

Cómo implementar herramientas LSS en una empresa de productos médicos.

Ing. Alejandro Iván Nava Hernández^a, Dr. Marco Augusto Miranda Ackerman^b, Dr. José Luis González Vázquez^c, Dra. Teresa Carrillo Gutiérrez^d, Dra. Karina Cecilia Arredondo Soto^e, Dr. Diego Tlapa Mendoza^f

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, Campus Tijuana. Calzada Tecnológico 14418, Mesa de Otoy, 22390 Tijuana, B.C. a1216683@uabc.edu.mx^a, miranda.marco@uabc.edu.mx^b, jose.gonzalez@uabc.edu.mx^c, tcarrillo@uabc.edu.mx^d, karina.arredondo@uabc.edu.mx^e

Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño. Universidad Autónoma de Baja California, Campus Ensenada. Carr. Transpeninsular 3917, U.A.B.C., 22870 Ensenada, B.C. diegotlapa@uabc.edu.mx^f

Resumen

El sector de manufactura médica de Tijuana, y posiblemente de la frontera México-EEUU, tiene un modelo de operación donde las modificaciones en el producto o proceso deben pasar por un procedimiento de revisión centralizado. Las aprobaciones de las modificaciones están sujetas a resistencia al cambio a causa de la aversión al riesgo por la exigente normatividad y regulación del sector.

En la EMPRESA CASO DE ESTUDIO, localizada en Tijuana, B.C., donde se produce equipo de hemodiálisis. Una línea de producción de equipo de diálisis, ha aumentado la capacidad de manufactura y servicio. La estrategia actual de la empresa es duplicar las líneas de producción poniendo en operación los mismos pasos, herramientas y layout. Sin embargo, este trabajo formula el uso de herramientas de LSS (Lean SIX SIGMA) y Metodología de Sistemas Suaves (SSM, por sus siglas en inglés) como una alternativa.

El objetivo de este documento es mostrar avances y aplicación de herramientas del proyecto que se lleva a cabo sobre el incremento de capacidad a través de ciclos de mejora. Para lograr esto se propone incluir los elementos de riesgo en formatos, redefiniendo los procesos, manuales y otros mecanismos de supervisión para poder implementar mejoras en la operación. Con el fin de contrarrestar la aversión al cambio dado los posibles modos de falla.

Este trabajo es una investigación en curso en la EMPRESA DE CASO DE ESTUDIO. Aquí se presentan resultados preliminares de aplicación de herramientas LSS. Se espera concluir incorporando trabajo adicional. El trabajo incorpora herramientas de la Metodología de Sistemas Suaves (SSM) y Lean SixSigma (LSS) implementadas en la industria médica.

Palabras clave — Equipo Médico, Lean SixSigma (LSS), Soft Systems Methodology (SSM), Industria de Productos Médicos, Aversión al Cambio.

Abstract

The medical manufacturing sector in Tijuana, and possibly the U.S.-Mexico border, has an operating model where modifications to the product or process must go through a centralized review procedure. Approvals of modifications are subject to resistance to change due to risk aversion due to the demanding regulations and regulation of the sector.

In the CASE STUDY COMPANY, located in Tijuana, B.C., where hemodialysis equipment is produced. A production line of dialysis equipment has increased manufacturing and service capacity. The current strategy of the company is to duplicate the production lines by putting into operation the same steps, tools and layout. However, this work formulates the use of LSS (Lean SIX SIGMA) and Soft Systems Methodology (SSM) tools as an alternative.

The objective of this document is to show progress and application of tools of the project that is carried out on the increase of capacity through improvement cycles. To achieve this, it is proposed to include the risk elements in formats, redefining the processes, manuals and other supervisory mechanisms in order to implement improvements in the operation. In order to counteract the aversion to change given the possible failure modes.

This work is an ongoing investigation at the CASE STUDY COMPANY. Preliminary results of application of LSS tools are presented here. It is expected to conclude by incorporating additional work. The work incorporates soft systems methodology (SSM) and Lean SixSigma (LSS) tools implemented in the medical industry.

Keywords — Medical Devices, Lean SixSigma (LSS), Soft Systems Methodology (SSM), Medical Products Industry, Aversion to Change.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa caso de estudio actualmente opera con una capacidad de manufactura suficiente para cumplir con metas de producción programadas. La empresa, tiene una unidad de trabajo para manufactura de máquinas nuevas, así como una de servicio de mantenimiento y remanufacturado. Esta unidad de trabajo a su vez opera con capacidad suficiente para atender la demanda de servicios. Esto se logró como consecuencia de un incremento gradual de demanda, que obligó a la empresa a aumentar su capacidad. Se logró duplicar la capacidad instalada, con la instalación espejo (idéntica a la instalación original) en años recientes.

Un primer desafío para lograr proponer una alternativa de aumento de capacidad con el uso de herramientas de optimización de procesos industriales, es identificar las áreas, funciones o actividades que requieren ser abordadas primero. Para lograr identificarlos, tomando en cuenta el conocimiento tanto de los trabajadores de la organización se propone usar la Metodología de Sistemas Suaves (SSM, por sus siglas en inglés) propuesto por Peter Checkland [1].

Este trabajo propone utilizar SSM para identificar la relación que puede existir entre las *situaciones y comportamientos* de las personas involucradas que puedan impactar las capacidades de operación. Con esto entendiendo con más claridad las áreas de oportunidad que existen, en donde se puede utilizar las herramientas para las cuales se emplea la Metodología LSS. Adecuando las herramientas al contexto y exigencia del sector de productos médicos [2].

Para poder lograr estas mejoras se requiere una selección, implementación y evaluación del uso de herramientas ad hoc provenientes de la filosofía LSS. En el caso de estudio reportado aquí, se limita a presentar los resultados de la implementación una encuesta de satisfacción laboral enmarcada a partir de los principios de SSM y de la implementación de la herramienta Mapa de flujo de valor (VSM por sus siglas en inglés) y Andon, vea sección 2.2.3. Cabe situar que actualmente existe resistencia sistémica al cambio, que limita la implementación de herramientas de mejora. Esto nace de la incorporación a una organización de mayor importancia trasnacional del mismo ramo.

2. METODOLOGÍA

Como se menciona en la introducción esta es una investigación en curso en la EMPRESA DE CASO DE ESTUDIO, el proyecto completo sigue la metodología DMAIC de SixSigma, particularmente se enfoca en el sector de la manufactura médica, incorporando herramientas de la metodología LEAN y Soft Systems Methodology (SSM).

2.1 MÉTODO DE SISTEMA SUAVE (SSM)

2.1.1. Generalidades

“Sistema Suave” fue determinado un proceso de aprendizaje utilizando un método para modelar la actividad humana como sistema para explorar situaciones de la vida real.

SSM intenta entender situaciones con problemas entre las partes interesadas. Este enfoque suave ayuda a los líderes a mejorar los procesos en las industrias, al tomar decisiones en las empresas donde no están seguros o de acuerdo con las acciones tomadas. La metodología sugiere utilizar una herramienta de siete pasos propuesta por Peter Checkland. [1].

2.1.2. Entrevista

Una manera útil de recolección de información es la entrevista. Existen distintos tipos de entrevista como son estructuradas y no estructuradas, directas o indirectas. En síntesis, es un diálogo entre dos o más personas: el entrevistador hace preguntas y el entrevistado las responde. Una entrevista puede sesgarse de la manera que se puede definir como encuesta que no es más que una entrevista directa estructurada, es una manera directa de entender las necesidades de un sujeto o proceso como es el caso. [3]

En este caso de estudio se utiliza una encuesta para la evaluación de la satisfacción laboral que sigue la teoría de método indirecto. [16] La validación de la encuestas como herramienta es parte de los sistemas de calidad de la

EMPRESA CASO DE ESTUDIO. Pero este método de obtención de información acerca de la satisfacción laboral es utilizado en la literatura por los autores BRAYFIELD A. y ROTHE H. [15]

2.2. LEAN

2.2.1. LEAN en la Industria Médica

Lean ha demostrado ser una metodología para la mejora de procesos, encontrando un incremento en su producción también puede aplicarse al sector de manufactura de productos médicos, siempre y cuando se dé prioridad a la calidad y confiabilidad de los dispositivos médicos. [4]

La ciencia de la fabricación ajustada se desarrolla día a día. Lean no tiene una definición, herramienta, estándar o forma de hacerlo, es un conjunto que se debe aplicar a cada caso específico para mejorarlo. Las principales herramientas aplicadas a los sectores de salud y servicios son el mapeo de flujo de valor y la estandarización de la cadena de valor.

Se puede identificar cuáles herramientas de la Metodología LSS son adecuadas dentro de sector de productos médicos, y cuales herramientas son susceptibles a una adaptación para su aplicación, modificando la forma en que se hacen las cosas dentro de la empresa de manera que los procesos se redefinen dado los requerimientos de seguridad y minimización de riesgo.

2.2.2. VSM (Value Stream Mapping)

Mapa de flujo de valor (VSM por sus siglas en inglés) es una herramienta intuitiva que permite ver un proceso de principio a fin, es fácil identificar los procesos internos y se puede encontrar oportunidades para mejorar cada proceso.

2.2.3. ANDON

El Andon es una herramienta de la filosofía LSS utilizada para alertar visualmente además de crear una notificación a supervisores de los problemas en un proceso de producción. Esta herramienta empodera al operador de la máquina o proceso para detener actividades hasta que un equipo de soporte como calidad o mantenimiento acuda al área del problema. [10]

Normalmente en las empresas existen registros de eventos por paros de línea o producción ya sea por un problema o situaciones adversas a la operación. Estos registros son compartidos con gerencia y suelen ser evaluados en métricos de las máquinas como OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total de los Equipos), debido a esto es importante la atención inmediata de los eventos, así como documentar los sucesos para poder realizar mejora continua. [11]

2.2.4. Pareto

Un gráfico de Pareto, también conocido como distribución 80-20, es un gráfico para organizar sus datos en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Le permite especificar el orden de precedencia. Los diagramas te permiten representar gráficamente el principio

de Pareto, es decir priorizar, hay muchos problemas sin importancia en contraposición de los datos representativos. Usando el gráfico, se coloca ‘los significativos’ a la izquierda y ‘muchos sin importancia’ a la derecha. Cabe señalar que la distribución de efectos y sus posibles causas no es un proceso lineal, sino que el 20% de las causas totales representan el 80% de los efectos y efectos dentro de la predicción derivada. [5]

2.3. SIX SIGMA

El método propuesto para el desarrollo del proyecto es DMAIC (por sus siglas en inglés Define, Measure, Analyze, Improve, Control). A menudo se usa en sistemas sólidos (procesos productivos con maquinaria y equipos). Sin embargo, los sistemas productivos relacionados al sector salud credos por ellos mismos con frecuencia se resisten al cambio. [6]

La metodología nos ayuda en el proceso de cambio e implementación de una situación, aunque no existe una forma definitiva porque el sistema tiene en cuenta las causas y efectos de la vida cotidiana de las personas. El enfoque Lean Six Sigma tiene en cuenta todo lo anterior desde una perspectiva técnica y social. En las propuestas, esto ayuda a combatir la incertidumbre que pueda surgir.

2.3.1 DMAIC

El proyecto se define en 5 pasos para el alcance en este documento abordan las fases de definir y medir, a continuación, se explica las etapas de DMAIC [7]:

Definir: En esta fase se define el alcance y limitaciones

Medir: Se identifican los procesos actuales y los factores de calidad a mejorar, se colectan datos

Analizar: Se analizan los resultados de las variables medidas sobre el proceso para identificar oportunidades de mejora

Mejorar: En esta etapa se implementa las herramientas que darán paso a tener mejor resultado en las operaciones

Controlar: El proceso de control que valida la factibilidad y éxito de las herramientas seleccionadas y probadas, se limitará a las pruebas de corto plazo dada la resistencia de gerencia y limitaciones de disponibilidad y tiempo por cambios en la estructura organizacional [7].

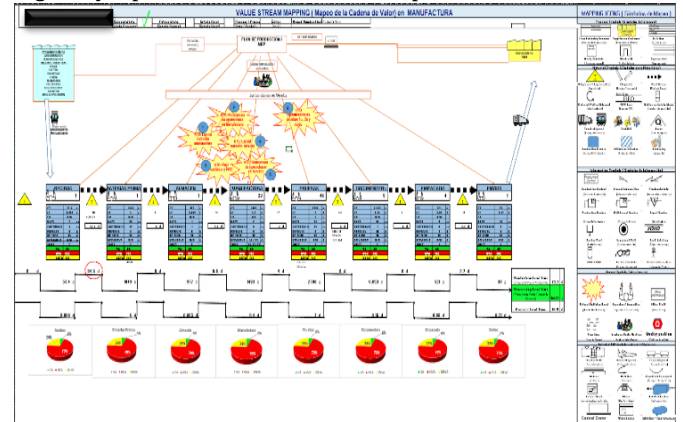
3. RESULTADOS

3.1. MAPA DE PROCESO ACTUAL DE VSM

El mapa de flujo de valor (VSM por sus siglas en inglés) es una herramienta intuitiva que nos permite ver un proceso de principio a fin, se puede identificar fácilmente los procesos internos y se puede encontrar oportunidades para mejorar cada proceso. En este documento, toda la información relevante del proceso está relacionada como cómo se incluyen todos los procesos de valor agregado sumados tomando en cuenta, tráfico, tiempo, inventario, variables internas o externas al proceso. [8]

En la EMPRESA CASO DE ESTUDIO, se cuenta con el Mapa de flujo de valor (VSM por sus siglas en inglés) en las que participan todas las áreas y representantes de cada proceso, así como remotamente con asesoría de docentes de UABC. Se puede ver en la Fig. 1 como resultado, para mejor visualización se añade a final de documento como Anexo 1.

Fig. 1. Ejemplo de VSM realizado en Empresa de caso de estudio.



Fuente: elaboración propia a partir de “Datos medidos en EMPRESA CASO DE ESTUDIO”.

3.2. CÁLCULO DE TIEMPO TAKT

Algunos de los datos que se recolectan y organizan durante el ejercicio de VSM (Value Stream Mapping) producen indicadores importantes. La producción con límite de tiempo obliga a sincronizar la producción con las ventas, por lo que se puede tener una idea de la tasa ideal a la que se debe producir para evitar la sobreproducción, pero lograr satisfacer la demanda. [9]

El tiempo de salida también afecta al resto del proceso:

$$TAKT = \text{Tiempo de trabajo} / \text{Producción requerida} \quad [1]$$

$$\text{Tiempo de Trabajo} = \text{Tiempo de turno} - \text{tiempo no productivo} \quad [2]$$

$$\text{Producción Requerida} = \text{Producción} + \text{Número de piezas Scrap} \quad [3]$$

En la expresión anterior, “tiempo de trabajo” o el tiempo disponible, generalmente medido en minutos o segundos. En el caso de una fábrica donde la jornada laboral es de ocho horas por día (tiempo de una estación de trabajo), se restan los tiempos de inactividad para calcular el tiempo de producción o tiempo disponible.

Para el caso de estudio se presenta el Takt Time (Tiempo de trabajo por sus siglas en ingles) en horas debido a que no salen varias unidades en minutos, sino a una unidad aproximadamente cada hora. Este caso se puede presentar cuando se trata de ensamblar maquinas complejas o no se tiene un proceso automatizado u optimizado.

Tabla 1. Comparación de Tiempo Takt Calculado VS medido

AREA	Cant. necesaria Producida día	Tiempo Disponible (TURNO seg)	Takt Time hr	Takt Time hr (REAL)
MFG	11.1	10.75	0.96	0.972
RE-MFG	35.1	10.75	0.613	0.573

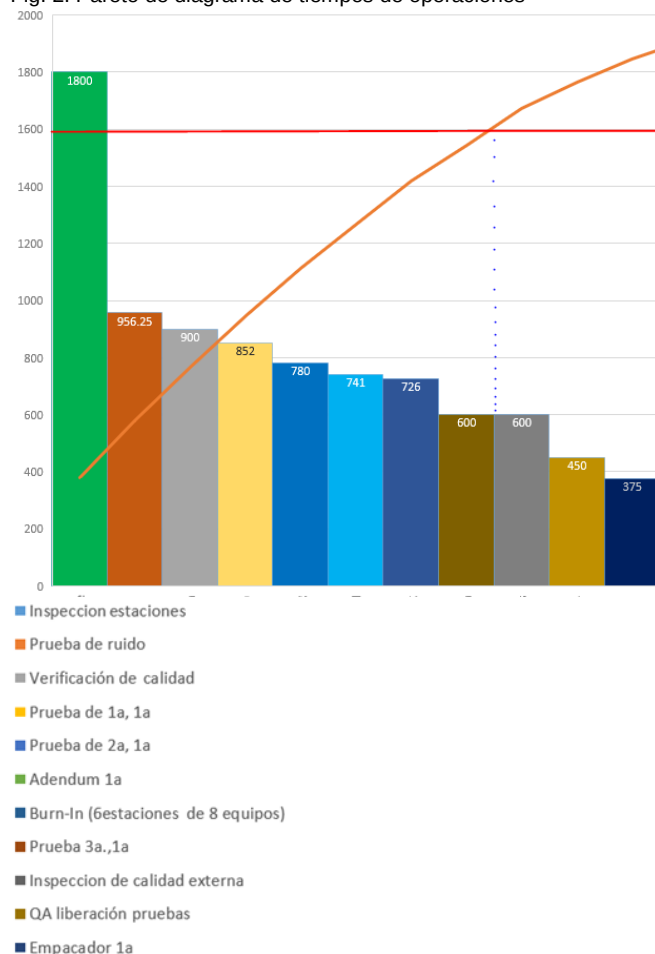
Fuente: Elaboración propia.

Revisando la información se detecta en base a los datos medidos del VSM (Value Stream Mapping), se concluye observando Takt Time hr (necesario para dar con la meta de producción) vs el real medido, que son consistentes ver Tabla 1, es decir hay capacidad instalada para cumplir con los números de meta de producción.

3.3. PARETO DE TIEMPOS DE OPERACIONES MÁS DEMANDANTES

Como parte de la investigación se utiliza el diagrama de Pareto para visualizar las operaciones con mayor tiempo de duración en la EMPRESA CASO DE ESTUDIO ver Fig. 2.

Fig. 2. Pareto de diagrama de tiempos de operaciones



Fuente: Elaboración propia.

Como referencia se logró identificar las operaciones llamadas “cuello de botella” es decir, hay procesos que tienen un tiempo de ciclo mayor a otros, estas operaciones pueden ser optimizados por LSS. Esta parte queda abierta a implementación, ya que son etapas que incluye máquinas y en principio se propone detectar las fallas recurrentes.

3.4 CASO DE ESTUDIO ANDON

Retomando el tema de detección de problemas a través de la herramienta Lean Andón - tiene como objetivo avisar cuando ocurre un problema en la línea de producción de una empresa. En caso de no atender el problema por un equipo técnico este sistema emite una alerta por medio del sistema de escalación o escalonamiento, donde se notifica a supervisores la no atención al problema por parte del departamento correspondiente.

En la EMPRESA CASO DE ESTUDIO se nota que desde la instalación del sistema y hay poco o nulo uso de este mismo. Se ha puesto en operación buscando medir los problemas de fallas recurrentes para mejorar y optimizar la productividad. Se habilitó la herramienta Andon con el uso de una plataforma tecnológica especializada (Ver Fig.3), causando un rechazo por parte de gerencia ya que al ponerlo en operación se detectaban con frecuencia varios incidentes por día, abriendo el cuestionamiento de que tan buenos son los procesos.

Fig. 3. Imagen de referencia de sistema ANDON instalado en EMPRESA CASO DE ESTUDIO

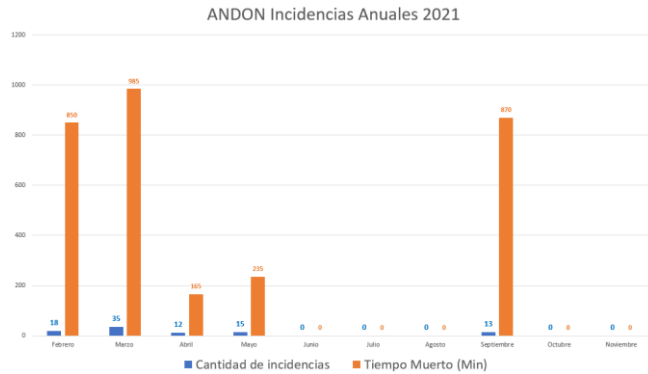


Fuente: elaboración propia a partir de “Capturado en EMPRESA CASO DE ESTUDIO.”.

Sin embargo, como parte del proyecto se implementó durante una semana de septiembre de 2021 el sistema ANDON en el segundo turno de manera regular. Como resultado se registraron los incidentes de problemas en procesos y equipos, obteniendo datos relevantes para poder identificar que gran parte del trabajo necesario para implantar LSS es en relación a la resistencia al cambio y la dinámica de los Sistemas Suaves.

A continuación, como ANEXO se visualiza en la Fig. 4, los datos de la activación del sistema desde su instalación y la activación del experimento.

Fig. 4. Grafica de ANDON mensual

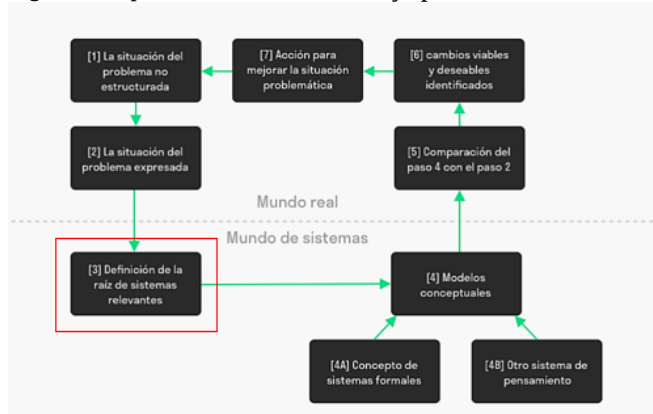


Fuente: Elaboración propia.

3.5. SISTEMAS SUAVES (SSM)

En este artículo se limita a explicar cómo determinar la capacidad humana aplicando los 7 pasos de Checkland ver Fig. 5, dado que el caso de estudio de este trabajo va de la mano de un proyecto que sigue DMAIC de SixSigma, solo se explicara lo aplicado hasta el momento.

Fig. 5. Siete pasos de Checkland en rojo paso actual estudiado



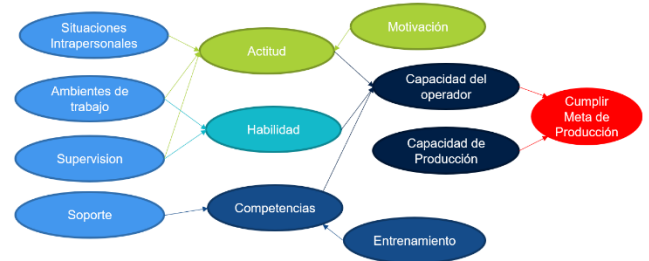
Fuente: Diagrama obtenido de la Ref. [13]

Etapas 1: Se conoce las áreas de oportunidad de la EMPRESA CASO DE ESTUDIO, con forme se va desarrollando el proyecto Lean SixSigma mediante DMAIC, fase Actual: medir.

Etapas 2: Utilizando esta metodología es posible generar un análisis de cómo se relaciona la capacidad humana, entendiendo que la capacidad de producción la se puede optimizar por herramientas LSS.

Etapas 3: Para este caso de estudio se propone que existe una relación en conjunto de capacidad de producción (herramientas, maquinaria, proceso) y capacidad humana (entrenamiento, seguridad, motivación) ver fig. 6.

Fig. 6. Diagrama de inferencia “Paso 3 de Checkland”



Fuente: Elaboración propia.

3.6 ENTREVISTA

La teoría de Sistemas suaves nos explica que hay que fijarnos en situaciones definidas que puedan causar o influir en un resultado [3]. Para este caso de estudio se identifican situaciones que puedan influir en la capacidad de las personas para realizar su trabajo, sin tomar en cuenta la capacidad instalada (Maquinaria y herramienta).

Se realiza una entrevista a 27 operadores con la intención de obtener información acerca de la satisfacción laboral. Esta entrevista se basa en la teoría de Herzberg donde el autor propone higiene y motivación como factores. [14]

Entre los factores a evaluar de acuerdo con la definición del autor la selección para Motivación es “Trabajo estimulante” complementado con “logro y autorrealización” a su vez para Higiene se definirá por “Factores sociales” y “Seguridad laboral” [14]

La Tabla 2 muestra de manera clara las preguntas utilizadas para la obtención de la medición de satisfacción laboral.

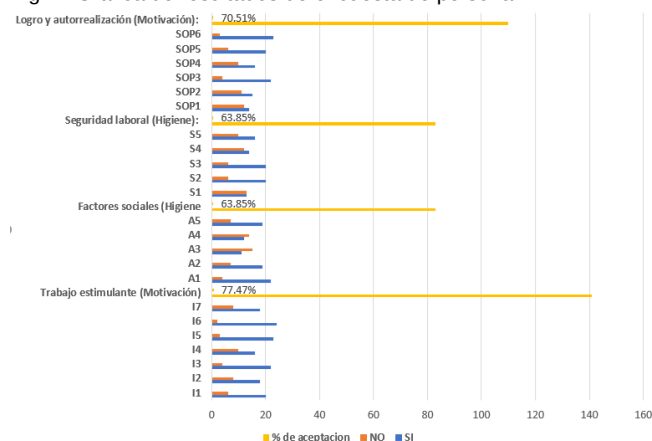
Tabla 2: Encuesta de satisfacción laboral Higiene y Motivación empresa en caso de estudio.

Identificador	Trabajo estimulante (Motivación)
I1	1. ¿Te agrada trabajar en “Empresa Caso de Estudio”?
I2	2. ¿Te gusta aprender cosas nuevas?
I3	3. ¿Te gusta desarrollar nuevas habilidades?
I4	4. ¿Te gusta resolver problemas?
I5	5. ¿Buscas crecer en el ambiente laboral?
I6	6. ¿Buscas crecer tu ingreso económico?
I7	7. ¿Buscas llegar a una supervisión y sabes que puedes lograrlo?
	Factores sociales (Higiene)
A1	1. ¿Te agrada trabajar en el área que actualmente tienes asignada?
A2	2. ¿Hay otra área en la que te gustaría estar?

A3	3. NO HAY ninguna área donde no me gustaría estar
A4	4. Creo que NO hay situaciones injustas en el ambiente laboral
A5	5. Considero que EMPRESA CASO DE ESTUDIO es el lugar ideal para trabajar
Seguridad laboral (Higiene)	
S1	1. Siento confianza de contarle a mi supervisor cualquier situación para que me apoye
S2	2. No me molesta la presencia de ningún supervisor
S3	3. Me siento seguro y en confianza con mi supervisor y cualquier asociado
S4	4. Creo que mi supervisor busca el crecimiento de él y de su equipo
S5	5. Siento que mi supervisor y los gerentes hacen un buen trabajo
Logro y autorrealización (Motivación)	
SOP1	1. Siempre recibo los entrenamientos adecuados para desempeñar mi función
SOP2	2. Siempre recibo la herramienta necesaria para desarrollar mi trabajo
SOP3	3. Siempre recibo el soporte cuando falla algo en mi operación
SOP4	4. La ayuda siempre llega rápido
SOP5	5. Me toman en cuenta para mejoras
SOP6	6. Para mí es fácil desarrollar mis actividades diarias

Los resultados de la encuesta son calculados por un promedio de aceptación ponderado del 0 al 100%, la EMPRESA CASO DE ESTUDIO busca que al menos el 95% de las personas respondan favorablemente para concluir que el factor medido es satisfactorio. Por lo contrario el área de estudio en el proyecto esta fuera del valor recomendado.

Fig. 7. Gráfica de resultados de encuesta de personal



Fuente: Elaboración propia.

La Fig. 7 muestra los resultados en base a los resultados, se determinan las siguientes conclusiones de etapa:

- **Trabajo estimulante (Motivación):** La gente tiene actitud positiva, pero falta motivación para adoptar herramientas de mejora.
- **Factores sociales (Higiene):** El ambiente de trabajo logra de manera limitada ser “sano” con riesgo a ser negativa la postura de la gente que forma el sistema.
- **Seguridad laboral (Higiene):** La gente confía de manera limitada en sus supervisores
- **Logro y autorrealización (Motivación):** El soporte y atención a las personas es mejorable.

Estos datos nos ayudan a inferir la capacidad personal. Encontrando los procesos a mejorar (ej. soporte y atención), puede mejorar el desempeño. Una posible aplicación sería aumentar las habilidades y capacidad de los trabajadores. Esto a su vez se podría lograr garantizando que todos los trabajadores tengan el entrenamiento adecuado, como un ejemplo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados parciales del proyecto en curso, muestran mediciones prometedoras, evidencias de múltiples áreas de mejora en la EMPRESA CASO DE ESTUDIO, ya que su estrategia anterior fue replicar líneas de producción, de manera que no se llevó a cabo un proyecto de mejora formal, para lograr extraer la mayor cantidad de capacidad, de las instalaciones previo a la inversión de capital “espejo”.

Este proyecto en curso a evidenciado que, aunque existe el fenómeno de aversión al riesgo, por parte de gerencia es posible encontrar nichos de mejora con la metodología Lean SixSigma.

La metodología de SISTEMAS SUAVES (SSM) puede se utilizada a la par de metodologías convencionales como Lean SixSigma. De manera que la ingeniería en la industria, puede adoptar herramientas adicionales, como los 7 pasos de Checkland, así no solo es posible optimizar la parte de sistemas duros (como los procesos o maquinas), sino también la parte de sistemas suaves (parte humana).

En base a los resultados de la Tabla 1 se concluye que existe capacidad instalada en base al tiempo takt medido. Sin embargo, hay ocasiones en las metas no se cumplen. Esto nos da pie a buscar mejoras y optimización siguiendo la filosofía de LSS que nos propone retar los procesos.

La implementación del sistema ANDON enfoca atención a puntos críticos del proceso. Como resultado hubo resistencia por la gerencia a registrar y escalar los estados de alerta que este sistema proporcionaba.

Empleando la metodología de sistemas suaves (SSM) se entiende mejor las situaciones que se presentan ante la

actitud renuente de las personas involucradas en el proceso a mejorar. La encuesta nos da información acerca de factores en los que se debe prestar atención. Así se puede incluir elementos adicionales como manuales, herramientas, entrenamientos y capacitaciones.

5. REFERENCIAS

- [1] Peter Checkland, Pensamiento de sistemas, practica desistemas, Departamento de sistemas Universidad de Lancaster, Ed. Limusa, 1993, ISBN 968-18-4525-0
- [2] Teresa Carrillo Gutiérrez (2007), Modelo Sociotécnico De Un Taller De Trabajo en un Ambiente Virtual, Master of Science Thesis,93-97
- [3] J. Casas Anguita, JR. Repullo Labradora, J. Donado Campos, (2002), La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I), Departamento de Planificación y Economía de la Salud Escuela Nacional de Sanidad. ISCIII. Madrid. España. Centro Nacional de Epidemiología. ISCIII. Madrid. España.
- [4] Zambrano C, Lao-León Y, Moreno-Pino M. El pensamiento lea desde la manufactura hasta la salud: una revisión de la literatura. Correo Científico Médico [Internet]. 2019 [citado 02 Feb 2022]; 23 (3) Disponible en: <http://www.revcoemed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/3234>
- [5] Gándara González, Felipe de Jesús Herramientas De Calidad Y El Trabajo En Equipo Para Disminuir La Reprobación Escolar. Conciencia Tecnológica, núm. 48, julio-diciembre, 2014, pp. 17-24
- [6] Administración de Riesgos, (1999). Estándar Australiano, AS/NZS 4360:1999, 22-25.
- [7] The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to 100 Tools for Improving Quality and Speed, New York: McGraw-Hill, 2004. ISBN 0071441190.
- [8] PAREDES-RODRÍGUEZ, Andrés Mauricio. Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio. En: Entramado. Enero - junio, 2017. vol. 13, no. 1, p. 262-277 <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25103>
- [9] Duanmu, J., & Taaffe, K. (2007, December). Measuring manufacturing through put using takt time analysis and simulation. In Proceedings of the 39th conference on Winter simulation: 40 years! The best is yet to come (pp. 1633-1640). IEEE Press.
- [10] MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Julio Cesar, CRUZ-SOLÍS, Edgar Jesús, HERNÁNDEZ-LUNA, Aldo y HERNÁNDEZ-HILARIO, Raymundo. El sistema ANDON, como herramienta fundamental para disminuir el tiempo de respuesta y eliminar los defectos en línea de panel. Revista de Ingeniería Industrial. 2020. 4-12:30-41
- [11] Landryova, L. and Zolotova, I. (2011). OEE monitoring for production processes based on Scada/hmi platform. Springer
- [12] ANNA BERGDAHL, GUSTAV BLANK. (2012). How to Improve a Production Flow within the Medical Device Sector Using Lean Methods. Master of Science Thesis in Production Engineering, 2,3.
- [13] Jaiprakash Bhamu Kuldip Singh Sangwan. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. International Journal of Operations & Production Management, 1, 877-940
- [14] George, Michael L. What Is Lean Six Sigma? McGraw-Hill Education. ISBN 978-0071426688.
- [15] Dr Juan Martin, Las soluciones de Checkland para los problemas [Internet]. 202021 [citado 02 Feb 2022]; Disponible en: <https://www.cerem.mx/blog/las-soluciones-de-checkland-para-los-problemas>
- [13] Mulder, P. (2018). Metodología des Sistemas Blandos. de toolshero [Internet]. 202021 [citado 02 Feb 2022]; Disponible en: <https://www.toolshero.es/resolucion-de-problemas/metodologia-de-sistemas-blandos/>
- [14] MADERO GOMEZ, Sergio Manuel.Factores de la teoría de Herzberg y el impacto de los incentivos en la satisfacción de los trabajadores. Acta univ [online]. 2019, vol.29, e2153. Epub 11-Sep-2020. ISSN 2007-9621. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2153>.
- [15] Brayfield, A. H., & Rothe, H. F. (1951). An Index of Job Satisfaction. Journal of Applied Psychology, 35, 307-311. [Internet]. 202021 [citado 02 Feb 2022]; Disponible en <http://dx.doi.org/10.1037/h005561>
- [16] 3C Empresa (Edición Especial) diciembre 2017, 73 – 80 Área de Innovación y Desarrollo, S.L. ISSN: 2254 – 3376 DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.73-80>

