un esfuerzo kaizen que se lleva a cabo por equipos multifuncionales que se centran en procesos clave durante tres a cinco días, donde el énfasis está en la formación de equipos y la innovación utilizando técnicas y herramientas lean [36].

Kaizen se ha convertido prácticamente en una palabra universal. Pero rara vez se practica en la mayoría de las organizaciones como una verdadera mejora continua que se extiende por toda la organización [37].

Control de Inventario ABC, La clasificación ABC es una técnica ampliamente utilizada por las empresas para gestionar inventarios que constan de un gran número de unidades distintas de mantenimiento de existencias [38].

La clasificación de los repuestos es la clave de la gestión del mantenimiento [39]. Esta técnica que se basa en el principio de Pareto es un método fácil de entender que divide los elementos del inventario en tres clases de acuerdo con criterios

específicos. La clase A, comúnmente son aquellos artículos de gran importancia, pero pocos en número, la clase C, menos importante pero grande en número y la clase B se encuentra entre estas dos clases [40].

II. METODOLOGÍA

Se presenta un caso de estudio en una organización dedicada a la venta de instrumentos analíticos, en la cual uno de sus servicios post venta ofrecidos es el Mantenimiento Preventivo. El Mantenimiento Preventivo (MP) es la actividad que agrega mayor valor; y consecuentemente es donde se encuentra mayor desperdicio entre sus subprocesos, producto de los tiempos de espera.

Se realizó un diagnóstico del estado actual del servicio de mantenimiento preventivo tomando información del presente año y se utilizó las herramientas de Lean Service tomadas de la literatura de los procesos de Lean Manufacturing.

La metodología inicia con la identificación de las actividades que agregan y no agregan valor de un total de 28 tipos de servicio ofrecidos. Se elige el mantenimiento preventivo, por ser la actividad principal que se realiza en la industria de la instrumentación analítica. Luego se continúa con el diagnóstico a través del VSM actual, identificando los cuellos de botella para establecer las herramientas Lean a utilizar. Finalmente se presenta el VSM Futuro como propuesta de mejora en la calidad del servicio y satisfacción del cliente.

Para su implementación fue necesario seguir los siguientes pasos, propios de la metodología elegida:

A. Identificación de los tipos de servicio

Se analizaron los tipos de servicios post venta, identificando las actividades que Agregan Valor (AV) y No Agregan Valor (NAV). En la Tabla I se muestra 28 tipos de servicio post venta ofrecidos por la compañía y se clasificó en actividades que agregan valor y no agregan valor. Además, se identificó las actividades que no agregan valor pero que son necesarias.

TABLA I
TIPOS DE SERVICIOS POST VENTA

Tipos de Servicio	Agrega Valor	No Agregan Valor	
		Necesario	No Necesario
1. Apoyo Post Venta	x		
2. Apoyo Ventas	x		
3. Asesoría	x		
4. Asistencia Remota	x		
5. Capacitación Post Venta	x		
6. Capacitaciones Externas	x		
7. Capacitaciones Internas	x		
8. Charla de seguridad		x	
9. Check List	x		
10. Demostración de Equipos y Accesorios.	x		
11. Desarrollo de método	x		
12. Entrenamiento	x		

Continuación...

Tipos de Servicio	Agrega Valor	No Agregan Valor	
		Necesario	No Necesario
13. Exámen Médico		x	
14. Instalación	x		
15. Mantenimiento Correctivo		x	
16. Mantenimiento Preventivo	x		
17. Pre Instalación	x		
18. Refuerzo	x		
19. Regularización de documentos			x
20. Reunión de coordinación		x	
21. Revisión de Equipo Nuevo	x		
22. Revisión de lámparas	x		
23. Revisión y Diagnóstico		x	
24. Servicio de Capacitación	x		
25. Trabajo en Oficina		x	
26. Trabajo Remoto		x	
27. Verificación de Rendimiento	x		
28. Viaje fuera de la ciudad		x	

B. Identificación de Mantenimiento Preventivo como proceso de análisis

De los 28 tipos de servicio post venta existente se definen los 10 más relevantes:

1. Trabajo Remoto: Tipo de servicio dedicado a las actividades realizadas desde la casa del colaborador. Actividad que no agrega valor, sin embargo, necesario ante la situación de pandemia que se vive.
2. Trabajo en Oficina: Es una actividad que no agrega valor y que se pretende reducir al tener un mayor nivel de atención de servicios de mantenimiento preventivos. Son las actividades realizadas en los ambientes de la compañía.
3. Mantenimiento Preventivo: Principal tipo de servicio ofrecido por la compañía como parte de la atención post venta. Es la actividad que genera mayores ingresos a la compañía y se realiza en las instalaciones del cliente.
4. Mantenimiento Correctivo: Servicio complementario que no agrega valor pero que es necesario cuando un equipo lo requiere.
5. Apoyo Post Venta: Es la atención brindada como apoyo al área para liberar la carga de trabajo de un colaborador.
6. Revisión y Diagnóstico: Es la actividad previa al mantenimiento correctivo, que sirve para determinar la causa de la falla.
7. Instalación: Servicio Post venta realizado luego de la venta de un equipo.
8. Examen Médico: Se considera dentro de la clasificación como tipo de servicio, sin embargo, es un requisito a cumplir dentro del servicio post venta para la ejecución de los trabajos de mantenimiento.
9. Viaje Fuera de la Ciudad: Actividad que se dedica a los viajes realizados en provincia.
10. Revisión de Equipo Nuevo: Actividad realizada en las instalaciones de la compañía para asegurar el buen funcionamiento de un equipo nuevo a su llegada a los almacenes de la compañía y previo a la entrega al cliente.

En la fig. 1 se muestra el gráfico de Pareto, mostrando los 10 tipos de servicio post venta más relevantes, de los cuales muestra que las actividades de trabajo remoto, trabajo de oficina, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo como los tipos de servicio en que se designa el 82.5% de las horas laboradas.

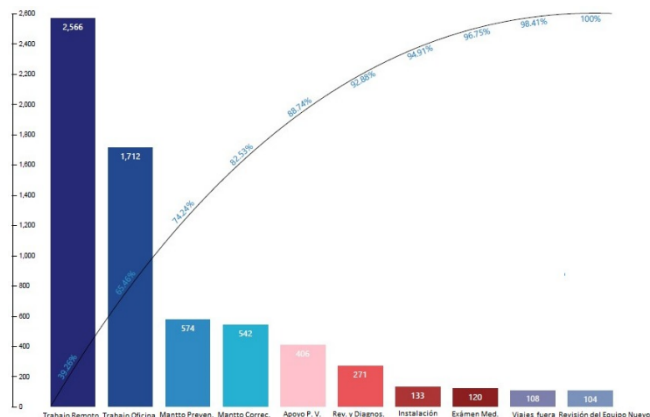


Fig. 1 Pareto de Horas trabajadas por tipo de servicio.

En la tabla II se presenta las horas hombre trabajadas de los 10 tipos de servicio con mayor dedicación del tiempo disponible. De las 4 primeras actividades se elige el servicio de mantenimiento preventivo, por ser una actividad que agrega valor a la compañía.

TABLA II
HORAS HOMBRE ENERO-FEBRERO 2021 DE LOS 10 TIPOS DE SERVICIO MÁS REQUERIDOS.

Tipo de Servicio	Horas	h	H
1. Trabajo Remoto	2566	39%	39%
2. Trabajo en Oficina	1712	26%	65%
3. Mantenimiento Preventivo	574	9%	74%
4. Mantenimiento Correctivo	542	8%	83%
5. Apoyo Post Venta	406	6%	89%
6. Revisión y diagnóstico	271	4%	93%
7. Instalación	133	2%	95%
8. Exámen Médico	120	2%	97%
9. Viaje fuera de la ciudad	108	2%	98%
10. Revisión de Equipo Nuevo	104	2%	100%
TOTAL	6537	100%	

De las 4 actividades que más impacto tienen en el servicio post venta, se encuentra el mantenimiento preventivo como tipo de servicio que agrega valor a la compañía.

En la fig. 2 se puede observar el flujograma actual del servicio post venta de mantenimiento preventivo. El proceso inicia con el ingreso de una Orden de Compra (OC) o por una solicitud de mantenimiento para los casos de atención por contrato, luego se inicia en paralelo las actividades de programación del servicio con un proceso intermedio de consultas internas al área de CRA (Consumibles, repuestos y accesorios), regresando nuevamente al proceso de programación con la confirmación del cliente, después de todo ello continúa con la ejecución del servicio realizado por un

ingeniero de servicio. Finalmente, luego de la conformidad del cliente se prosigue con la facturación del servicio.

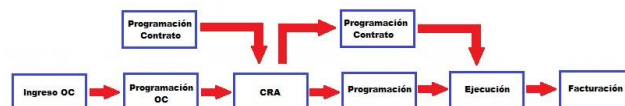


Fig. 2 Flujograma de Servicio Post Venta actual de Mantenimiento Preventivo.

C. VSM Actual

Luego de identificar el flujo del servicio post venta, se llevó a su representación a través del VSM para comprender la situación actual del servicio de mantenimiento preventivo e identificar una oportunidad de mejora en la calidad del servicio.

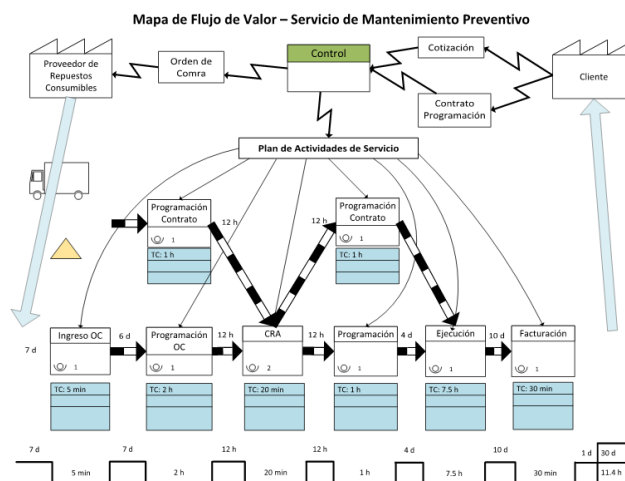


Fig. 3 Mapa de Valor Actual Servicio de Mantenimiento Preventivo.

En la fig. 3 se muestra los procesos que comprende el servicio post venta, del cual se puede identificar un Lead time de 30 días y un Tiempo de valor agregado de 11.4 h. Se observa que se realizan reprocesos en el ciclo de atención post venta y presencia de desperdicios por tiempos de espera.

D. Identificar los puntos de mejora

Como resultado del análisis del VSM actual, se encontró 5 puntos de mejora con el uso de herramientas lean para mejorar los procesos internos de atención al cliente. Se aplicará control de inventario ABC, 5S, Heijunka, Kanban y Kaizen aplicado en la mejora del flujo de atención postventa.

En la fig. 4 se presenta el mapa de valor actual con las explosiones kaizen para identificar las herramientas Lean a utilizar en todo el proceso de servicio post venta y que serán parte de este trabajo de estudio en cuanto a su aplicación.

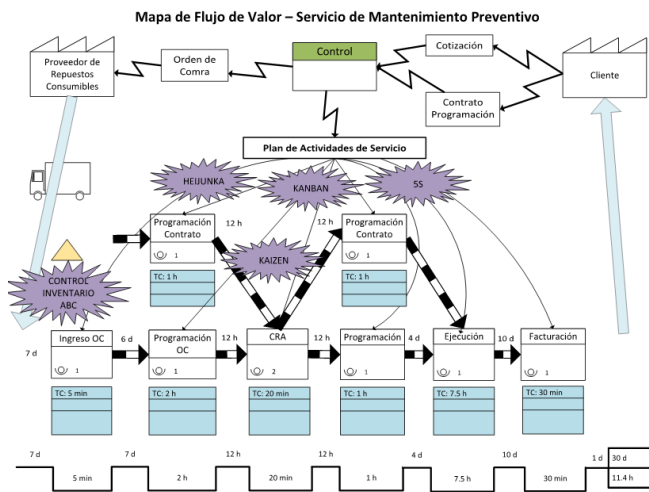


Fig. 4 Mapa de Valor Actual con explosión Kaizen en Servicio de Mantenimiento Preventivo.

E. Herramientas Lean a utilizar

Uno de los primeros puntos a mejorar fue realizar una reestructuración en los subprocesos y mejorar la interacción entre los mismos, como, por ejemplo: Las actividades realizadas por CRA se reubicó en el flujo de trabajo, así como también se identificó el proceso de planeación y programación.

Se encontró una oportunidad de mejora en aprovisionamiento de materiales para los clientes que requieran el servicio de Mantenimiento Preventivo a través de la herramienta de Control de Inventario ABC, ello con la finalidad de contar con los repuestos para las fechas programadas, eliminando las esperas por importación y reduciendo los tiempos de atención al cliente, así como los costos de inventario. Para la aplicación de esta herramienta se utilizó un piloto para un total de 237 artículos por un monto de \$59250.38, con pedidos trimestrales de \$14812.60 sin considerar categorías.

En la tabla III se puede observar una primera propuesta de evaluación basado en los costos unitarios de los repuestos y consumibles para establecer una periodicidad de pedidos bimestrales, trimestrales y semestrales conforme al impacto económico de la categoría A, B y C respectivamente.

TABLA III
CONTROL ABC BASADO EN COSTOS UNITARIOS

Categoría	A	B	C
Porcentaje del total	20%	30%	50%
Artículos por Categoría	48	72	117
Costo por categoría	\$ 39,788.61	\$ 15,172.11	\$ 4,289.66
Porcentaje del costo total	67%	26%	7%
Pedidos al año	6	3	2
Periodicidad	2 meses	4 meses	6 meses

En la tabla IV se observa una evaluación en base a costos totales de las cantidades de repuestos a utilizar para el primer mantenimiento de los equipos. En esta propuesta se observa que para la clase C se requiere menos presupuesto y por ende se

puede decidir la compra para atender los servicios comprometidos. Asimismo, para las clases A y B se analiza la demanda para determinar las cantidades a pedir y en qué momento pedir, teniendo en cuenta la categoría y el impacto económico.

TABLA IV
CONTROL ABC BASADO EN COSTOS TOTALES

Categoría	A	B	C
Porcentaje del Total	20%	30%	50%
Artículos por Categoría	48	72	117
Costo por categoría	\$ 43,969.73	\$ 12,428.47	\$ 2,852.18
Porcentaje del costo total	74%	21%	5%
Pedidos al año	6	3	2
Periodicidad	2 meses	4 meses	6 meses

Otra herramienta Lean identificada para su aplicación es el Heijunka. Se presenta como una buena oportunidad para nivelar las atenciones por servicios de mantenimiento preventivo.

En la fig. 5 y 6 se observa las horas trabajadas y frecuencia de tipos de servicio de mantenimiento preventivo registrados en el mes de enero y febrero. Se encuentra que hay un desnivel en la carga de trabajo, motivo por el cual se propone nivelar la carga a lo largo de todo el mes y evitar acumulación.

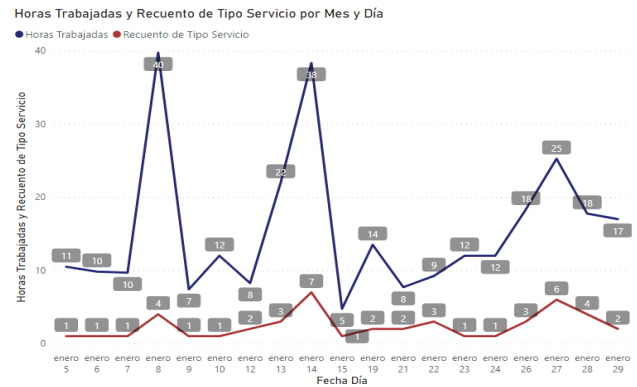


Fig. 5 Frecuencia de atención y horas trabajadas de mantenimientos preventivos – Mes de Enero

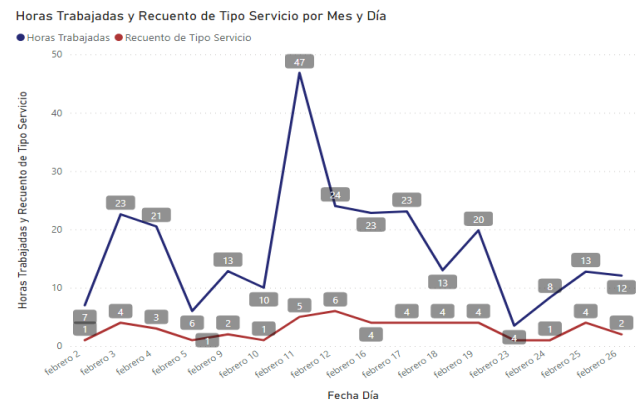


Fig. 6 Frecuencia de atención y horas trabajadas de mantenimientos preventivos – mes de febrero

Se propone realizar una atención nivelada de los servicios post venta, manteniendo una demanda equilibrada de solicitudes de atención.

Como punto de mejora de atenciones se propone el uso de la herramienta Kanban para controlar armónicamente el proceso de atención de servicios post venta. Siendo el correo electrónico la principal interacción para las solicitudes de atención, se estableció una categorización basado en tarjetas de colores para establecer los niveles de atención.

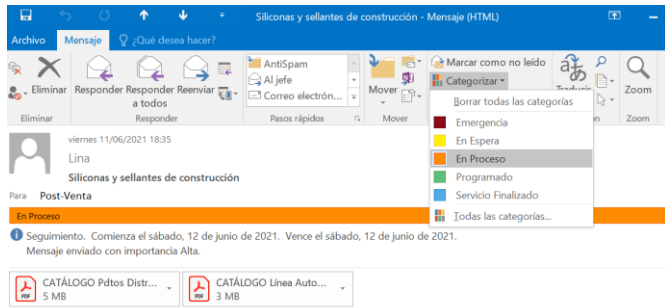


Fig. 7 Aplicación de Kanban.

En la fig. 7 y 8 se muestra la aplicación Kanban a las solicitudes de atención vía correo electrónico.

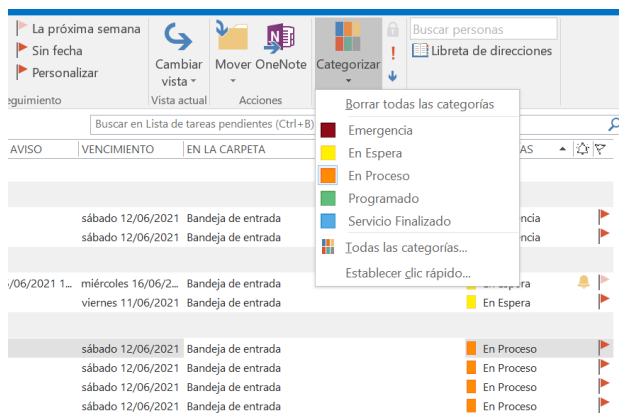


Fig. 8 Aplicación de Kanban en correo electrónico.

En la tabla V se muestra el tablero Kanban establecido para los niveles de atención según prioridades.

TABLA V
TABLERO KANBAN DEL SERVICIO POST VENTA

EN ESPERA	EN PROCESO	PROGRAMADO	FINALIZADO
Programación de Mantenimiento OE	Coordinaciones de Mantenimiento con el cliente	Conformidad del cliente para realizar el servicio.	Servicio se ejecutó y facturó, cerrando el ciclo de atención.

Se propone la implementación del Kanban a todos los procesos para tener un seguimiento y control de las solicitudes de atención de los clientes.

La implantación de las 5 S se propone en forma transversal a lo largo de todos los procesos. El procedimiento inicia en:

1. SEIRI (Clasificar): Consiste en dar mucha mayor prioridad sólo al material necesario para el trabajo.
2. SEITON (Ordenar): Solo tener al mínimo alcance del material de trabajo, el material más usado como, por ejemplo: herramientas, materiales para los servicios, etc.
3. SEISO (Limpiar): Es mantener la limpieza en el área de trabajo de la compañía.
4. SEIKETSU (Estandarizar): Elaborar un procedimiento continuo de día a día de las primeras 3 “s”.
5. SHITSUKE (Disciplina): Ser consciente de la importancia de crear un hábito del cumplimiento de este programa de las 5 “s” para aumentar la eficiencia en la realización de los trabajos.

Área de trabajo					
Ficha estándar de 5S					
Puesto	Controlar	Área			
Servicio PV	Estado del área de trabajo	Post Venta			
Jornada Laboral					
	Elementos de Trabajo				
	1.- Epps Seguridad				
	2.- EPPS Covid				
	3.- Archiveros				
	4.- Escritorio de trabajo				
	5.- Organizador				
	6.- Caja de estándares.				
	7.- Caja de Materiales				
8.- Maletín de Herramientas					
Estándar					
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Clasificar	6	7			
Ordenar	1	2	3	5	8
Limpieza	1,2	3	4	5,6,7	8

Fig. 9 Formato de 5 S en Área de Post Venta.

En la fig. 9 se presenta el formato que se utilizará para el cumplimiento de las 5s con la estandarización de las actividades como clasificar, ordenar y limpieza. Para esto es necesario el compromiso para generar un cambio cultural y el enfoque del servicio y satisfacción al cliente.

F. VSM Futuro

Todos los cambios y mejoras en la cual se desplegaron las herramientas de Lean, generaron como resultado un esquema óptimo que mejorará el proceso de servicio de mantenimiento enfocado al cliente y solventará sus necesidades. La Fig. 10 muestra un diagrama de flujo adaptable a las demandas actuales, las nuevas etapas dentro del proceso futuro nos indica una mejor comunicación y respuesta al cliente.



Fig. 10 Flujo de Valor Futuro.

En la Fig. 11 se puede observar finalmente la propuesta de mejora con los resultados esperados de reducción del Lead Time y el tiempo de ciclo de proceso. Finalmente se obtuvo una reducción del Lead Time a 14.75 días y Tiempo de valor agregado 9.25 horas.

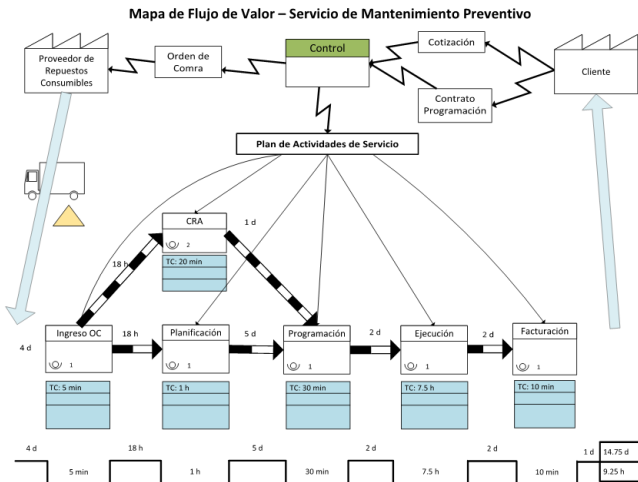


Fig. 11 VSM Futuro.

III. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con base en la observación y el análisis del flujo de valor del estado del proceso de servicio de mantenimiento Preventivo, se identificaron los siguientes problemas:

Problema 1, diferencia significativa en los tiempos de espera de repuestos y consumibles para mantenimiento. La causa del problema: No existe un control de los repuestos y consumibles de acuerdo a prioridades de atención y abastecimiento, realizándose trimestralmente un pedido por \$14812.60 sin considerar categorías. Solución: El uso de herramienta Lean como control de inventario ABC. Se obtiene una reducción del 13% en costos de inventario al establecer una periodicidad de pedido según categoría A, B y C.

Problema 2, Sobrecarga de atenciones postventa. Causa: Deficiencias en la coordinación para el establecimiento de prioridades y criticidad de los equipos. Solución: Aplicación del Heijunka para nivelar las cargas de atención.

Problema 3, Desorden en las áreas de trabajo. Causa: Organización deficiente y falta de disciplina. Solución: aplicación de la metodología 5s.

Problema 4, Demasiadas atenciones en proceso y algunas dejadas en espera. Causa: Descoordinación entre los procesos previos para establecer prioridades. Solución: Implementar tablero Kanban y categorización de cada estado del proceso de atención.

En conjunto las herramientas Heijunka, 5S y Kanban impacta en la reducción de los tiempos del Lead Time en un 51%.

Problema 5, Deficiencias de planificación y reprocesos en las atenciones post venta. Causa: No existe el proceso de planificación independiente. Solución: Reordenamiento de las etapas del proceso de programación y CRA, además de proponer la implementación del proceso de planificación con un planificador dedicado a dicha actividad. Esto permite una reducción del tiempo de proceso en 18.98%.

La tabla VI muestra los resultados obtenidos y su impacto de cada una de las herramientas Lean utilizadas.

TABLA VI
RESULTADOS ESTIMADOS

Herramienta Lean aplicada	Valor Presente	Valor Futuro	Variación Porcentual
Control de Inventario	\$14 812.60	\$ 12 897.20	-13 %
Heijunka	30 días	14.75 días	-50.8%
5 S			
Kanban			
Mejora Proceso Post Venta	11.4 horas	9.25 horas	-18.98 %

IV. CONCLUSIONES

El análisis del proceso del servicio de mantenimiento preventivo permitió identificar los sub procesos que requieren ser mejorados. Las propuestas de mejora continua mediante el uso de las herramientas lean están enfocadas en el servicio post venta al cliente y la calidad de servicio, obteniendo una reducción significativa en costos del 13% aplicando la herramienta de control de inventario ABC, las herramientas Lean (Heijunka, 5S y Kanban) en conjunto permite una reducción del tiempo de espera en un 50.8% y la mejora de proceso en un 18.9%.

Las herramientas como control de inventario ABC nos ayudó a determinar y jerarquizar los productos durante la etapa inicial, luego otras herramientas como las 5S y Heijunka nos ayudó a re organizar los procesos controlando las pérdidas y manejando los recursos. Por último, el modelo Kanban nos sirvió para darle el balance final a los procesos de salida para la mejora continua. Estas mejoras deben ser acompañados con la gestión del cambio en la cultura de los empleados que intervienen en los sub procesos, así mismo impulsar la sinergia en las distintas áreas para determinar un objetivo en común, la satisfacción del cliente al recibir el servicio esperado. La metodología y la propuesta de mejora disminuyó el tiempo de espera en un 50.8% y el tiempo del ciclo decreció en un 18.9%, esto demuestra la mejora mediante el análisis del flujo del proceso de servicio de Mantenimiento Preventivo y la reducción del tiempo que nos permite la aplicación del Lean service.

REFERENCIAS

- [1] Suárez-Barraza, M. F., Smith, T., & Dahlgard-Park, S. M. (2012). Lean Service: A literature analysis and classification. *Total Quality Management & Business Excellence*, 23(3-4), 359-380.
- [2] Sum, F. F. (2018c). *Excelência de negócio em serviços de backoffice : argumentação sobre a integração entre lean service e centro de serviços compartilhados (CSC)*.
- [3] Alarcon L. (1997) Tools for the identification and reduction of waste in construction projects. *Lean Construction*.
- [4] Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 679-695.
- [5] Sum, F. F., de Paula, I. C., Tortorella, G., Pontes, A. T., & Faco, R. T. (2020). Analysis of the Implementation of a Lean Service in a Shared Service Center: A Study of Stability and Capacity. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(2), 334-346.
- [6] Sawhney, R., Kannan, S., & Li, X. (2009). Developing a value stream map to evaluate breakdown maintenance operations. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 4(3), 229.
- [7] Piercy, N., & Rich, N. (2009). High quality and low cost: the lean service centre. *European Journal of Marketing*, 43(11/12), 1477-1497.
- [8] Dombrowski, U., & Engel, C. (2013). After sales strategies for the original equipment manufacturer of electric mobiles. In *Re-Engineering Manufacturing for Sustainability* (pp. 347-352). Springer, Singapore.
- [9] Shahin, A., Shirouyehzad, H., & Pourjavad, E. (2012). Optimum maintenance strategy: a case study in the mining industry. *International Journal of Services and Operations Management*, 12(3), 368-386.
- [10] Fraser, K. (2014). Facilities management: the strategic selection of a maintenance system. *Journal of Facilities Management*.
- [11] Márquez, A. C. (2007). *The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance*. Springer Science & Business Media.
- [12] Ghayebloo, S., & Shahanaghi, K. (2010). Determining maintenance system requirements by viewpoint of reliability and lean thinking: a MODM approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- [13] Ruiz, P. P., Foguem, B. K., & Grabot, B. (2014). Generating knowledge in maintenance from Experience Feedback. *Knowledge-Based Systems*, 68, 4-20.
- [14] V, V., Suresh, M., & Aramvalarthan, S. (2016). Lean in service industries: A literature review. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 149, 012008.
- [15] Atkinson, P. (2004). Creating and implementing lean strategies. *Management Services*, 48(2), 18.
- [16] Gupta, S., Sharma, M., & Sunder M., V. (2016). Lean services: a systematic review. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(8), 1025-1056.
- [17] Leite, H. R., & Vieira, G. E. (2015). Lean philosophy and its applications in the service industry: a review of the current knowledge. *Production*, 25(3), 529-541.
- [18] Seddon, J., O'Donovan, B., & Zokaei, K. (2011). Rethinking lean service. In *Service design and delivery* (pp. 41-60). Springer, Boston, MA.
- [19] Leite, H. R., & Vieira, G. E. (2015b). Lean philosophy and its applications in the service industry: a review of the current knowledge. *Production*, 25(3), 529-541.
- [20] Abdi, F., Shavarini, S. K., & Seyed Hoseini, S. M. (2006). Glean lean: how to use lean approach in service industries? *Journal of services Research*, 6.
- [21] Song, W., Tan, K.H. and Baranek, A. (2009) 'Effective toolbox for lean service implementation', *Int. J. Services and Standards*, Vol. 5, No. 1, pp.1-16.
- [22] Sanker, E.A. (2013) What Are Lean Services. <http://www.wisegEEK.com/what-are-lean-services.htm>.
- [23] S. Mostafa, J. Dumrak, H. Soltan. (2013) A framework for lean manufacturing implementation, *Production & Manufacturing Research*.
- [24] H. P. Benetti (2010), Diretrizes para avaliar a estabilidade do fluxo de valor sob a perspectiva da mentalidade enxuta, Ph.D. dissertation, Dept. Prod. Eng. Rio Grande do Sul Federal Univ., Porto Alegre, Brazil.
- [25] Green, K. and Bowles, S. (2011) *Lean: Excellence in Government, Improving Environmental Agency Processes with Lean and Six Sigma*. United States Environmental Protection Strategic Agency.
- [26] Y.Monden. (1998) *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*, Engineering & Management Press.
- [27] Gupta, S., Sharma, M., & Sunder M., V. (2016). Lean services: a systematic review. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(8), 1025-1056.
- [28] Kumar, V. (2010) JIT based quality management: concepts and implications in Indian context. *International Journal of Engineering Science and Technology*. Vol. 2, p. 40-50.
- [29] Balram, B. (2003) *Kanban systems: The Stirling Engine Manufacturing Cell*, University of Manitoba, Department of Mechanical & Industrial Engineering Shahrman, T., 2007. Lean manufacturing performance in China: assessment of 65 manufacturing plants, Vol.19, No. 2, p. 217-234.
- [30] Bicheno, J. (2004) *The New Lean Toolbox Towards Fast, Flexible Flow*, PICSIE, Buckingham.
- [31] Mohan Sharma, K., & Lata, S. (2018). Effectuation of Lean Tool "5S" on Materials and Work Space Efficiency in a Copper Wire Drawing Micro-Scale Industry in India. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 4678-4683.
- [32] Vipul kumar C. Patel, Dr. Hemant Thakkar (2014). Review on implementation of 5s in various organization, *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2014, Vol. 4, pp.774-779.
- [33] J. Bicheno and M. Holweg, (2009). *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation*, Buckingham: PICSIE Books.
- [34] X. Brioso (2015) Teaching lean construction: pontifical catholic university of peru training course in lean project & construction management *Procedia Eng*, 123 (2015), pp. 85-93
- [35] Andrés-López, E., González-Requena, I., & Sanz-Lobera, A. (2015). Lean Service: Reassessment of Lean Manufacturing for Service Activities. *Procedia Engineering*, 132, 23-30.
- [36] Barraza, M. F. S., Smith, T. and Dahlgard-Park, S. M. (2009). Lean-kaizen public service: an empirical approach in Spanish local governments. *The TQM Journal*, Vol. 21 No.2, pp. 143-167.
- [37] Liker, J. and Morgan, J. (2006). *The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development*. Academy of Management Perspectives, Vol. 20, No. 2, pp. 5-20.
- [38] Zowid, F. M., Babai, M. Z., Douissa, M. R., & Ducq, Y. (2019). Multi-criteria inventory ABC classification using Gaussian Mixture Model. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 1925-1930.
- [39] Raja, A. M. L., Ai, T. J., & Astanti, R. D. (2016). A Clustering Classification of Spare Parts for Improving Inventory Policies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 114, 012075.
- [40] Torabi, S. A., Hatefi, S. M., & Saleck Pay, B. (2012). ABC inventory classification in the presence of both quantitative and qualitative criteria. *Computers & Industrial Engineering*, 63(2), 530-537.