

	<p>Plantilla para presentar artículos REVISTA INGENIERÍA SOLIDARIA</p>	
---	---	--

1. TÍTULO DEL ARTÍCULO

DISEÑO DE UN MODELO LEAN MANUFACTURING CON APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS VSM, KANBAN, SMED Y 5´S PARA LA EMPRESA AUTOPARTES Y CAUCHOS BOGOTÁ S.A.S.

Javier_Hernando Pradilla_Bohórquez¹, Oscar_Javier Rincón_Gomez²,
José_Rubiel Palacio_Triana³, Olga_Yamile Fierro_Galindo⁴, Miguel_Antonio
Ruiz_Ruiz⁵, Jimmy_Esneider Torres_Gutiérrez⁶

¹ *Ingeniero Mecánico, Universidad de los Andes, Magister en Administración de Empresas, Universidad Externado de Colombia, Profesor Asociado Coordinación de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad ECCI, Bogotá, Colombia.*

Correo electrónico: jpradillab@ecc.edu.co

² *Estudiante, Coordinación de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad ECCI, Bogotá, Colombia*

Correo electrónico: oscarj.rincong@ecc.edu.co

³ *Estudiante, Coordinación de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad ECCI, Bogotá, Colombia*

Correo electrónico: joser.palaciot@ecc.edu.co

⁴ *Estudiante, Coordinación de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad ECCI, Bogotá, Colombia*

Correo electrónico: olgay.fierrog@ecc.edu.co

⁵ *Estudiante, Coordinación de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad ECCI, Bogotá, Colombia*

Correo electrónico: miguela.ruiz@ecc.edu.co

⁶ *Estudiante, Coordinación de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad ECCI, Bogotá, Colombia*

Correo electrónico: jimmy.torresg@ecc.edu.co

3. RESUMEN

La alta competitividad que actualmente poseen las empresas del sector de autopartes en Colombia, ha limitado el surgimiento y crecimiento de las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) que desean incursionar en este mercado. En gran parte por su baja capacidad de alcanzar los estándares de calidad y tecnología que ostentan sus competidores ya establecidos. Pero quizás el obstáculo más grande que posee este tipo de empresas para alcanzar un desarrollo sustentable es la falta de estrategias que mejoren el conocimiento de sus sistemas productivos y desarrollen una cultura de mejora continua libre de la natural resistencia al cambio de los trabajadores.

Este artículo tiene como propósito divulgar la investigación realizada y la propuesta de aplicación de los principios y herramientas de Lean Manufacturing en la MIPYME Autopartes y Cauchos Bogotá S.A.S., partiendo de la observación y diagnóstico del sistema productivo, pasando por etapas de recolección de datos y análisis de las actividades en la cadena de valor en busca de identificar aquellas susceptibles de mejora, y finalmente estructurando un modelo de lean manufacturing que integre de manera sinérgica aquellas herramientas y ayude a controlar y eliminar los desperdicios logrando una mayor productividad y efectividad de la Organización.

Para el desarrollo de la etapa de diagnóstico se logró alcanzar el objetivo mediante el VSM y 5'S, siendo esta última la base indispensable e integradora de otras herramientas como el SMED, Layout S.LP. Y Kanban que la complementan, en un modelo propuesto que pretende lograr una mejora considerable en el orden y control del sistema productivo de la empresa objeto de estudio.

4. PALABRAS CLAVE

Lean Manufacturing, VSM, 5'S, Tack time, SMED, Kanban, S.L.P, Layout-

5. CUERPO DEL TEXTO

5.1 Aspectos de contenido

5.1.1 Introducción

Para el año 2014 el sector de autopartes en Colombia según el censo de la DIAN estaba representada por 187 empresas productoras y exportadoras principalmente de sistemas de suspensión, empaquetaduras de motor, baterías, materiales de fricción y neumáticos. La mayoría de ellas pequeñas y medianas empresas que están tratando de surgir ante este mercado que ha sido impulsado por las grandes empresas que invertido en

tecnología y en ofrecer un producto certificado de calidad. Y en este aspecto una empresa pequeña se podría decir que poco o nada sabe de cómo alcanzar este nivel de confianza que estas empresas impartido en sus clientes, dado su poco bagaje en el mercado.

En este proyecto evidenciaremos los problemas y prácticas erráticas, que a veces suelen cometer las microempresas como Autopartes y Cauchos Bogotá S.A.S. cuyo origen es la conjunción entre de una amplia experiencia en el conocimiento de los procesos por parte exempleados del sector y la connotación empírica para articularlos y manejarlos eficientemente. Para lo cual empleáramos al Lean Manufacturing como medio diagnóstico e instrumento de mejora conforme a las prioridades de nuestro objeto de estudio.

Autopartes y Cauchos Bogotá es una microempresa que produce bujes en caucho-metal para sistemas de suspensión automotriz; en la actualidad cuenta con una planta de producción en el noroccidente de Bogotá (Barrio Vista Hermosa, Suba), su cliente principal es IMAL quien genera el 50 % de la demanda de sus productos en facturación por mes. Caracterizada en los últimos años por su flexibilidad ante los clientes en la producción de varias referencias, se ha visto limitada en los últimos años por el floreciente desorden y descontrol que existen en su planta física y en su proceso de manufactura. Con grandes expectativas de crecimiento presenta en la actualidad una disposición limitada de espacio, con máquinas fuera de uso e inventario de materiales obstruyendo pasillos y rutas, siendo una configuración perfecta para la generación de riesgos ambientales para cada uno de sus empleados y una notoria disminución del flujo continuo de producción. A esto se le suma la poca gestión documental para el registro y control de los inventarios y cada una de las actividades de valor en el proceso.

El artículo presentará una metodología de investigación para el desarrollo del proyecto enfocada en la aplicación de diferentes herramientas que el Lean manufacturing nos ofrece con el propósito de lograr la caracterización de la situación actual de la empresa por medio de un diagnóstico basado en 5'S y VSM y con ello diseñar un modelo que permita la mejora continua de la empresa especialmente en aspectos de organización y control del sistema de producción a través de herramientas como el SMED, 5'S, Layout y Kanban cuya función es la reducción o eliminación de los desperdicios.

5.1.2 Desarrollo de los temas

Para llevar a cabo este proyecto se revisaron las investigaciones más relevantes en temas de aplicación de lean manufacturing y herramientas que facilitan el diagnóstico y solución de problemas de orden y control en la producción que son el eje central de nuestra investigación.

Actualmente en Colombia hemos encontrado varios artículos que tratan sobre el empleo del lean manufacturing como soporte en el diagnóstico y mejora de las empresas de manufactura. La mayoría de ellas coinciden en que para atacar los problemas de producción en una planta se debe analizar desde diferentes focos y condiciones necesarias para aplicar metodología Lean manufacturing, tal y como se muestra en la ilustración 1.

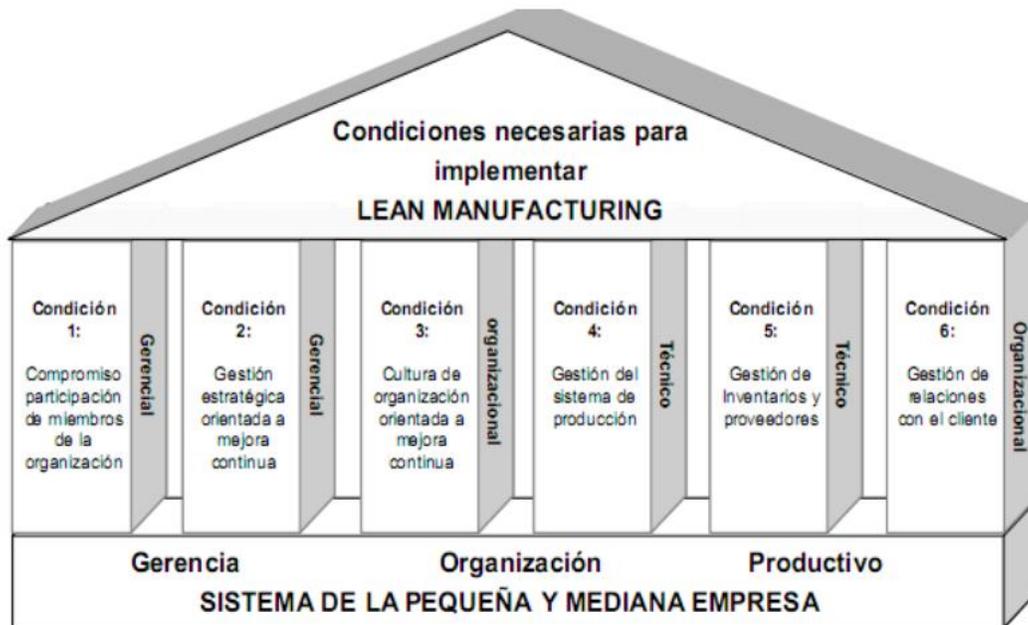


Ilustración 1: Condiciones necesarias para poder implementar Lean manufacturing. Fuente: Fuente: Andrés F. Hurtado y Fernando Vizcaino*

Algunos autores coinciden con la percepción de la funcionalidad de “La Lean Manufacturing, con su abanico de herramientas, permite mejorar la gestión operacional” en [1]. Ya que permitirá sistemáticamente identificar los desperdicios que afectan la producción (sobreproducción, demoras, inventario, transporte, defectos, desperdicios de proceso, movimientos y subutilización de personal).

Los sistemas de producción son el resultado de la calidad costo y cantidad, y a su vez estos se clasifican de acuerdo a los departamentos y maquinaria que las industrias manufactureras posean [2]. Para que Lean Manufacturing logre sus objetivos, se apoya en algunas herramientas segun sea la necesidad de la empresa, en la tesis [3], describe la utilidad de cada una de estas para atacar los desperdicios dentro de la cadena de suministro, enfocándose directamente en el sistema 5 ‘S dentro de la metodología global de Lean manufacturing y como otras técnicas que se interrelacionan con el sistema, dentro de estas se encuentran el VSM, Kanban, Layout y SMED.

En el artículo de [4], relaciona cifras interesantes de una encuesta realizada por la revista norteamericana *Industry Week*, aplicado a 108 empresas de diferentes sector, resultado

de ello se obtuvieron cifras interesantes sobre el conocimiento y aplicación de las herramientas de lean manufacturing. Además remonta su estudio a la evolución de estas herramientas para alcanzar los objetivos del sistema.

Muchos de los trabajos de tesis e investigaciones en lean manufacturing tienen como punto de partida el ordenar el proceso bajo la implementación de las 5'S, en [5] se describe como esta herramienta permite organizar y optimizar la disposición de las herramientas y flujo de proceso, de la mano con un cambio de la cultura organizacional basada en el orden y la limpieza bajo una estricta disciplina del personal. Los pilares de este sistema: selección, orden, limpieza, estandarización y disciplina tiene un significado importante para la creación de un lugar limpio y seguro donde trabajar, en [6] logra describirse cada uno de ellos; así mismo requieren de algunos pasos para obtener los mejores resultados:

- Acceso a la organización donde se va a implementar la metodología 5S
- Obtener implicación
- Direccionamiento resistente
- Documentos de base como referencia
- Conductas cortas y actividades simples
- Desarrollos estandarizados
- Dirigir la transición hacia la auto disciplina

Siendo imprescindible el segundo paso que significa la participación y compromiso del personal tal como se refiere en [7], “Es importante tener en cuenta todas aquellas recomendaciones, sugerencias u opiniones de cada una de las personas involucradas en el proceso con el fin de mejorarla metodología”.

En el caso de investigación [8], se describe un completo estado del arte de los casos de éxito de la aplicación de herramientas de lean manufacturing, entre ellas la del sistema 5'S cuyos resultados fueron más que notorios en aspectos de productividad gracias a que se redujeron los tiempos de búsqueda de elementos, tiempos de paradas por mantenimiento se redujeron a través de los programas de limpieza y el porcentaje de desperdicios se redujo, lo que a muchas de las empresas descritas en este trabajo significo una reducción de costos y aumento en su utilidad y productividad. En la tabla 1, se expone la gran adaptabilidad de este sistema para responder a las necesidades de las empresas de diferentes sectores productivos:

Tabla 1: Casos de estudio y logro del sistema 5'S. Fuente: (Giraldo Sánchez)

Autor	Año	Sector productivo	Logros
Barcia Kebler; Hidalgo Daniel.	2006	Metalmecánico	Aumento en la productividad y competitividad
Vizueta William; Calvo Juan.	2011	Producción de productos plásticos	Aumento del desempeño y reducción de tiempo de búsqueda
Millares Cristóbal; García José Pedro; Romano Carlos	2003	Servicios	Aumento en la productividad y en la satisfacción personal
Ibarra Selene.	2010	Confecciones	Aumento de la calidad y disminución en la pérdida de tiempo
Guachisaca Carlos; Salazar Martha.	2009	Producción de pinturas	Aumento de la productividad y mejora en el ambiente de trabajo
Buitrago Mayerly; Zapata Dora.	2012	Producción de lámparas	Aumento en la productividad

Una herramienta que permite complementa y alimentar de información sobre el proceso al sistema 5'S es el **Value Stream Mapping (VSM)**, "Metodología de visualización orientada a la versión de Toyota de la manufactura esbelta. La meta principal de VSN es identificar, demostrar y disminuir el desperdicio en el proceso de manufactura" [2]. Es una guía para iniciar a implementar los principios de Lean y mapear una situación actual y proponer una futura o ideal. La metodología VSM consta de las siguientes fases:

- Fase de recolección de datos
- Fase de formación acerca de la manufactura esbelta
- Fase de análisis de las operaciones y diagrama de flujo
- Fase de elección de la familia de productos
- Fase de realización del mapeo de la cadena de valor presente
- Fase de estudio
- Fase de realización del mapeo de flujo de valor futuro
- Fase de implementación final.

Uno de los factores a tener en cuenta para lograr una producción ajustada a las necesidades identificadas con la herramienta VSM es el encontrar el ritmo de producción o Takt time. "El takt, compas en idioma alemán, se emplea para sincronizar el tiempo de producción con el de ventas, sobre todo en el proceso regulador. Es un numero de referencia que da una sensación de ritmo al que hay que producir" [9].

En caso como el descrito en [10], se muestra como el desarrollo del VSM de la situación actual mostro una radiografía de la empresa que fue objeto de estudio, permitiendo la detección y análisis de los problemas y desperdicios que se generaban a causa de ellos. Al aplicar esta metodología al ensamble de PC's la compañía logro 13% de ganancia promedio por PC, al diseñar un celula de manufactura concetro y optimizo el esfuerzo

por parte del personal logrando reducir los costos de nomina, mejorar en un 100% la capacidad de produccion y la liberacion de espacio en 50% de la planta.

Como mencionan algunos autores, Lean manufacturing brinda infinidad de integraciones entre sus herramientas de acuerdo a los problemas y necesidades que requieran solución, uno de estos ejemplos es el mencionado en [11], donde se aplica la herramienta SMED como complemento del orden en un sistema 5'S, la cual basa su aplicación en el mapeo de los tiempos de las actividades de producción interna y externas de a las áreas de trabajo, con el objetivo de convertir las actividades de alistamiento y búsqueda de los elementos para desarrollar la actividad en actividades externos, lo que implica la reducción de los tiempos alistamiento y un mejor control de los inventarios. En casos como Ternum siderúrgica mexicana el alistamiento y cambio de colores en las áreas de pintado constituía una frecuencia del 52% y su alistamiento un valor superior al 34% del tiempo de producción, como resultado de la aplicación de estas herramientas logro una producción adicional de 1,165 toneladas mensuales, lo que le represento una ganancia de 1.1 millones de pesos.

La decisión de implementar herramientas de lean manufacturing como el KANBAN, representa una serie de condiciones dentro del ciclo de producción, una de es la eficiencia en el tiempo de preparación y el control del inventario que entra y sale de ellas. En casos de estudio como el presentado en las máquinas de corte que generaban sobreproducción (lo cual en términos de filosofía lean representa un desperdicio), representaba un excedente de inventario y consecuentemente en incremento de los costos de producción por la ocupación de espacio e inventario de poca rotación, el empleo de tarjetas Kanban represento darle una trazabilidad o control al material por cada lote y pedido que se programaba. Lo que resulta en la optimización de los recursos y espacios de manera oportuna, en [12].

Una herramienta que llega reforzar procesos desordenados en los que se generan distribuciones de planta erráticas es el Layout, que en casos como estos termina siendo la base de pilares tan importantes como el Orden y la limpieza ya que define las áreas de trabajo de manera organizada y secuencial acorde a las necesidades de la cadena de abastecimiento que tiene la empresa, Las características de esta técnica se exponen de manera eficiente en el trabajo de fin de Master [13], donde se combina con la metodología S.L.P., para desarrollo de proyectos de distribución de planta, permitiendo identificar las áreas y superficies de manera óptima en la planta de producción permitiendo el aprovechamiento del espacio, y reduciendo los tiempos de recorrido de material y personal entre las actividades que ejecutan las industrias de elaboración de piedra natural en España logrando una eficiencia operativa.

“La competitividad en el sector automotriz y las industrias relacionadas con éste, se ajustan a parámetros y niveles de cobertura mundial por la propia naturaleza del sector, entre ellos: calidad, precio, entrega oportuna y flexibilidad frente a los niveles de demanda” [14]. Lo que cada día hace más necesario que las pequeñas y medianas empresas que desean incursionar en este mercado tengan presente la identificación de las falencias por medio de diagnósticos aplicados al sistema productivo de la empresa y

empleen herramientas del Lean Manufacturing para abordar cada uno de sus problemas y necesidades, Tal y como lo demuestran las cifras en [15] .

En [16], se connota la importancia que tiene el compromiso de la alta dirección en las empresas colombianas para implementar sistemas Lean que les permitan alcanzar sus objetivos en la eliminación de desperdicios e incremento de su productividad. Así mismo este compromiso debe estar alineado con un pensamiento estratégico y participativo con todos los miembros de la organización.

METODOLOGIA

El tipo de investigación es mixta ya que para la fase inicial de diagnóstico será del tipo descriptivo-analítico y para construcción de la propuesta del modelo solución será una investigación aplicada, ya que se emplearan herramientas y conocimientos obtenidos a lo largo de nuestra carrera y el seminario, para poder estructurar y ofrecer la mejor opción para solucionar los problemas de orden y control de producción que tiene la empresa Autopartes y cauchos Bogotá S.A.S.

El desarrollo de esta metodología se dividió en 3 fases:

- **FASE 1: DIAGNOSTICO;** esta fase se realizó mediante la identificación y caracterización del proceso de manufactura y el mapeo de la cadena de abastecimiento, partiendo de visitas periódicas a la planta de las que se levantó un registro fotográfico del estado actual de la planta. Cuyo URL de acceso es el siguiente: https://drive.google.com/open?id=0ByPb_K84thJHNjNsLTVvQ291dTA . Y la aplicación de dos herramientas 5'S y VSM:

5'S: mediante el diseño de un instrumento tipo cuestionario que aborda cada uno de los principios de los pilares de este sistema, aterrizado a las prácticas y conductas que se realizan en la planta de producción, con un total de 54 preguntas con ponderación tipo likert manejando 4 niveles de puntuación respecto al cumplimiento o implementación de estas prácticas así: (0) para No implementación, (1) 30% de cumplimiento, (2) 63% de cumplimiento y (3) 90% de cumplimiento.

VSM; por medio de la observación y el mapeo de las actividades del proceso de manufactura consultado con cada operario en la planta, se logró identificar las áreas, cantidad de operarios, el movimiento del inventario, tiempos de proceso por unidad y reajuste de la producción,

- **FASE 2: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN DE MODELO;** esta fase estará soportada por las herramientas de lean Manufacturing que permiten analizar y dar solución a problemas de orden y control de producción, y que son fácilmente integradas como complemento de la implementación de un sistema 5 'S. estas herramientas tendrán como entrada la información y resultados de la fase 1. Para atacar el orden y eficiencia en la

producción se tendrán en cuenta la herramienta SMED y Layout; mientras para el control de los procesos se aplicara la herramienta KANBAN.

- FASE 3: INTEGRACION DE HERRAMIENTAS Y PROPUESTA MODELO LEAN MANUFACTURING; plantaremos la construcción de un modelo Lean Manufacturing para la empresa Autopartes y Cauchos Bogotá S.A. tomando como base la herramienta o sistema 5'S, desarrollando cada uno de sus pilares mediante paso una descripción de los pasos necesarios para su implementación, las herramientas, programas y servicio con las técnicas aplicadas en la segunda fase.

5.1.3 Resultados

Con el fin de evidenciar el propósito, condiciones y resultados de las herramientas de lean manufacturing aplicadas en las diferentes fases del proyecto. Se presentaran las gráficas, tablas, instrumentos, programas y connotaciones más representativas del proyecto.

FASE 1 DIAGNOSTICO

Como resultado de la aplicación del instrumento de **diagnóstico 5'S en [17]**, se obtuvo la gráfica que se presenta en la ilustración 2, que expone el grado de cumplimiento o implementación de prácticas relacionadas con este sistema por parte de los empleados.

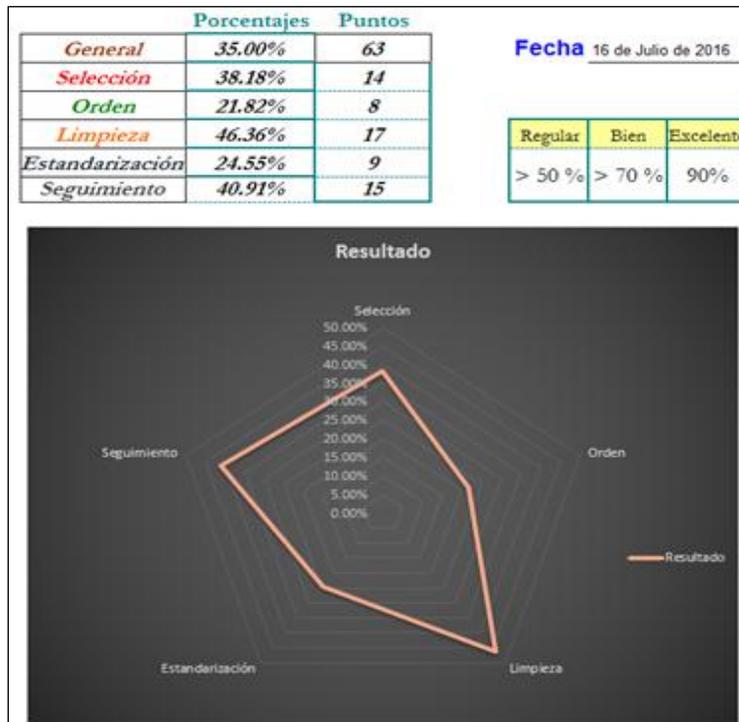


Ilustración 2: Informe de resultado diagnostico 5'S empresa Autopartes y Cauchos Bogotá S.A Fuente: propia.

En la ilustración podemos darnos cuenta que en general la empresa Autopartes y Cauchos de Bogotá S.A.; no está aplicando o siguiendo practicas asociadas a las 5'S ya

que en ninguna de las afirmaciones de cada “S” supera el 47% de practica o implementación. Es importante resaltar que las calificaciones más bajas se encuentran en las prácticas de Orden y la Estandarización del proceso, con un 21% y 24% respectivamente, seguidas de cerca por la actividad de “Selección” de los elementos de cada área de trabajo en la planta. Por lo cual se sugiere el uso de herramientas inicialmente que sirvan como apoyo a la mejora de estos pilares.

Por su parte el diagnostico practicado a la cadena de abastecimiento con la herramienta **VSM** en [18], se logró identificar el flujo de inventario que lograba acumularse en casi todas las áreas de operación, y la demora de 3 días que se genera al tercerizar dos de sus operaciones, con la construcción del mapa VSM se obtuvo un lead time de 18 días muy superior al proceso, es decir que en el proceso hay actividades que no están agregando valor y están afectando la productividad de la empresa, véase ilustración 3. Por otra parte la realización de la hoja de cálculo o worksheet nos permitió mapear los tiempos y clasificar estas actividades frente todo el proceso de manufactura de la planta de Autopartes y Cauchos Bogotá S.A.S., de la misma forma se aplicó el cálculo del OEE (eficiencia general de los equipos), basada en la entrevista del director de producción de la empresa.

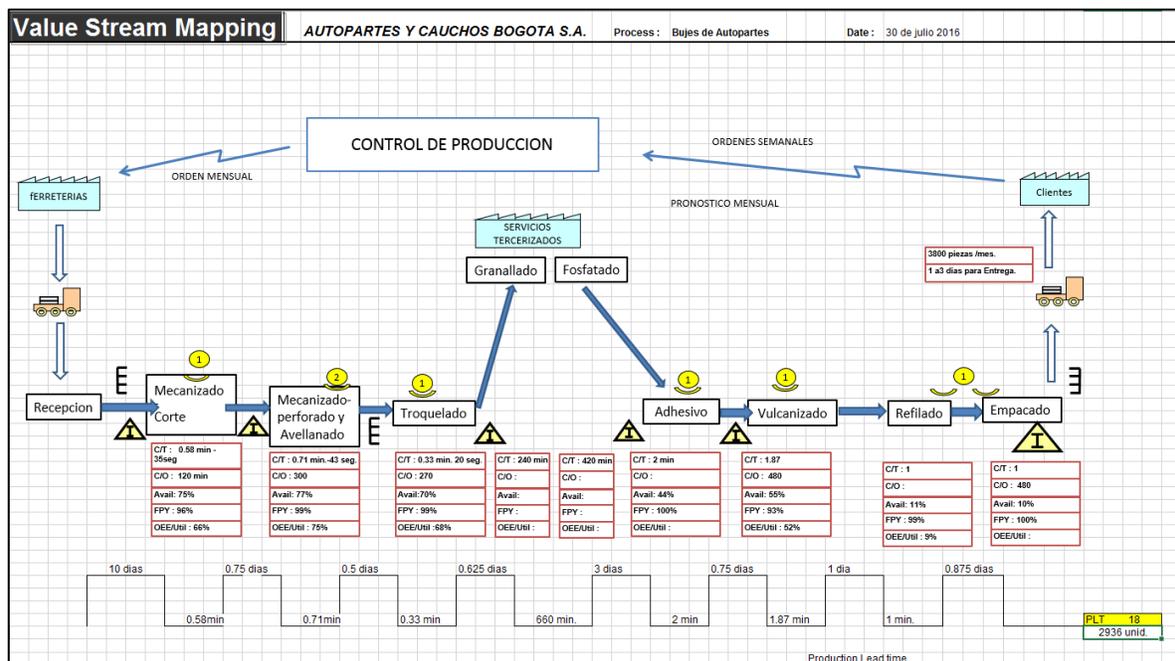


Ilustración 3: VSM actual de Autopartes y Cauchos Bogotá S.A. Fuente: autores.

En la hoja de cálculo, en tabla 2, especifica las operaciones dentro de cada área de trabajo, incluyendo los tiempos de actividades de alistamiento, de proceso, de recambio, y el mapeo del flujo estimado de inventario.

Las actividades que no agregan valor al producto están relacionadas con el alistamiento de herramientas, moldes y máquinas, dichas actividades actualmente consumen un tiempo considerable del proceso, a razón de que no se tiene un orden o sistema de

identificación rápida que permita la ubicación de los elementos de trabajo. Por otra parte en cuanto el flujo del inventario se identificó un cuello de botella dentro de la planta, en el proceso de vulcanizado con un tiempo de operación que oscila entre los 15 y 20 min y un límite en su capacidad de 9 piezas por molde.

Tabla 2 Hoja de mapeo y cálculo de las actividades para estimar las que agregan valor al producto. Fuente: Propia

Value Stream Mapping							Fabricación de Bujes Autopartes y Cauchos Bogota S.A.						
Area	Operación	Actividad	Tiempo de Cola Min.	Tiempo de ciclo MIN.	Tiempo de Cambio o montaje C/O (min)	Inventario Estándar día	Unidades Procesadas por día	Producto en proceso o Producto Terminado	Distancia al siguiente proceso en Mts.	Existing FPY por día	Existing OEE / día	Comments :	
CORTE	CORTE TUBO EXTERNO	Alistamiento de la maquina	15										
		Mantaje del tubo	8		104.6	7			5				
		Ajuste boquilla y topes de Corte	10										
		Corte de tubo	0.33	0.83			126	En proceso		95%			
	CORTE TUBO INTERNO	Alistamiento de la maquina	10										
		Mantaje del tubo	10		94.5	7						66%	
		Ajuste boquilla y topes de Corte	10							5			
		Corte de tubo	0.33	0.75			132	En proceso					
AVELLANADO	REFIALADO DE TUBO EXTERIOR e INTERIOR	Refilado de tubo con broca	0.50								97%		
		Alistamiento de la maquina	15										
		Ajuste y afilado de buril o broca	5		300								
		Refilado de diametro interno de Tubo cara 1.	0.58										
		Reverso y posicionamiento Tubo	0.33	1.49		882	800	En proceso	20		99%	75%	400 unidades del tubo externo y 400 del tubo interno
		Refilado de diametro interno de Tubo cara 2.	0.58										
TROQUEL	DOBLADO	Alistamiento de troquel	10										
		insersion de tubo externo	0.08										
		instalacion en maquina	0.08										
		Dobles del tubo	0.33										
		Extraccion	0.08										
		Granallado	1440										Proceso Realizado por proveedor externo
		Fosfatado	2880										Proceso Realizado por proveedor externo
ADHESIVOS Y REPILE	TRATAMIENTOS	Aplicación capa 1 de adhesivo	0.5										
		Secado	0.5										
		Aplicación capa 2 de adhesivo	0.5										
		Secado	0.5										
			2	NA	800	220	En proceso	5					El proceso es manual.
VULCANIZADO	VULCANIZADO	Alistamiento de Molde	8										
		Alistamiento de retail de caucho	3										
		Ensamble de piezas en molde	4		7								
		Carga de Caucho	1										
		Calentamiento de plancha	10										
		Inyeccion de Caucho a molde	5			270	243	En proceso	5		93%	52%	Hay un limitante de produccion por el tiempo de calentamiento e inyeccion del material, asi como una dependencia de la capacidad de bujes que se pueden vulcanizar por molde en promedio tienen una capacidad para 9 piezas. La capacidad maxima es de 270 unidades dia.
		Extraccion de piezas.	6										
			22										
ADHESIVOS Y REPILE	REFILADO	Inspeccion de Bujes	0.08										
		refilado de caucho sobrante.	0.5	0.58	NA	240	230	Terminado	0		99%	9%	El proceso es manual.
	EMPACADO	Empaque de producto	0.05	0.05		200	150	Terminado	2				
		Almacenado en estante	0.08		NA	200	150	Terminado					

Con el fin de lograr una proyección de un VSM futuro o ideal para esta empresa y disponer un flujo continuo de las operaciones se realizó el cálculo del Takt time. Dado que Autopartes y Cauchos Bogotá S.A. maneja un turno de 12 horas de lunes a viernes equivalente a 720 minutos/ día y tiene tiempos muertos de 60 minutos por descansos y almuerzo, la empresa tiene un tiempo productivo real de 660 minutos/día que se encuentran destinados a responder una demanda mensual de 3800 unidades de diferentes referencias divididas en 24 días laborables da como resultado una demanda diaria de 158 unidades.

$$\text{Takt Time} = 660 \text{ min} / 158 \text{ unidades} = 4.17 \text{ min. /unidad.}$$

Con el tiempo disponible por turno la empresa solo tiene 4.17 minutos para fabricar una buje de la familia de productos. Dados los tiempos de espera producidas por los procesos realizados por terceros y el vulcanizado, se sugiere emplear el Kanban como forma de seguimiento y control continuo del proceso. Con la operación de 2 ciclos continuos de producción, el primero con el mecanizado que despacha las piezas para tratamientos de resistencia (granallado y sulfurado) a terceros y el segundo en el área de adhesivos,

vulcanizado y refilado que despacha el producto terminado para empacado. Conforma el VSM ideal para esta empresa y se obtiene un Lead time de 16 días lográndose una reducción del 11%, véase ilustración 4.

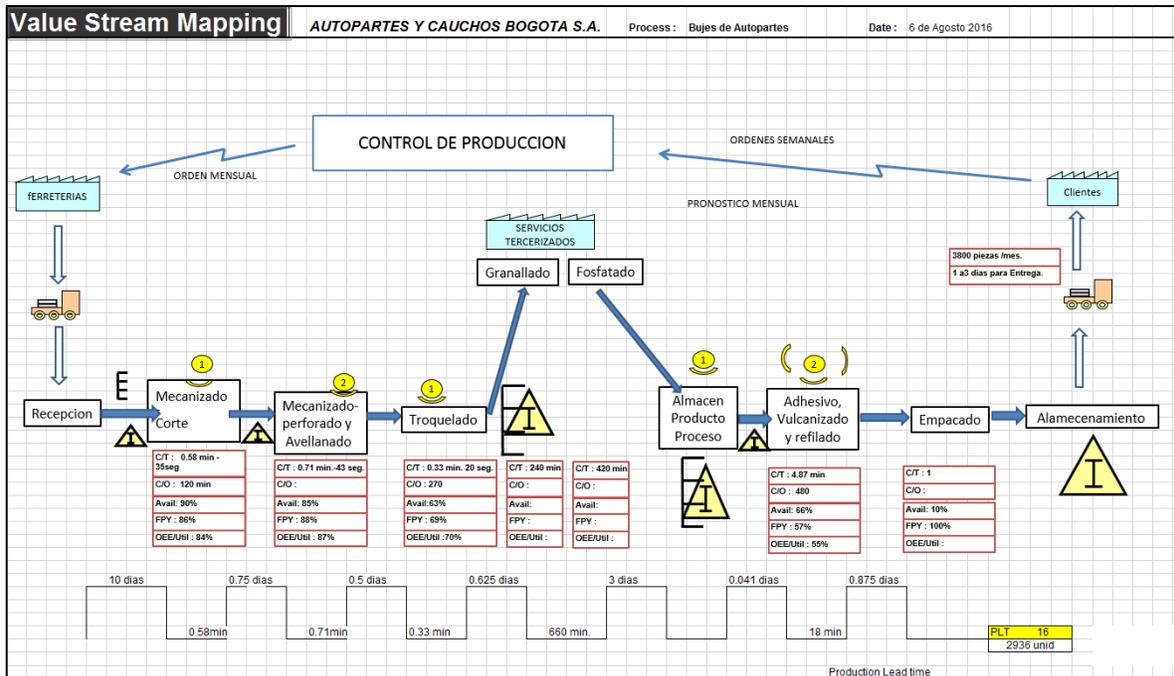


Ilustración 4: VSM futuro de Autopartes y cauchos Bogotá S.A.S.

Fuente: propia

FASE 2: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN DE MODELO

Para la ejecución de las herramientas sugeridas en esta etapa se tuvo como punto de referencia la información obtenida en la anterior fase.

En la aplicación de la herramienta **SMED** tomo en cuenta las actividades que no generaban valor en el VSM, y plasmo una tabla para caracterizar los tiempos de las actividades de alistamiento y reajuste, dando como resultado la tabla 3.

Tabla 3: Tiempos de búsqueda en labores de alistamiento de máquinas Fuente: Propia.

Área	Operación	Actividad	Tiempo de Operación min.	Tiempo de Búsqueda min.	Actividad específica
CORTE	CORTE TUBO EXTERNO	Alistamiento de la maquina	15	8	Búsqueda de herramientas y accesorios de montaje (boquillas, Buriles, mandriles). Afilado de herramientas.
		Montaje del tubo	8	4	Búsqueda de referencia para el corte.
	CORTE TUBO INTERNO	Alistamiento de la maquina	10	4	Búsqueda de herramientas y accesorios de montaje (boquillas, Buriles, mandriles). Afilado de herramientas.

		Montaje del tubo	10	4	Búsqueda de referencia para el corte.
REFILADO	REFIALADO DE TUBO EXTERIOR	Alistamiento de la maquina	15	8	Búsqueda de herramientas y accesorios de montaje. Afilado de herramientas.
TROQUEL	DOBLADO	Alistamiento de troquel	10	7	Búsqueda de referencia de troquel.
VULCANIZADO	VULCANIZADO	Alistamiento de Molde	8	7	Búsqueda de referencia de troquel.
		Alistamiento de retail de caucho	3	2	Disposición y alistamiento de las tiras de caucho para alimentar los moldes

Cabe aclarar que estas actividades son internas ya que se realizan mientras la maquina no está en funcionamiento, cambiar herramientas o husillos en los tornos, instalar boquillas, alistar los moldes y troqueles. Con el fin de convertir éstas operaciones internas en externas y realizar adecuadamente la distribución de la planta para obtener el orden y la correcta posición de las herramientas y el lote, evitando perder tiempo en el proceso productivo, se propone tener un manejo de herramientas y accesorios por cada área de trabajo, las cuales deberán estar en adecuadas condiciones operativas y ubicadas de acurda a su frecuencia de uso. Así mismo labores de mantenimiento o recambio de las herramientas de la planta deberán estar a cargo de una sola persona, quien ejecutara la verificación de estas cada semana y tomara las acciones pertinentes para que estas se encuentren disponibles lo más pronto posible.

Para determinar las herramientas necesarias de cada puesto de trabajo y su operatividad se planteó el diligenciamiento de unas fichas de registro para cada una de las áreas o puestos de trabajo, en [19]. A continuación se presenta un ejemplo de una de estas fichas de registro de área, la cual contiene la descripción y características propias del puesto de trabajo, el inventario y condiciones de las herramientas y accesorios de montaje que actualmente se encuentran en ella:

AREA DE TRABAJO		TORNO PARALELO		
ACTIVIDAD REALIZADA		REFILADO DE TUBOS		
NUMERO DE OPERARIOS	1	TURNOS DE TRABAJO	1	Dias Semana L - 5
ELEMENTOS NECESARIOS PARA SU ALISTAMIENTO Y MANIPULACION				
Necesaria: <ul style="list-style-type: none"> Llave de Mordazas Llave 3/8" bristol (ajuste mordazas de porta buril) Buril Brocha (limpieza de maquina) Pala o recogedor de mano (limpieza de maquina) Acetara Bayetilla (limpieza de maquina) Innesaria: <ul style="list-style-type: none"> Llave expansiva n 10 Lijas Brocas Punto torno Mandril torno Extensión bombillo Mal estado: <ul style="list-style-type: none"> Llave de mordazas desgastada 		Imagen actual: 		
Dimensiones de la maquina en Metros:		Ancho: 0,75	Largo: 2,05	Alto: 1,57
Manual de operación: SI [] NO [x]		Iluminación y acometida eléctrica: Adecuada [x] Inadecuada []		
Se realiza mantenimiento periódico: SI [x] NO []		Horas trabajo día:		4 horas

Ilustración 5: Ejemplo de ficha de registro de Área o puesto de trabajo Fuente: Propia

La identificación de estos elementos, facilitara la localización rápida por parte del operario para realizar el ajuste y montaje de la maquina; pero esta identificación y orden de elementos deberá de ir de la mano con los dos primeros pilares de las 5'S "Selección y Orden".

En conjunción con esta herramienta se aplicó Layout bajo la metodología S.L.P empleada para focalizar proyectos de distribución de planta. Que se desarrolló bajo 6 pasos:

- 1.- Identificación de departamentos y actividades; levantamiento de la distribución actual respecto a las actividades del proceso.
- 2.- Realización de la Tabla Relacional de Actividades y áreas. Ponderación del grado de relación entre actividades y áreas de la planta caracterizando su flujo de material o personas.
- 3.- Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades. Esquema grafico del flujo de material y personas entre las áreas de la planta.
- 4.- Determinación de superficies; Cálculo de áreas de cada elemento y zona de la planta.
- 5.- Desarrollo del Diagrama Relacional de Superficies. Relaciona cada una de las zonas de trabajo teniendo presente sus áreas e integraciones con las demás.
- 6.- Realización de bocetos y selección de la mejor Distribución en Planta. Ilustración de las posibles propuestas de distribución de planta teniendo en cuenta sus beneficios y limitaciones.

Como resultado de ello se obtuvieron dos propuestas de distribución de planta las cuales se montaron como simulación en el software Room Arranger tratando de respetar la relación y unión de los elementos en cada área, véase ilustraciones 6 y 7.



Ilustración 6: Propuesta A de Layout de planta de manufactura de autopartes. Fuente: Propia

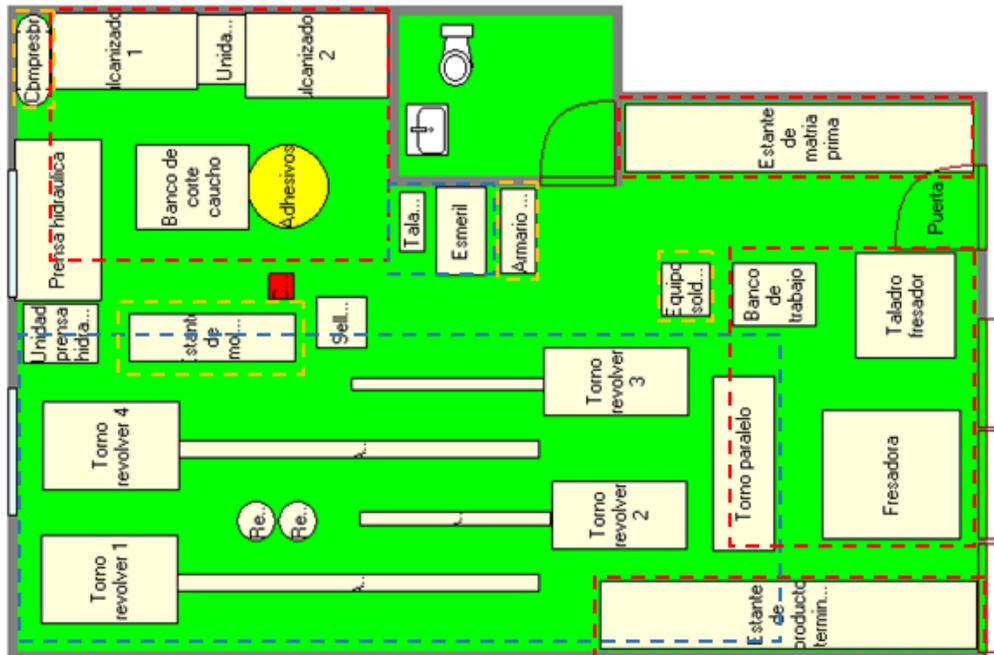


Ilustración 7: Propuesta B de Layout de la planta de manufactura de autopartes. Fuente: Propia

En la primera se disponen todos los elementos del área de mecanizado y vulcanizado en de manera ordenada como lo muestran los recuadros punteados que rodean las máquinas y elementos de cada una; se dispuso rutas de acceso a los almacenes tanto para las entradas y salidas de material. Dada la relación del área de diseño con las

herramientas y otras áreas se dejó ubicada en la parte central de la planta para reducir los recorridos para las actividades de construcción y prueba de los moldes y troqueles.

Mientras que en la segunda se optimizó el uso del espacio para concentrar de una mejor manera los elementos del área de mecanizado, permitiendo manejo de manera holgada el espacio del área de vulcanizado y diseño. Las zonas de almacenamiento permanecen en la misma posición ya que esta ubicación es la manera más óptima de aprovechar los espacios que requiere las estanterías horizontales y verticales con las que cuenta la empresa. También contemplan la disposición de las máquinas que se encontraban fuera de uso por una aparente falta de espacio. Será decisión de la dirección de la empresa la elección de propuesta que más le convenga.

Para el control de la producción se decidió aplicar la herramienta Kanban siendo el foco de su implementación la capacitación y entrenamiento del personal, ya que si el personal desconoce los beneficios que se adquieren con esta herramienta es muy probable que se resista al cambio. La ilustración 8 muestra la tarjeta kanban que se empleara para realizar el seguimiento de los materiales conforme estos recorren todo el proceso de manufactura.

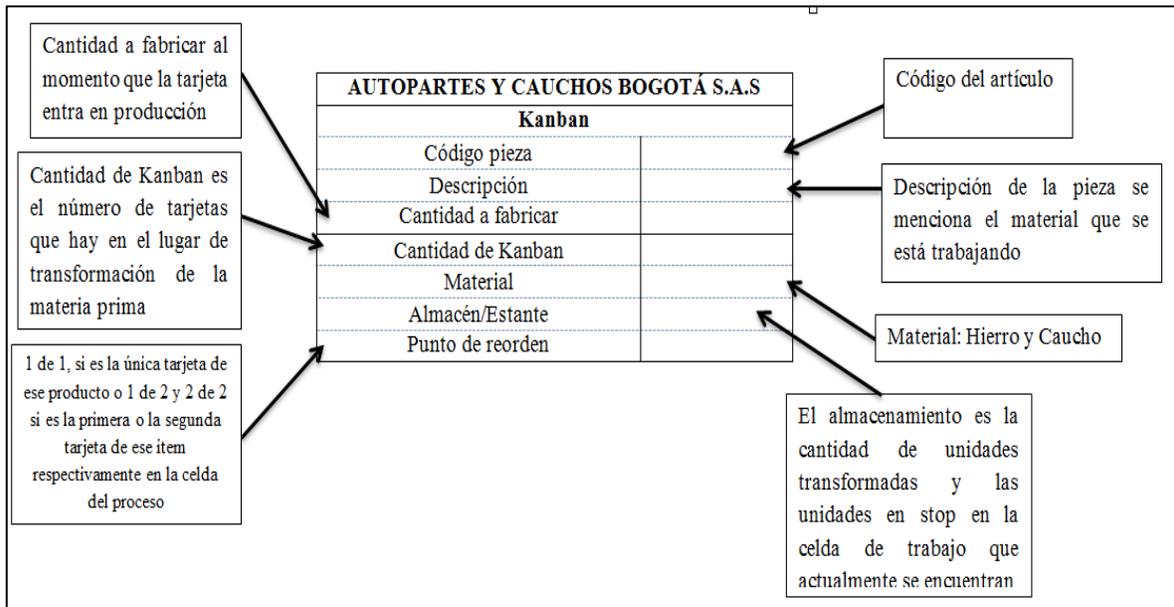


Ilustración 8: Ficha Kanban Fuente: propia

Con la finalización de esta fase, los resultados obtenidos de la aplicación de las herramientas lean manufacturing se convertirán en complemento y soporte estructural en la integración del modelo producto de fase 3.

FASE 3: INTEGRACION DE HERRAMIENTAS Y PROPUESTA MODELO LEAN MANUFACTURING

Mediante la recopilación de experiencias de implantación de modelos de lean manufacturing y sistemas 5'S en empresas, se logró diseñar una propuesta de modelo de

lean manufacturing teniendo como ente integrador el sistema 5 'S. en la ilustración 9, se relacionan los pilares de integración, herramientas, instrumentos, beneficios y requerimientos para su implementación.

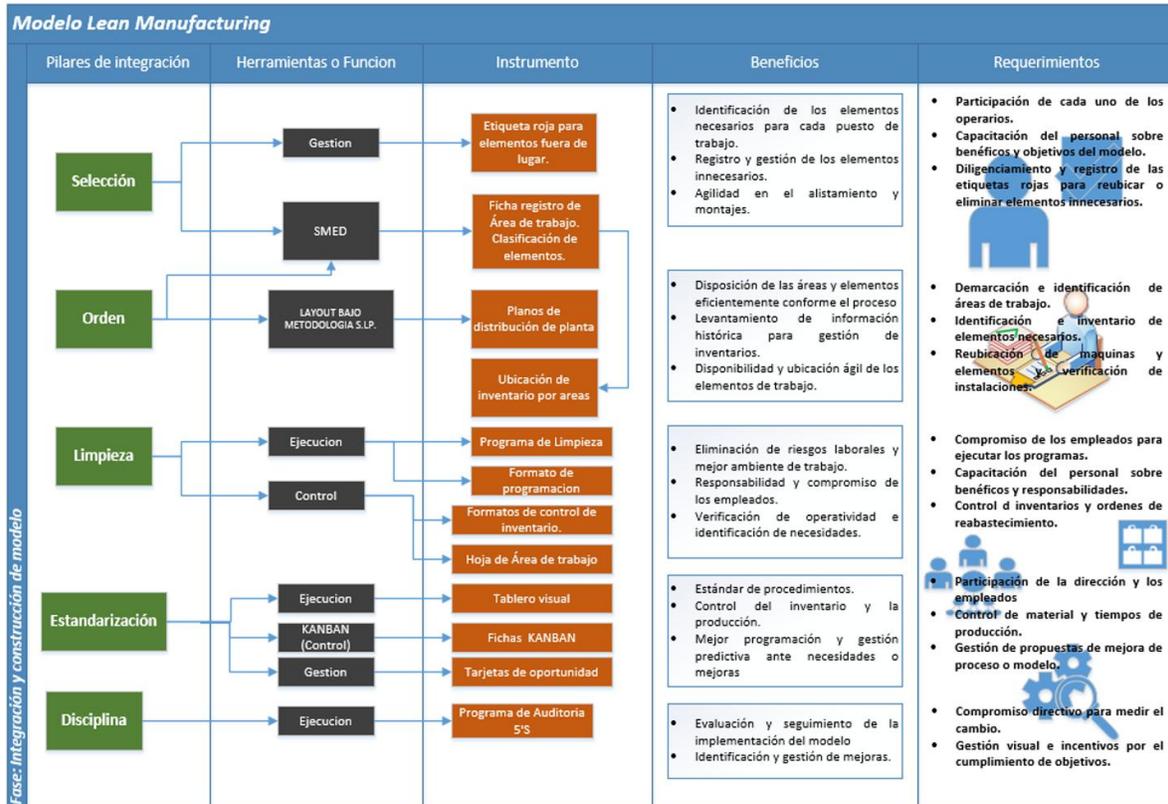


Ilustración 9: Mapeo de integración del modelo Lean Manufacturing.

Fuente: Propia

Para la gestión de los instrumentos y descripción de los pasos de implementación de los pilares se abrió una cuenta Google para este proyecto con un repositorio de Drive, para la disposición y gestión de los directivos de la empresa Autopartes y Cauchos Bogotá S.A.S. A continuación se relaciona la cuenta y los vínculos de acceso directo:

Cuenta: modeloleanmanufac.autopartes@gmail.com

Link acceso programa de limpieza: https://drive.google.com/open?id=0ByPb_K84thJHcnNkcGQwUJ3JCd28

Link acceso programa de Auditoria: https://drive.google.com/open?id=0ByPb_K84thJHQU5jWFhza2RHdW8:

En la ilustración 10 y 11 se muestran los programas de auditoria y limpieza que contienen los folios de registro, verificación y gestión mencionados en el modelo.



Ilustración 10: Programa de limpieza

Fuente: Propia

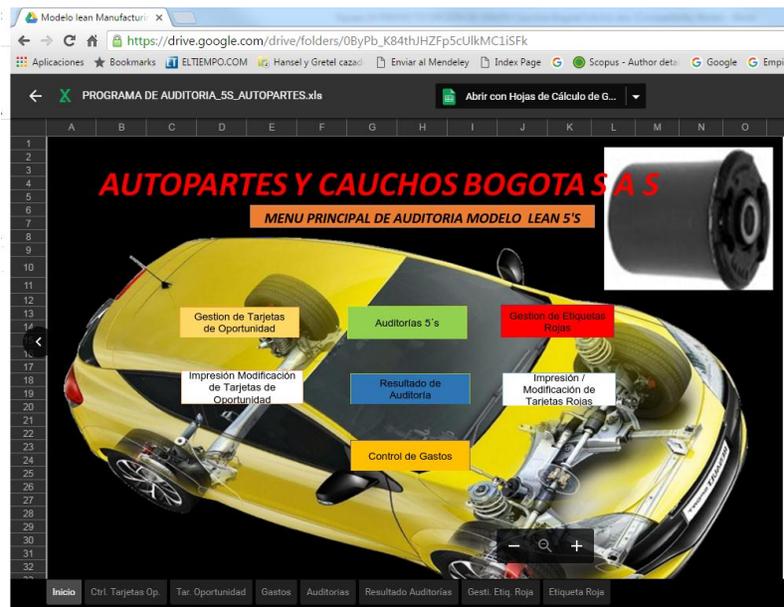


Ilustración 11: Programa de auditoria Modelo Lean 5'S

Fuente: Propia

Es importante el compromiso de la dirección de la empresa para lograr implementar e incentivar a sus empleados ya que este modelo se deberá aceptar como una cultura de la organización. Dado que la empresa es pequeña no se puede sugerir incentivos monetarios, pero se puede exaltar la labor del empleado y la gestión del grupo de trabajo

mediante carteleras de gestión visual, que permitan observar las mejoras y beneficios obtenidos.

Con la implementación se adquiere un compromiso con la gestión de los instrumentos sugeridos por el grupo de investigación, es importante crear el hábito del registro de las actividades en los correspondientes formatos, ya que esta información será el punto de partida para en un futuro mejorar aspectos de calidad y producción mediante aplicación de Lean Six sigma.

5.1.4 Discusión y conclusiones

La aplicación de la herramienta VSM en el diagnóstico de la empresa Autopartes y Cauchos Bogotá S.A. nos permitió delimitar en su estado ideal dos ciclos continuos de producción, el mecanizado y el vulcanizado, los cuales se conectan por medio de los procesos tercerizados de granallado y sulfurado que le brindan resistencia a las piezas permitiendo, esta disposición proyecta a futuro si se consideran las recomendaciones una reducción del 11% del Lead Time.

El VSM fue un punto de partida para mapeo de las actividades del proceso e identificación de sus desperdicios los cuales más tarde fueron procesados y tratados con otras herramientas de Lean Manufacturing como el SMED, Kanban y Layout; los cuales tuvieron como resultado una serie de recomendaciones para la disposición eficiente de los elementos, máquinas y áreas de trabajo dentro de la planta teniendo siempre en cuenta los ciclos dentro del sistema productivo.

El OEE (eficiencia general de los equipos) calculado en el VSM, nos permitió ver de manera cuantitativa la relación entre los tiempos de producción y operación, que se ven afectados por las pérdidas de calidad, rendimiento y planeación dentro del sistema productivo.

La aplicación del sistema 5'S nos permitió cumplir claramente dos objetivos; el primero al servir como instrumento de diagnóstico, permito tener una caracterización de la cultura y practicas organizacionales que actualmente se manejan en la planta, haciendo evidente la necesidad de aplicar urgentemente los principios de este sistema para eliminar el desorden. Por su parte el segundo objetivo que se alcanzo fue el estructurar un modelo fundamentado en los 5 pilares de esta herramienta, los cuales sirvieron como integradores frente a los resultados obtenidos del SMED; Kanban y Layout.

Es importante tener en cuenta que cuando se trata de crear un modelo de Lean Manufacturing se cuenta con una abanico de herramientas que permiten atacar diferentes aspectos de un sistema productivo, por lo cual su selección debe nacer de las necesidades prioritarias de la empresa y su aplicación debe ser guiada por las

experiencias de caso con las que podamos contar. No obstante son solo el punto de partida para la adaptación de los conceptos de estas herramientas al sistema de producción y a la cultura organizacional.

Una de las grandes barreras identificadas en esta empresa fue un cierto rechazo al manejo de los instrumentos de registro y control de las actividades e inventarios de cada área de trabajo y su posterior compartimentación de la información entre áreas. Por lo que para que la implementación de los instrumentos y programas que de este modelo se haga de manera exitosa se hace necesario concientizar a cada uno de los operarios que esto más que un modelo es una cultura organizacional que maximiza su eficiencia operativa facilitándole sus labores cotidianas.

Se deberá plantear un programa de capacitación sobre la metodología y los beneficios de la implementación del modelo Lean manufacturing a todos los empleados. Para lo cual se requerirá el compromiso y apoyo de la directiva de la empresa para habilitar los espacios dentro de la jornada laboral. Posterior a ello se deberán determinar los recursos y responsabilidades que se tendrán por parte del personal al momento de implementarlo.

Con la aplicación del Layout bajo la metodología S.L.P se logró plasmar 2 propuestas de distribución de planta que optimizan el uso del espacio disponible en la planta y delimitan cada zona o área de trabajo permitiendo el flujo dinámico de la producción. La implementación de esta herramienta plantea un aumento en la capacidad de producción debido a la inclusión de las máquinas que se encontraban en inventario.

Con el fin de garantizar la disponibilidad de los elementos en cada área de la planta como parte de la aplicación del SMED se deberá levantar un inventario de herramientas de toda la planta con el fin de que se asegure la disponibilidad de unidades y referencias para cada semana. Esto permitirá el re aprovisionamiento oportuno de las unidades faltantes. El mantener estos hábitos podría significar reducir los tiempos perdidos en la búsqueda y alistamiento de estos elementos hasta en un 30%.

REFERENCIAS

- [1] K. M. Arrieta Canchila, «Diseño de una metodología que relaciona las técnicas de manufactura esbelta con la gestión de la innovación: una investigación en el sector de confecciones de Cartagena (Colombia),» *Universidad & Empresa*, p. 17 (28), 2015.
- [2] S. S. & A. D. O. MEDINA, *Artist, Identificación y análisis de estrategias para el mejoramiento de los procesos de manufactura en las pymes del sector metalmeccánico de Bucaramanga y su*

- Area metropolitana..* [Art]. Universidad Industrial de Santander.
- [3] K. B. & H. C. D. S. (. Villacreses, Artist, *Implementación de una Metodología con la Técnica 5S para Mejorar el Área de Matricería de una Empresa Extrusora de Aluminio..* [Art]. Escuela Superior politecnica del Litoral.
- [4] M. J. C. R. J. C. G. R. & L. J. (. Wilches Arango, «Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el mejoramiento de la cadena de valor de una línea de producción de sillas para oficina,» *Dimens. empres. - Vol. 11 No. 1*, pp. 126-136, 2013.
- [5] J. DORBESSAN, *Las 5S, herramientas de cambio*, Buenos Aires: Editorial Universitaria de la UTN, 2006.
- [6] H. V. Rodríguez, *Manual de implementación del programa 5S*, Bucaramanga: Juan Carlos Martínez Coll., 2004.
- [7] A. F. Ortiz García, Artist, *Desarrollo de un plan de mejora que permita generar una filosofía de cultura de orden y limpieza basado en la metodología de las 5'S en el área de corte de la empresa Icoformas SAS.* [Art]. Universidad Católica.
- [8] S. S. M. L. & M. R. Y. L. (. Giraldo Sánchez, Artist, *Diseño de una metodología de implementación de lean manufacturing en una pyme (Momentos Classic).* [Art]. Universidad de San Buenaventura.
- [9] I. Serrano Lasa, Artist, *Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos..* [Art]. Universidad de Girona..
- [10] K. & D. L. C. (. Barcia, Artist, *Metodología para mejorar un proceso de ensamble aplicando el mapeo de la cadena de valor (VSM).* [Art]. Revista Tecnológica-ESPOL, 20(1).
- [11] B. V. & L. M. M. O. Celestino, «Reducción de los Tiempos de Cambio de Color en Líneas de Pintado de Láminas de Acero,» de *Sixth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, Tegucigalpa, Honduras, 2008.
- [12] J. R. G. & V. C. Mendoza, «Implementación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) como soporte al sistema Kanban en un proceso de fabricación de autopartes, bajo un enfoque de valoración y gestión del capital intelectual.,» *Revista SinnicO.*, 2009.
- [13] A. (. Cortés Izurdiaga, Artist, *Diseño de layouts en industrias de elaboración de piedra natural para una alta eficiencia operativa.* [Art]. Universidad de Almeria.
- [14] J. & H. R. (. Carrillo, Artist, *La industria de autopartes en el norte de México y el uso del Internet. In E-Commerce in Mexico-California Relations..* [Art]. The Anderson School, UCLA.

- [15] ANDI, «Páginas - Inicio (Industria Automotriz y Autopartes),» 2016. [En línea]. Available: <http://www.andi.com.co/cinau/Paginas/default.aspx>.
- [16] D. P. & B. S. P. P. Ballesteros Riveros, Artist, *Importancia de la administración logística. Scientia..* [Art]. Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.
- [17] O. Rincon, «Diagnostico 5'S Autopartes,» 28 Agosto 2016. [En línea]. Available: https://drive.google.com/open?id=0ByPb_K84thJHY05IbWgtNkhhUDQ.
- [18] P. J. Rincon Oscar, «Value Stream VSM Autopartes,» 28 Agosto 2016. [En línea]. Available: https://drive.google.com/open?id=0ByPb_K84thJHczBNRHpxQnl2ME0.
- [19] Grupo14, «Equipo 14 Proyecto opcion de grado,» 28 Agosto 2016. [En línea]. Available: https://drive.google.com/open?id=0ByPb_K84thJHam1ia2RYTXI5X0U. [Último acceso: 28 Agosto 2016].
- [20] R. C. C. Calva, VSM: Mapeo del Flujo de Valor. EVSM: Extendido para Cadena de Suministro., BOGOTA: Rafael Carlos Cabrera Calva, 2000.
- [21] K. C. P. P. & G. L. (. Benavides Colon, Artist, *Diseño e implementación de un programa de 5s en industrias Metalmecánicas San Judas Ltda.* [Art]. Universidad de Cartagena..