

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

Tema: MANUFACTURA ESBELTA PARA REDUCIR LOS
DESPERDICIOS EN UN TALLER DE MATRICERÍA

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de
Magíster en Producción y Operaciones Industriales

Modalidad de Titulación Proyecto de Desarrollo

Autor: Ingeniero Washington Alberto Gómez Cando

Directora: Ingeniera Jéssica Paola López Arboleda, Magíster

Ambato – Ecuador

2021

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Magíster e integrado por los señores: Ingeniero Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Magíster e Ingeniera Daysi Margarita Ortiz Guerrero Magíster, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica y Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “Manufactura Esbelta para Reducir los desperdicios en un taller de matricería” elaborado y presentado por el señor Ingeniero Washington Alberto Gómez Cando, para optar por el Grado Académico de Magister en Producción y Operaciones Industriales; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
Presidenta y Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: Manufactura Esbelta para reducir los desperdicios en un taller de Matricería, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Washington Alberto Gómez Cando bajo la Dirección de Ingeniera Jéssica Paola López Arboleda, Magíster, Directora del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Washington Alberto Gómez Cando

AUTOR

Ing. Jéssica Paola López Arboleda, Mg.

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Washington Alberto Gómez Cando

C.C. 1803577137

ÍNDICE GENERAL

Contenido	
PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
AGRADECIMIENTO	xi
DEDICATORIA	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
EXECUTIVE SUMMARY.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 General.....	2
1.3.2 Específicos.....	2
CAPÍTULO II	3
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	3
2.1 Marco Teórico	3
2.1.1 Filosofía manufactura esbelta [LM]	3
2.1.2 Siete desperdicios [muda] y pensamiento esbelto	4
2.1.3 Secuencia de movimientos [kata]	5
2.2 Estado del Arte	7

2.2.1	Manufactura esbelta.....	7
2.2.2	Industria 4.0	8
2.2.3	Reducción de productos defectuosos.....	9
2.2.4	Reducción de tiempo	10
2.2.5	Tarjetas visuales.....	11
2.2.6	Mapa de flujo de valor	12
2.2.7	Discusión de las investigaciones relacionadas	13
CAPÍTULO III.....		17
MARCO METODOLÓGICO.....		17
3.1	Ubicación.....	17
3.2	Equipos y materiales	17
3.3	Tipo de investigación	17
3.3.1	Cuantitativa.....	17
3.3.2	Descriptiva.....	18
3.3.3	Documental - bibliográfico.....	18
3.4	Población y muestra	18
3.5	Recolección de información.....	19
3.6	Procesamiento de la información y análisis estadístico	20
CAPÍTULO IV.....		21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		21
4.1	Descripción general del taller de matricería.....	21
4.2	Descripción específica del taller de matricería.....	22
4.3	Análisis de mantenimiento preventivo	24
4.3.1	Tipos de preventivos.....	24
4.3.2	Demanda histórica	24
4.4	Proceso del mantenimiento	26
4.4.1	Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo	26

4.4.2	Flujograma de actividades del mantenimiento	29
4.4.3	Flujograma de información actual	29
4.5	Parámetros de medición de manufactura esbelta	32
4.5.1	Descripción de indicadores actuales	32
4.5.2	Análisis de indicadores	33
4.6	Desperdicios y flujo de valor.....	39
4.6.1	VSM del estado actual	39
4.6.2	Cursograma sinóptico para mtto.....	40
4.6.3	Análisis de cumplimiento del tiempo estándar	50
4.6.4	Evaluación de habilidades	51
4.6.5	Análisis de uso de maquinaria	53
4.7	Propuesta de modelo de gestión de mejoras.....	54
4.7.1	Modelo GEMBA P ² CH	54
4.7.2	Programación.....	55
	Priorizar y distribuir trabajos	57
	Kick off	59
	Heijunka box	60
4.7.3	Proceso.....	61
	Método propuesto	61
	VSM del estado futuro	66
4.7.4	Calidad.....	67
	Auditorías en el gemba	67
	Revisión inicial de puntos críticos	71
4.7.5	Habilidades	72
	Sistema ILU	72
	Matriz de Polifuncionalidad.....	73
4.8	Comparación sistemas tradicional y P ² CH.....	74

4.8.1	Nivel de servicio	74
4.8.2	Tiempo de ciclo	76
4.8.3	Costos	78
CAPÍTULO V		80
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA		80
5.1	Conclusiones	80
5.2	Recomendaciones.....	82
5.3	BIBLIOGRAFÍA.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: HERRAMIENTAS DE LM.....	4
Tabla 2-2: SIETE DESPERDICIOS	5
Tabla 2-3: SOLUCIÓN DE PROBLEMAS TOYOTA	6
Tabla 2-4: DEFINICIÓN EN LM.....	14
Tabla 2-5: APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LM	14
Tabla 2-6: METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS.....	15
Tabla 3-1: UNIDAD DE OBSERVACIÓN.....	19
Tabla 4-1: PORCENTAJE DE OCUPACIÓN MENSUAL POR TIPO DE TRABAJO.....	23
Tabla 4-2: CLASIFICACIÓN DE MANTENIMIENTOS.	24
Tabla 4-3: DEMANDA MENSUAL POR TIPO DE MTTO.	24
Tabla 4-4: DETALLE DE INDICADORES.....	32
Tabla 4-5: CALIFICACIÓN 5S EN MATRICERÍA.....	34
Tabla 4-6: COSTOS PARA MTTO 8000.....	36
Tabla 4-7: COLORES DE TARJETAS KANBAN.	37
Tabla 4-8: KANBAN.	38
Tabla 4-9: CURSOGRAMA MTTO 8000 H.....	42
Tabla 4-10: IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE ACTIVIDADES.	49
Tabla 4-11: REGISTRO HISTÓRICO DE TIEMPOS.....	50
Tabla 4-12: CUMPLIMIENTO DE FUNCIONES MENSUAL.	52
Tabla 4-13: PRIORIDAD MANTENIMIENTOS.	58
Tabla 4-14: CHECK LIST PROPUESTO KICK OFF.	59
Tabla 4-15: CURSOGRAMA ACTUAL RECUPERADO HORMA MTTO 8000 H.	63
Tabla 4-16: CURSOGRAMA PROPUESTO RECUPERADO HORMA MTTO 8000 H.....	65
Tabla 4-17: OPERACIÓN ESTÁNDAR DE REVISIÓN DEL MOLDE 8000 H EN LA ESTACIÓN.....	71
Tabla 4-18: SISTEMA ILU MATRICEROS.....	73
Tabla 4-19: PORCENTAJE DE HABILIDAD MATRICEROS.....	74
Tabla 4-20: VARIACIÓN PORCENTUAL NIVEL DE SERVICIO.....	75
Tabla 4-21: REGISTRO DE NOTIFICACIONES TIEMPO CICLO.	76
Tabla 4-22: COSTO ACTUAL PARA MTTO 8000 H.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4-1: Mapa de procesos.....	21
Figura 4-2: Servicios brindados.	22
Figura 4-3: Porcentaje por tipo de trabajo acumulado.	23
Figura 4-4: Seguimiento de demanda histórica.....	25
Figura 4-5: Estación de trabajo.	26
Figura 4-6: Distribución máquinas taller de matricería.	27
Figura 4-7: Diagrama de flujo mtto 8000 H.....	28
Figura 4-8: Flujograma de actividades del mantenimiento 8000 H.....	30
Figura 4-9: Flujograma de información taller de matricería - actual.	31
Figura 4-10: Seguimiento al nivel de servicio.	33
Figura 4-11: Indicador 5S comparativo entre personal de matriceria.....	35
Figura 4-12: VSM actual mtto 8000 H.	41
Figura 4-13: Ratio de valor agregado.....	49
Figura 4-14: Porcentaje de cumplimientos de tiempo estándar.	51
Figura 4-15: Porcentaje cumplimiento de funciones.....	53
Figura 4-16: Gantt uso de máquina Fresadora.	53
Figura 4-17: Gantt uso de máquina Soldadora.....	54
Figura 4-18: Gemba P ² CH.	54
Figura 4-19: Casa Gemba.....	55
Figura 4-20: Flujograma propuesto para la programación del mantenimiento.....	56
Figura 4-21: Flujograma propuesto para el ingreso de pedidos.	58
Figura 4-22: Heijunka box.	60
Figura 4-23: Método propuesto- Análisis Gantt.	61
Figura 4-24: Diagrama propuesto para el mtto 8000 H.	62
Figura 4-25: VSM del estado futuro para el mtto 8000 H.	68
Figura 4-26: Flujograma propuesto revisión calidad.	70
Figura 4-27: Nivel de servicio mensual.	75
Figura 4-28: Comparación nivel de servicio mensual.....	76
Figura 4-29: Porcentaje de cumplimiento tiempo actual estándar.	77
Figura 4-30: Tiempo actual vs. tiempo propuesto.	77
Figura 4-31: Porcentaje de cumplimiento anterior vs. nuevo.	78
Figura 4-32: Comparación de costos mtto. 8000 H anterior vs. nuevo.....	79

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la empresa Plasticaucho Industrial S.A. por la apertura durante el desarrollo del proyecto. Expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición y protección llena siempre mi vida para alcanzar mis sueños y metas.

A mi madre que, a través de su amor, apoyo, comprensión, sus consejos, pero sobre todo agradecerle por su apoyo en todas las decisiones que he tomada a lo largo de mi vida.

A mis hermanos agradezco infinitamente que con sus palabras me hacían sentir su fuerza para seguir avanzando en el camino para cumplir mi sueño que me planteé.

A Kevin, un gran amigo a quien estimo tanto y a quien le debo su apoyo incondicional.

A la Ing. Jessica López, M.Sc. por la tutoría del presente trabajo investigativo quien con su dirección, conocimiento y enseñanza encierra un gran aporte y a la empresa Plasticaucho Industrial pues facilitó la información con la que se lleva a cabo el proyecto.

Washington Alberto Gómez Cando

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo está dedicado a Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento muy importante de mi formación profesional.

A mi madre Gloria Cando por ser el pilar más importante de mi vida y por demostrarme siempre su cariño y su apoyo incondicional.

A mi padre Miguel Gómez, a pesar que ya no está en este mundo, siento que esta siempre conmigo y aunque nos faltaron muchas cosas por seguir compartiendo juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para él como lo es para mí.

A mis hermanos Miguel, Walter y Edison por estar siempre presentes y apoyando moralmente durante todo este proceso.

Finalmente, a toda mi familia y amistades por el apoyo incondicional que de una u otra forma me acompañan en mis sueños y metas.

Washington Alberto Gómez Cando

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

TEMA:

Manufactura esbelta para reducir los desperdicios en un Taller de Matricería.

AUTOR: Ingeniero Washington Alberto Gómez Cando

DIRECTOR: Ingeniera Jéssica Paola López Arboleda, Magíster

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

- Diseño, materiales y producción

FECHA: 30 de Noviembre de 2020

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto propone el modelo GEMBA P²CH, que alude a que las mejoras se hacen en el gemba a través de cuatro pilares: programación, proceso, calidad y habilidades. Se realiza el levantamiento de la situación actual de un taller de matricería en el que se identifica el mantenimiento preventivo 8000 H como la actividad que abarca la mayor cantidad de procesos dentro del área, se encuentra que los principales desperdicios son esperas por materiales, desbalance en la distribución de actividades y el incumplimiento del tiempo estándar. Posteriormente, se propone las mejoras mediante un sistema estructural con resultados en el gemba, la aplicación del modelo es progresiva y sistémica. Las herramientas hacen que el proceso sea más eficiente, en cuanto a programación se integra reglas de priorización de mantenimientos y el flujo de información en el que se usa kick off y heijunka para que la comunicación de requisitos sea la adecuada. En el proceso se aplica el mapeo del flujo de valor actual y futuro que permite la identificación de la secuencia de actividades con mejor productividad. En calidad y habilidades, se estructura auditorías en el gemba con puntos de control críticos y el sistema ILU respectivamente. Los resultados muestran la aplicación exitosa del modelo con una disminución del 5,3% en el tiempo de entrega en los mantenimientos, 3% de incremento promedio al nivel de servicio y una reducción global del 42,45% al costo.

Descriptor: calidad, desperdicios, esbelto, mantenimiento, mapeo de cadena de valor.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

THEME:

Lean Manufacturing to reduce waste in a molds workshop.

AUTHOR: Ing. Washington Alberto Gómez Cando

DIRECTED BY: Ing. Jéssica Paola López Arboleda, Mg.

LINE OF RESEARCH:

Design, materials and production

DATE: November 30, 2020

EXECUTIVE SUMMARY

The present project proposes the GEMBA P²CH model, which refers to the fact that improvements are made in the gemba through four pillars: programming, process, quality and skills. A survey of the current situation of a tooling workshop is carried out in which preventive maintenance 8000 H is identified as the activity that covers the largest number of processes within the area, it is found that the main wastes are waiting for materials, imbalance in the distribution of activities and the breach of the standard time. Subsequently, the improvements are proposed through a structural system with results in the gemba, the application of the model is progressive and systemic. The tools make the process more efficient, in terms of programming, maintenance prioritization rules and the information flow are integrated in which kick off and heijunka are used so that the communication of requirements is adequate. In the process, the mapping of the current and future value flow is applied, which allows the identification of the sequence of activities with better productivity. In quality and skills, audits are structured in the gemba with critical control points and the ILU system respectively. The results show the successful application of the model with a 5.3% decrease in delivery time for maintenance, a 3% average increase in service level and an overall reduction of 42.45% in cost.

Keywords: lean, maintenance, quality, value stream mapping, waste.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Las herramientas de manufactura esbelta [LM] permiten eficientar el proceso, reducción de tiempos de operación, aprovechamiento de los recursos tanto humanos como máquina, mejora en los tiempos de entrega al cliente; permitiendo que sea atendido de manera oportuna sin generar paradas de producción (Alvarez et al., 2017; Ballesteros & Ibarra, 2017).

Es habitual visualizar talleres sin orden ni estandarización en sus operaciones, el taller matricero de Plasticaucho Industrial S.A. no es la excepción. Esto conlleva a que exista una deficiente gestión en los procesos administrativos, personal con baja productividad, ineficiencias y desperdicios en las actividades del área, reproceso de trabajos entregados, consumo excesivo de materiales y en consecuencia se tiene clientes completamente insatisfechos (Manzano Ramírez & Gisbert Soler, 2016).

Esta falta de aceptación de parte de los clientes internos ha desembocado en el consumo a proveedores externos que hacen el mismo trabajo que los operarios de la empresa por un costo alto a cambio de un tiempo de entrega menor (Coetzee et al., 2016). El desafío del taller de matricería que se dedica al mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos es brindar buen servicio y mejorar la entrega de trabajos a tiempo con el cliente interno (Arslankaya & Atay, 2015). El proyecto de investigación se enfoca en la reducción de desperdicios mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta.

En el capítulo I, se detalla la justificación y los objetivos. En el capítulo II se muestra los antecedentes investigativos con bibliografía existente para el desarrollo del estado de arte. En el capítulo III se explica la metodología que se utiliza para la recolección de la información. En el capítulo IV se determina herramientas de manufactura esbelta en el proceso en estudio para la evaluación y resultados obtenidos. En el capítulo V se muestra las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

1.2 Justificación

Debido a que la razón de ser de toda empresa es la obtención de ganancias, los procesos productivos deben buscar permanentemente una forma mejor y más rápida de hacer las cosas. En este sentido, la investigación introduce las herramientas de manufactura esbelta y se alinea a uno de los objetivos estratégicos de Plasticaucho Industrial S.A.; siendo, la búsqueda de la excelencia operativa.

Con la metodología del pensamiento esbelto se mejora la eficiencia, la calidad y el tiempo de entrega de trabajos hacia los clientes internos. La aplicación del análisis de desperdicio de producción fortalece el desarrollo de las actividades internas y se logra la disminución de gastos por consumos a terceros. El aporte de esta investigación eleva la competitividad del área, los costos de los trabajos se reducen y aumenta las habilidades de mano obra dentro del taller de matricería.

De esta manera la investigación reduce el tiempo de entrega de trabajos e incrementa las actividades que agregan valor para el proceso de mantenimiento de moldes, además pone énfasis en las habilidades de los matriceros; es decir, se aprovechan de mejor manera en el proceso. Las mejoras permiten al taller de matricería incrementar y elevar la participación en los procesos de la compañía.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Aplicar herramientas de manufactura esbelta para la reducción de desperdicios en un taller de matricería.

1.3.2 Específicos

- Analizar la situación actual de los procesos en el taller de matricería.
- Identificar los desperdicios generados en el taller de la empresa Plasticaucho Industrial S.A.
- Implementar mejoras mediante herramientas de manufactura esbelta que reduzcan los desperdicios.
- Analizar los resultados respecto al sistema tradicional comparado con el implementado.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Filosofía manufactura esbelta [LM]

La manufactura esbelta es una metodología para la fabricación que busca crear un flujo de producto optimizado y sin desperdicios a través del flujo de valor, que se define como todas las actividades, de valor agregado y sin valor agregado, necesarias para llevar un producto desde el concepto hasta el lanzamiento, lo que quiere decir desde la orden a la entrega. En el estado futuro final de la cadena de valor, cada producto fluye desde la materia prima hasta el artículo terminado hasta el cliente final sin paradas, interrupciones o demoras, y sin pasos o procesamiento sin valor agregado. En otras palabras, existe un inventario mínimo para impedir el flujo del producto, y no hay pasos en el proceso de producción que no agreguen valor (Baurguignon & Watson, 2016).

(Madariaga, 2019) menciona que LM es un paradigma que persigue la eficiencia del sistema productivo, sus fundamentos fueron desarrollados en Toyota por Taiichii Ohno en 1950 y 1975 con diferentes herramientas y metodologías para combatir las causas de las ineficiencias.

La cultura LM no es algo que empiece y acabe, es algo que debe tratarse como una transformación cultural si se pretende que sea duradera y sostenible. Es un conjunto de técnicas y métodos centradas en el valor añadido y en las personas donde que incide especialmente en la eliminación del desperdicio. En la Tabla 2-1 se menciona la lista de técnicas y métodos asimiladas a acciones de sistemas productivos como son: herramientas para el diagnóstico, herramientas consideradas operativas, herramientas de seguimiento, calidad en la fuente, sistemas de alerta de forma visual en procesos, etc., se puede decir que se complementan de forma flexible hacia la mejora continua en una empresa a corto, mediano y largo plazo (Hogg, 2013).

Tabla 2-1: HERRAMIENTAS DE LM

Descripción	Función
Mapa del flujo de valor [VSM]	Herramientas de diagnóstico
Cinco etapas [5'S]	Herramientas operativas
Cambio de herramientas el tiempo transcurrido [SMED]	
Mantenimiento productivo total [TPM]	
Sistema de tarjetas [KANBAN]	
Gestión visual	Herramientas de seguimiento
Indicador clave de rendimiento [KPI's]	
Factor Humano	Compromiso dirección, formación, comunicación, motivación, liderazgo.
Mejora continua [Kaizen]	Procesos estables y estandarizados, producción nivelada
Tiempo de ciclo de cliente [Takt Time]	Refleja el ciclo de producción que se necesita para que coincida la demanda.
Flujo continuo pieza a pieza [Sistema Pull]	Proceso de jalar y empujar
Separación hombre-máquina [Poka-Yoke]	Evitar errores en la operación de un sistema.
Sistema de control [ANDON]	Sistema utilizado para alertar de forma visual de problemas en un proceso
Justo a Tiempo [JIT]	Pieza correcta, en la cantidad correcta, cuando se necesita.
Automatización con un toque humano [JIDOKA]	Calidad en la fuente, haciendo los problemas visibles.

Fuente: (Hogg, 2013)

2.1.2 Siete desperdicios [muda] y pensamiento esbelto

Desde una perspectiva más general por su parte señala que un desperdicio, muda o despilfarro es cualquier actividad realizada dentro de un proceso que absorbe recursos y o agregan valor, es decir cosas que si deben hacer y cosas que no deben hacer, entender esta definición es muy importante a la hora de juzgar y catalogar nuestros procesos (LeanSis Productividad & Ecoembes, 2017). Es parte de una ideología donde el principal propósito es hacer solo lo importante o lo que agrega valor, dentro del mantenimiento industrial al igual que los procesos de manufactura se pueden identificar desperdicios que no agregan valor, es lo que realmente mantiene vivo el negocio, el cuidado y mejora es la principal ocupación de todos los actores involucrados en el proceso (Maintenance, 2020).

De esta manera explica que existe un poderoso antídoto para el muda: el pensamiento esbelto, este proporciona un método para especificar valor, alinear las acciones creadoras de valor de acuerdo con la secuencia óptima, es decir proporciona un método de hacer más con menos esfuerzo humano, menos equipamiento, menos tiempo y menos espacio, al tiempo que se acerca más a ofrecer a los clientes proporcionando un método para crear nuevo trabajo, en lugar de simplemente destruir puestos de trabajo en nombre de la eficiencia, en la Tabla 2-2 menciona los siete desperdicios del LM (Womack & Jones, 2003).

Tabla 2-2: SIETE DESPERDICIOS

Desperdicios	Descripción
Sobreproducción	Hacer más de lo necesario.
Transporte	Ir de aquí para allá.
Esperas	Secuencia de trabajo o un proceso ineficiente.
Sobre procesamiento	Mantenimiento preventivo con pasos innecesarios.
Inventario	Exceso de refacciones y consumibles.
Movimientos	Movimientos que no agregan valor
Defectos	Mantenimiento realizado inadecuadamente.

Fuente: (Womack & Jones, 2003)

2.1.3 Secuencia de movimientos [kata]

El pensamiento científico es tal vez el mejor método disponible para avanzar a través de territorios impredecibles, desconocidos y complejos, porque nos hace más adaptables y creativos frente a la incertidumbre. La Cultura Toyota Kata menciona cómo expandir la práctica individual de la Kata de Mejora y la Kata de Entrenamiento a lo largo de toda una organización, para crear capacidades de pensamiento científico a través de ello posibilita el trabajo en equipo, y su práctica es la base del desarrollo de habilidades y de una cultura adaptativa (Rother & Aulinger, 2018).

Los componentes más importantes es la guía de práctica para liderar y desarrollar profesionalmente a las personas aprovechando al máximo su inteligencia y capacidades y llevar una organización al máximo nivel y mantenerla allí, es a través de influir en el modo de pensar, actuar y reaccionar de todos sus miembros, incluido usted. En diferentes organizaciones existe una frustración tácita a causa de la brecha que hay entre los resultados deseados y lo que realmente sucede. En la Tabla 2-3 muestra los siguientes pasos a la solución de los problemas en la práctica Toyota, es

muy importante analizar: ¿Cuál es el estado objetivo? (el desafío), ¿Cuál es el estado real ahora? ¿Qué obstáculos le impiden ahora alcanzar el estado objetivo? ¿De cuál se está ocupando ahora? ¿Cuál es el próximo paso? ¿Cuándo podemos ir a ver lo que hemos aprendido de este paso? (Rother & Benavent, 2017).

Tabla 2-3: SOLUCIÓN DE PROBLEMAS TOYOTA

Pasos	Descripción
1. Detectar el problema: Conciencia del problema	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar el problema prioritario
2. Comprender la situación (ir a ver)	<ul style="list-style-type: none"> • Aclarar el problema <ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué debería estar ocurriendo? - ¿Qué está ocurriendo en realidad? - Descomponer el problema en problemas individuales, si es necesario. - Si es necesario, utilice medidas provisionales para frenar el suceso anormal hasta que pueda abordar la causa de fondo. - Localice el punto dónde se encuentra la causa del problema. No investigue la causa hasta que se encuentre dicho punto. - Identifique la tendencia del suceso anormal en el punto dónde se encuentra la causa.
3. Investigar las causas	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y confirmar la causa directa del hecho anormal. • Llevar a cabo la investigación con las 5preguntas para crear la cadena de relaciones de causa/efecto hasta la causa de fondo. • Detenerse en la causa de la que hay que ocuparse para impedir la reaparición del problema.
4. Establecer y testar contramedidas	<ul style="list-style-type: none"> • Emprender una acción concreta dirigida a la causa de fondo. • Tratar de cambiar solamente uno de los factores cada vez, para poder determinar la existencia de correlación. • Emprender una acción concreta dirigida a la causa de fondo. • Tratar de cambiar solamente uno de los factores cada vez, para poder determinar la existencia de correlación.
5. Seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar y confirmar los resultados. • Estandarizar la contramedida eficaz. • Reflexionar: ¿Qué hemos aprendido durante este proceso de solución de problemas?

Fuente: (Rother & Benavent, 2017)

2.2 Estado del Arte

En relación con el tema de la investigación la revisión de la literatura se realiza mediante las perspectivas de la manufactura esbelta, industria 4.0, reducción de productos defectuosos, reducción del tiempo, tarjetas visuales y mapa de flujo de valor. A continuación, se explica cada fragmento citado de los siguientes artículos científicos seleccionados.

2.2.1 Manufactura esbelta

En la perspectiva que aquí presentan es como una necesidad de las compañías se adapte al cambio y mejoren la efectividad de sus procesos, la filosofía LM tiene varias vías que ayudan a extinguir el llamado desperdicio. La implementación de la metodología en el caso de estudio menciona que aumentó la tasa de fabricación en un 42.08%, a través del uso de las herramientas más usadas del LM como es el cambio de Matriz en menos de 10 minutos [SMED] y técnicas de mantenimiento preventivo, que ayudan a la estandarización de los tiempos de cambio de las máquinas a través de un indicador de Efectividad Total de los Equipos [OEE]. El resultado que obtuvieron es un incremento significativo en la eficacia del 77% al 85% aumentando de 8 a 8.8 piezas por hora (Poves-Calderno et al., 2019).

(Manzano Ramírez & Gisbert Soler, 2016) en su estudio establecen a la herramienta 5'S como la base para aplicar las demás herramientas que tiene LM; en toda empresa tiene como objetivo eliminar desperdicios o mudas y proporcionar un entorno de trabajo limpio y ordenado, los resultados son inmediatos ayudando a optimizar la eficiencia en los procesos y un impacto visual en la organización. El personal puede detectar en su puesto de trabajo que se puede mejorar y contribuir a la disminución en costes y una calidad en los productos.

En efecto demuestran que la implementación de técnicas de gestión de mantenimiento y herramientas de manufactura esbelta (métodos de 5'S y mejora) ayuda a la eliminación de pérdidas a las averías de los equipos, el objetivo del Mantenimiento Productivo Total [TPM] es mejorar el rendimiento operativo y reducir la variabilidad. Con una buena planificación, programación y aplicación proporciona la continuidad

de la producción, reduciendo las paradas en las máquinas, el costo de producción, aumentando el rendimiento y la calidad del producto (Arslankaya & Atay, 2015).

(Shafeek, 2019) en su análisis señala, que las organizaciones pueden transformar de una producción tradicional a una metodología de manufactura esbelta, por medio de la implementación de herramientas como Modelo de Flujo de Producción “Tirado” o “Exigido”, Participación del Cliente, Participación del Proveedor, Limpieza, A prueba de Errores, SMED, TPM, Trabajo Estandarizado, Mejora Continua, Liderazgo y Gestión de Recursos Humanos [HRM]. La aplicación del caso arroja alrededor de un 28.7% sobre las áreas de proceso de fabricación sugeridas.

Cabe resaltar las dificultades que tienen las pequeñas y medianas empresas [PYME] el querer implementar LM, para ello elaboran una valoración dual centrada primero en las características claves y luego en los principios de gestión de LM. Estas disecciones sugieren que las percepciones de liderazgo, destreza y toma de decisiones son cruciales al implementar la metodología (Moeuf et al., 2016).

2.2.2 Industria 4.0

Si bien es cierto los desarrollos de los modelos LM e Industria 4.0, no son similares y ni compiten simplemente son modelos que complementan y fortalecen principalmente a la integración en el escenario industrial. La Industria 4.0 a través de innovaciones tecnológicas la relación entre la automatización, tecnología de control y sistemas de producción para la elaboración en masa contribuyen a que las gerencias logren objetivos sostenibles, mejorando un ambiente de trabajo y la moral de cada uno de los empleados, obteniendo entregas en menor tiempo, productos personalizados y de mejor calidad (Kamble et al., 2020).

(Ramadan et al., 2020) llevan a cabo un estudio sobre la programación y despacho inteligentes basados en lean para un laboratorio de la Universidad de King Saud, mencionan que los ámbitos del LM se enfrentan a una muerte inevitable, Industria 4.0 puede integrarse con herramientas lean para evitar su fin, para lo cual se hace un Mapeo Dinámico de Flujo de Valor [DVSM] la creación de una plataforma de Módulo de Programación y Despacho en Tiempo Real [RT-SDM] se ejecuta en DVSM. Esta

herramienta les ayuda a rastrear el flujo de los productos entre el mundo físico y lo virtual generando la reducción de desperdicio entre lo programado y lo despachado.

De esta manera proponen la integración entre los conceptos de Industria 4.0 y LM, por medio de una matriz de relación aplicar cada uno de los cinco cimientos de LM con los atributos de Industria 4.0. A través de esta integración se obtiene 22 puntos de sinergia que son representados en diagramas propuestos. Los diagramas son representados de manera visual donde explica la relación de cada principio y atributo, es decir se puedan fusionar y colaborar mutuamente desde una perspectiva de integración holística (Valamede & Santos Akkari, 2020).

2.2.3 Reducción de productos defectuosos

En este sentido se comprende que los mercados son exigentes y competitivos, deben reestructurar los flujos de sus procesos, enfocando en la mejora continua, La implementación de herramientas ayudan a la reducción y eliminación de desperdicios, mejorando el costo y la calidad del producto, el esfuerzo humano y el tiempo de fabricación. El método utilizado en el estudio son Mejora individual y VSM basado en computadora para mejorar los rendimientos de producción (Dhiravidamani et al., 2018). (Farfan-Meza et al., 2019) por su parte investigan internamente una empresa de manufacturera los inconvenientes de productos no conformes, para ello implementaron herramientas de LM por medio de un modelo de variación de tiempos y temperaturas, aplicaron tiempos de limpieza en el acabado del producto final. Los resultados obtenidos son reducción del 6% de los productos no conformes, una disminución del 10% en reclamos y una reducción del 6% en reprocesamiento.

(Huarhua-Machuca et al., 2019) proponen la utilización de herramientas 5'S y SMED para reducir la cantidad de defectos en una fábrica de electrodos. La indisciplina y los periodos de inactividad que tienen en sus procesos no han sido regulados, para resolver estos problemas conocidos como muda se enfocaron en las áreas que interfieren en los procesos y no agregan valor, este análisis les permitió una reducción de un 11,23% mejorando la reducción de los plazos de entrega entre el pedido del cliente y el envío del pedido.

Dentro de este marco investigan los inconvenientes de devolución de envíos a despachar en una empresa de consumo masivo, los índices más relevantes son ventas perdidas, pedidos fuera del tiempo, pedidos inconclusos y pedidos que llegan en mal estado. En su análisis utilizaron a través de tres etapas las técnicas de almacenamiento esbelto: 'crear estabilidad', 'crear flujo' y 'hacer flujo' en el almacén. Con la aplicación de esta metodología se logra disminuir de cinco horas a tres horas los tiempos de recolección, pedidos no atendidos debido a la falta de stock del 28.64% al 22%, y pedidos no conformes por vencimiento del 25.5% al 20%, mejorando el beneficio bruto de la entidad (Bonilla-Ramirez et al., 2019).

2.2.4 Reducción de tiempo

Ahora bien quienes en este caso proponen un sistema de integración de herramientas de LM en una industria automotriz, el despliegue de las herramientas LM les ha generado un potencial halagador contribuyendo a la reducción del tiempo y la mejora continua en sus procesos, acuñando unos nuevos términos: excelencia empresarial y pensamiento esbelto ayudando a la división en un alto escalón, mejorando los indicadores, el periodo de entrega y defectos en la productividad (Roth et al., 2019).

(Arevalo-Barrera et al., 2019) llevan a cabo otro caso de estudio es identificar que pueden mejorar en el interior de una empresa dedicada a la fabricación de ladrillos. El problema principal es los altos niveles de reprocesamiento y tiempos de espera, a través de herramientas LM en el ensayo partieron de la causa raíz proponiendo herramientas como a prueba de errores, automatización con un toque humano, TPM y SMED, aumentando de 62.81 kg / min a 91.48 kg / min, y la eficiencia de 81% a 84.3%. El margen bruto de la empresa aumentó de 14% a 36.7%, siendo un resultado bastante bueno para la compañía.

(Kane et al., 2015) por su parte proponen un tratamiento con un grupo multidisciplinario cautivar la atención médica en el servicio de urgencias de los pacientes en menor intervalo. Mediante un modelo Sistema de Producción Toyota [TPS] las tareas encomendadas se completan con menor cantidad de procedimientos o número reducido de procesos sin embargo manteniendo la calidad del servicio. El estudio menciona con el Sistema operativo Stanford [SOS] conformaron cerca de 20

personas clínicos a un costo 350 horas durante un período de 2 años con un crecimiento del 7% en volumen sin aumentar el recurso del departamento

Por consiguiente, presentaron en su análisis perfeccionar la cadena de valor en una fábrica dedicada a la distribución, para ello el analizar actividades que no agregan valor en el flujo es el reto del proyecto. Mediante este ajuste en la cadena de valor su Indicador Clave de Desempeño [KPI] en sus centros de distribución la gestión de los pedidos y tiempos de entrega mejoraron (Xiong et al., 2019). . (Trojanowska et al., 2015) tratan es su investigación los resultados de diversos métodos empleados para la minimización del tiempo en las maquinarias de una empresa de producción polaca dedicada a productos de tableros de fibra. A través de la implementación de varias herramientas lean redujeron en un 50% los tiempos de cambios mediante capacitaciones y aportaciones de los empleados.

Dentro de este orden de revisión en este caso proponen mejorar el rendimiento del proceso de fabricación en una empresa de caucho con herramientas de LM. Mencionan que para calcular los desperdicios de fabricación se utilizó la Matriz de Relación de Residuos [WRM] y un Cuestionario de Evaluación de Residuos [WAQ], para el análisis de flujo de valor [VALSAT] se aplicó esta herramienta y para determinar las causas de los desperdicios el diagrama de espina de pescado. A través de este método de Análisis de Efecto y Modo de Falla [FMEA] de igual manera se obtenía para la identificar y desarrollar los planes de acción. Con un mapeo de las actividades del proceso [PAM] consiguieron detectar actividades que no agregaban valor y poder mejorar en sus procesos (Amrina & Andryan, 2019).

2.2.5 Tarjetas visuales

En lo que sigue presentan el desarrollo de una herramienta llamada tarjetas visuales que ayuda al proceso de fabricación a ser más flexibles. Este tipo de método implantado en una empresa menciona que es efectivo, ataca a la reducción de desperdicios, utilización de los recursos y control para el almacenamiento de inventarios (Agarwal & Agrawal, 2020). (Caballero-Barrera et al., 2019) en cuanto a su investigación, proponen la implementación y la validación de un sistema de control tarjetas visuales en una empresa dedicada a la fabricación de cocinas que les permita

controlar el inventario. El alto índice de trabajo en proceso [WIP] genera un cuello de botella provocando un flujo deficiente. Mediante un plan piloto la aplicación de las tarjetas visuales arrojó los siguientes resultados: antes de la mejora un valor de \$ 53,272 y después de la mejora con un valor de \$ 5,438 refiriendo a los costos mensuales de almacenamiento y mantenimiento.

2.2.6 Mapa de flujo de valor

(Ribamar et al., 2020) llevan a cabo en su estudio proponer el uso de VSM y formar pensamiento esbelto en una empresa termoplástica. A través del mantenimiento generar valor y desencadenen los procesos. Mencionan que el VSM es una herramienta poderosa para implementar en el Mantenimiento esbelto permitiendo que cada proceso sea entendible y continúen con la mejora continua. En efecto estas herramientas logran establecer parámetros de control en las actividades de valor, además, facilita la manera de comprender el proceso, definir que zonas no deben detenerse y cuales se deben tener mayor control, por lo tanto, estas herramientas facilitan la operación en cada actividad o proceso.

En relación con el anterior caso, en este estudio, en una fábrica de cableado eléctrico donde de igual manera proponen la utilización de un modelo VSM que permita identificar los lapsos de espera entre actividades que no agregan valor [NVA] es decir transporte innecesario dentro del proceso. Con el enfoque Planificar, Hacer, Verificar, Actuar [PDCA] identificar las tareas que agregan valor, reducir o eliminar tareas que NVA para continuar con la mejora continua a través de un comparativo entre diferentes plataformas de distribución y simular desde la empresa matriz con el software FLEXSIM (El Kihel et al., 2019).

Otro caso de estudio presenta un enfoque con la metodología LM, evaluar el flujo de los procesos y el nivel de residuos existentes. El caso de estudio muestra cómo usar VSM y Diagramas de Identificación de Residuos [VSM+WID], esta metodología fue aplicado en una empresa de fabricación de corte de cuero obteniendo los siguientes resultados: el tiempo de rendimiento disminuyó en un 68%, permitiendo entregas más rápidas y mejorando la relación del valor agregado en un 197%. El valor agregado del personal operativo aumentó de un porcentaje inicial de 30% a un porcentaje final de

37%. Con esta metodología se identifica los desperdicios y demoras en los procesos y tomar decisiones acertadas (DInis-Carvalho et al., 2018).

(Faisal, 2018) en su caso de estudio de igual manera propone un análisis del estado actual de una empresa mediante la utilización de VSM y generar un VSM de estado futuro. Menciona en este estudio que se validó empíricamente los resultados por medio de simulaciones tiempo medio, sistema tarjeta visuales, longitud de la línea de producción y reproceso obteniendo resultados positivos. La simulación predictiva del VSM menciona que al ser una herramienta analítica puede adecuarse a PYME y mejorar su competitividad.

De igual importancia proponen en una empresa de calzado un modelo de implementación de LM partiendo de un método de fabricación definido Teoría de Restricciones [TOC]. El caso de estudio menciona que el objetivo es reducir los tiempos de entrega y los inventarios generados en los diferentes procesos. Para ello realizan un análisis de las actividades que agregan y no agregan valor en el VSM del estado actual, y luego desarrollar el VSM del estado futuro a través de la relación del estudio de restricciones y el inventario del TOC, Halar y el Tiempo Medio (Alvarez et al., 2017).

(Antosz et al., 2016) asimismo proponen mejorar la atención medica en una clínica de cardiología. En el siguiente caso de estudio aplicaron VSM para identificar las actividades al que denominaron familia de servicios; donde describen todos los síntomas específicos. La propuesta de un Mapa de Flujo de Valor de Estado Futuro [FS-VSM] ayudo que la atención médica y la espera de pruebas de los pacientes fueran de forma ordenada y en menor tiempo, sin embargo, para tener mejores resultados se apoyaron con otras herramientas conocidas como 5'S y sistemas informáticos para el registro de los pacientes.

2.2.7 Discusión de las investigaciones relacionadas

De la Tabla 2-4 se infiere que LM es una metodología enfocada a la reducción de desperdicios, se enfatiza que LM ayuda a mejorar el desempeño y flujo del proceso con tiempos de ciclo más cortos. Esto ayudará a establecer parámetros de control en

los procesos productivos, definir estándares de capacidad de máquinas y líneas de producción, además, lograr mantener un equilibrio en la producción y evitar que los tiempos de producción sean considerables, lo que permite a las compañías contar con ventajas competitivas a mediano y largo plazo.

Tabla 2-4: DEFINICIÓN EN LM

Autor	Definición en LM
Ghobadian et al.	LM produce cambios importantes que dependen de una combinación diferente, sean estos de innovación administrativa, de procesos y de rutina.
Ballesteros & Ibarra	La filosofía LM es muy utilizada en una empresa lo importante es comprender y conocer las herramientas con el objetivo de eliminar los desperdicios.
Araya & Avalos	Para el incremento de la producción, con LM ayuda a entender los flujos de trabajo y proponer mejoras en los procesos.
Terra & Berssaneti	El modelo LM es ampliamente utilizado para mejorar la productividad, eliminar desperdicios y reducir costos de fabricación en las industrias.
Yadav et al.	Las prácticas de LM ofrecen ventajas competitivas, mejoras en la calidad del producto, la productividad, salud y seguridad de los trabajadores y la satisfacción del cliente.

En la Tabla 2-5 se puede inferir que VSM junto con 5S es la herramienta más aplicada, los autores consideran que 5S es la base de LM ya que una planta ordenada y limpia puede visibilizar la oportunidad de mejora. SMED también es muy útil ya que ayuda a reducir los tiempos de configuración. Los estudios sobre poka-yoke no son muy extensos, se puede decir que cada investigador se concentra en herramientas LM que se adaptan a cada proceso según las necesidades de mejora de las industrias.

Tabla 2-5: APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LM

Autor	5S	SMED	KANBAN	VSM	POKA YOKE	TPM
Álvarez et al.			x	x		
Poves et al.	x	x				x
Manzano et al.	x			x		
Roth et al.		x	x		x	
Arévalo et al.	x	x			x	x
Agarwal & Agrawal			x			
Kihel et al.		x		x		
Ribamar & Ribeiro				x		
Faisal				x		

En la tabla 2-6 de los autores revisados, se identifica que diagramas como VSM son de gran utilidad para la visualización completa del proceso, algunos autores integran VSM con otras herramientas como la identificación de residuos e incluso se aplica en áreas de mantenimiento, haciendo que El análisis de los investigadores es más dinámico y al mismo tiempo enfocado con la metodología LM.

Tabla 2-6: METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS.

Autor	Método	Aplicación
Alvarez et al.	Model from TOC to Lean	Parte de un sistema de producción definido con buffer de inventario de TOC y lo integra con la reducción de lead time de LM a través de VSM
Dinis-Carvalho et al.	Reducción de desperdicios	Propone la aplicación de Diagramas de identificación de desperdicios a partir de los conceptos de VSM.
Aimrina & Andrian	Reducción de desperdicios	La metodología consta de dos etapas: Matriz de relación de residuos (WRM) y Cuestionario de evaluación de residuos (WAQ) se utilizan para identificar los residuos en el proceso de producción de caucho. WRM se aplica para determinar la relación entre desechos, mientras que WAQ se usa para invalidar la relación de desechos y clasificar los desechos.
Ribamar & Ribeiro	Mapeo de la cadena de valor para mantenimiento	Analizan mejoras en los procesos de mantenimiento a través del VSM, en este enfoque se integran conceptos con tiempo medio para reparar y tiempo medio para reparar.

De los estudios que se analizan en esta investigación se encuentra que las implementaciones de Lean en su mayoría se realizan de forma sistemática; es decir, parten de herramientas simples como 5'S y continúan con herramientas de gestión y generación de flujo de valor, hasta la implementación de sistemas de producción completos que se basan en la mejora continua. Se observa que el 24% de los autores parten del análisis de indicadores que evalúan el grado de implementación de las

herramientas LM, los resultados muestran que las compañías tienen un mayor nivel de desarrollo en 5'S y por lo general aplican SMED.

En esta investigación se identifican autores que desarrollan casos de estudio que abarcan conceptos de LM, en sus enfoques se mencionan que el estudio inicial en Lean parte del mapeo de la cadena de valor en el que se evalúa el lead time total de la línea de producción, a este mapeo se debe complementar con identificación de muda que permite observar cuál es el porcentaje de agregación de valor. Por lo general, se encuentra que el tiempo de valor agregado es aproximadamente 5% y el restante se reparte entre actividades necesarias que no agregan valor y actividades innecesarias o mudas. Con este mapeo inicial, se estructura y planifica los cambios a implementar que deben basarse en el uso de herramientas como: one piece flow, heijunka, jidoka, smed, tpm, kanban. Estos cambios se mapean en un estado futuro y las mejoras se hacen de acuerdo a su planificación.

Las tendencias recientes relacionadas a industria 4.0 representan un reto importante para la filosofía LM, las empresas que en su mayoría tienen procesos manuales encuentran que la tecnificación mejora sustancialmente los resultados en sus líneas de producción. Este enfoque hace que en repetidas ocasiones pierdan de vista la integración que puede existir entre estos dos conceptos. Con la industria 4.0 la adquisición de datos en tiempo real permite a las compañías contar con ambientes dinámicos de producción y en este contexto las herramientas de LM pueden obtener ventaja generando mayor impacto en las mejoras.

Se identifica en esta investigación que LM en su mayoría se aplica en ambientes productivos; sin embargo existen hallazgos potenciales para integrar el VSM con enfoque en mantenimiento, es decir, entender completamente el flujo del mantenimiento y poder obtener datos del tiempo de preparación [MTTO], tiempo de intervención [MTTR], tiempo de testeo [MTTY], esperas entre procesos, número de operarios por proceso, tiempo disponible, calidad, nivel de servicio, tiempo de mantenimiento [MMLT]. Sin duda esto representa un alcance de herramientas de LM hacia otros ambientes y la amplitud del conocimiento en este campo de estudio.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

La investigación se realizó en el taller de matricería de Plasticaucho Industrial S.A. de la ciudad de Ambato.

3.2 Equipos y materiales

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Computadora
- Tablero soporta hojas
- Cámara de fotos
- Cronómetro
- Impresora
- Software de diagramación Microsoft Visio

3.3 Tipo de investigación

3.3.1 Cuantitativa

El tipo de la investigación es cuantitativo puesto que se planteó el problema con su objetivo y pregunta; así: aplicar herramientas de manufactura esbelta para la reducción de desperdicios en un taller de matricería y ¿reduce el desperdicio en un taller de matricería aplicando herramientas de manufactura esbelta? adicionalmente se revisó estudios recientes de manufactura esbelta, industria 4.0, reducción de desperdicios, reducción de tiempo y mapas de flujo. Con la revisión de literatura y diferentes criterios de varios autores se seleccionó la teoría que cuenta con las características de adaptabilidad en el proceso.

Como primer paso se diseñó un diagrama de flujo del mantenimiento preventivo, se describió los tipos de trabajos que se puede presentar para el mantenimiento, se describió los indicadores actuales en la matricería y se determinó parámetros de medición esbelta. Como segundo paso se analizó el mantenimiento con mayor

demanda, se realizó un análisis detallado del proceso para el mantenimiento de mayor demanda, se levantó un registro histórico del cumplimiento del tiempo real notificado vs teórico y se evaluó el impacto de la habilidad del matricero vs el tiempo. Finalmente se desarrolló un modelo de trabajo basado en cuatro áreas de enfoque, programación, proceso, calidad y habilidades utilizando varias herramientas de manufactura esbelta.

3.3.2 Descriptiva

El enfoque de la investigación es descriptivo donde se pretendió resaltar las características más importantes del objeto de estudio, además describir las prácticas que se pueden implementar para disminuir los desperdicios en el taller de matricería a través de herramientas de manufactura esbelta.

Se analizó el mapa de flujo de toda la línea, además se identificó los tipos de mantenimiento y su flujo del proceso, se determinó parámetros de medición esbelta, se describió los desperdicios de producción a través del análisis de valor y se desarrolló un modelo de trabajo.

3.3.3 Documental - bibliográfico

La modalidad de la investigación es documental - bibliográfica, se inició con el entendimiento de la teoría a estudiar, esta actividad es primordial para poder definir los criterios de búsqueda, selección de artículos, revistas y diferentes libros de expertos en LM sobre los principios que se usan en esta metodología.

El análisis abarcó desde LM hasta la integración de otros conceptos como es industria 4.0. Las fuentes de búsqueda principales fueron IEEE Xplore Digital y Google scholar. La búsqueda de artículos fue 100% electrónica y los filtros que se aplicó son el año de publicación, el nivel de relevancia y el medio de publicación (journal and conference proceedings).

3.4 Población y muestra

Para este caso, la población de estudio se realizó en el taller de matricería de la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

Tabla 3-1: UNIDAD DE OBSERVACIÓN.

Proceso	Número de Personas	Porcentaje
Subgerente taller	1	5,56%
Jefe Taller	1	5,56%
Asistente Taller	1	5,56%
Supervisor Taller	1	5,56%
Diseñador CAD/CAM	1	5,56%
Matriceros	13	72,22%
Total	18	100,00%

Al ser un número de elementos menor a 100, se trabajó con todo el universo sin que sea necesario determinar una muestra representativa.

3.5 Recolección de información

En función de lo planteado para alcanzar los objetivos de la investigación se realizó a través de métodos y técnicas que se enuncian a continuación: para el análisis de la situación actual se adoptó la observación y descripción directa del proceso del mantenimiento de los moldes conjuntamente con personal de la matricería en cada estación de trabajo, para la recolección de los datos se ingresó a la información que posee el taller de la empresa Plasticaucho Industrial S.A. sobre los tipos de mantenimientos preventivos y el registro del indicador de nivel de servicio del taller matricero.

Además, para la identificación de los desperdicios generados en el taller se empleó la información del sistema SAP sobre el histórico del mantenimiento preventivo con mayor demanda, también el proceso detallado para el mantenimiento de los moldes, de igual manera el histórico del cumplimiento tiempo real notificado vs trabajos planificados y el impacto de la habilidad del matricero vs el tiempo de las actividades en sus horas laborables. Se utilizó videos, grabaciones, información de artículos, revistas y diferentes libros en LM para la implementación de la mejora y por ende obtener el análisis de los resultados partiendo la investigación desde el segundo trimestre del 2020.

3.6 Procesamiento de la información y análisis estadístico

3.6.1 Plan de recolección de datos

- Exploración crítica de la información acogida, descarte de la información no pertinente o incompleta.
- Revisión de históricos de los mantenimientos de mayor demanda.
- Revisión de históricos del cumplimiento del tiempo real notificado vs teórico.
- Organización de los datos recolectados.
- Presentación mediante tablas, gráfica de datos, análisis estadísticos, inspecciones visuales, tendencia general obtenida de forma apropiada en los procesos.
- Interpretación y presentación de los resultados.

3.6.2 Plan de procesamiento de la información

- Análisis de los resultados obtenidos con respecto al sistema tradicional comparado con el implementado y las mediciones que se utilizan en el plan para la recolección de la información.
- Interpretación de los resultados con apoyo del estado del arte.
- Establecimiento de las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción general del taller de matricería

La Matricería es una de las ramas de la mecánica que trata sobre elementos que contienen la forma de un producto que será producido en serie. Bajo este concepto, Plasticaucho Industrial S.A., al ser una empresa que manufactura calzado en serie tiene su propio taller de matricería el cual se encarga de los trabajos de mantenimiento, reparación y modificación de moldes.

La empresa Plasticaucho Industrial S.A. cuenta con varios procesos que se definen y clasifican de acuerdo a su mapa de procesos de la Figura 4-1. La empresa se guía estratégicamente desde el proceso de estrategia empresarial y sus procesos de negocio se basan en la producción de calzado moldeado por inyección, cementado e inyección al corte. Cuenta con varios procesos que apoyan la operación de la empresa y entre ellos se encuentra los talleres como procesos de apoyo para el mantenimiento de los moldes. Los talleres representan un departamento que se vincula con todas las líneas de negocio que se definen en sus procesos de negocio por lo que su participación es considerada como crítica dentro de la empresa (Plasticaucho, 2020).

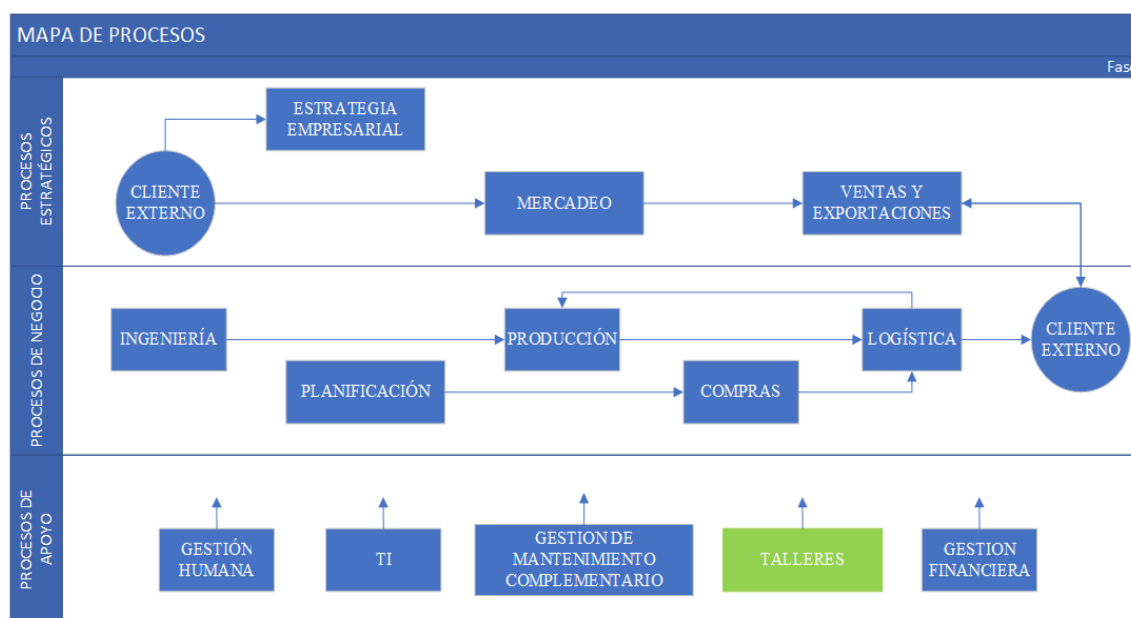


Figura 4-1: Mapa de procesos.

4.2 Descripción específica del taller de matricería

El taller de matricería brinda tres tipos de servicios: mantenimientos preventivos, mantenimientos urgentes y modificaciones del molde como se muestra en la Figura 4-2. Los mantenimientos preventivos se realizan con la finalidad de alargar la vida útil de los moldes y garantizar la disponibilidad de éstos para la producción, en este mantenimiento se reemplazan los componentes desgastados para recuperar la funcionalidad del molde al 100%.

En cuanto a los mantenimientos urgentes, al ser los moldes una herramienta esencial del trabajo en los procesos productivos es imposible realizar una producción sin ellos, por lo que el taller de matricería juega un papel importante al repararlos de manera inmediata y evitar de esa manera pérdidas por paros no planeados.

Dado que Plasticaucho Industrial S.A. es una empresa muy dinámica, el taller de matricería colabora activamente en las modificaciones de los moldes de tal manera que se obtengan productos más llamativos o se generen procesos más ágiles y mejoras tanto del producto como del proceso.

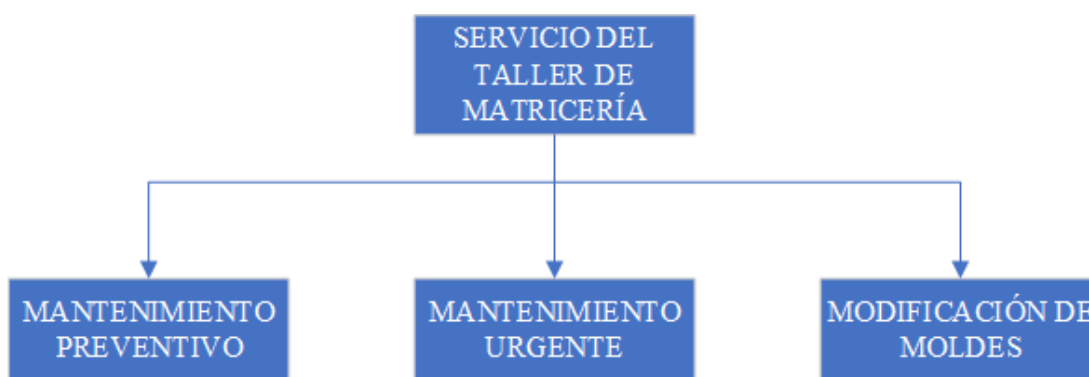


Figura 4-2: Servicios brindados.

Para el análisis del porcentaje de ocupación de cada tipo de trabajo en la Tabla 4-1 se presenta los datos históricos mensual desde enero hasta diciembre 2019, siendo para las modificaciones de moldes y mantenimientos preventivos en enero un 40% en cada uno y en mantenimientos urgentes el 20% de ocupación. La mayor concentración está en el mes de septiembre para mantenimientos preventivos con un 67% de ocupación y un 17% en modificaciones y mantenimientos urgentes para cada uno.

Tabla 4-1: PORCENTAJE DE OCUPACIÓN MENSUAL POR TIPO DE TRABAJO.

Porcentaje de trabajos	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
MODIFICACIÓN	40%	33%	0%	14%
PREVENTIVOS	40%	39%	50%	45%
URGENTE	20%	28%	50%	41%
Total general	100%	100%	100%	100%
Porcentaje de trabajos	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
MODIFICACIÓN	5%	18%	8%	20%
PREVENTIVOS	62%	59%	56%	64%
URGENTE	33%	23%	36%	16%
Total general	100%	100%	100%	100%
Porcentaje de trabajos	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MODIFICACIÓN	17%	8%	22%	25%
PREVENTIVOS	67%	50%	56%	42%
URGENTE	17%	42%	22%	33%
Total general	100%	100%	100%	100%

En la Figura 4-3 el porcentaje muestra que en el año 2019 la mayor demanda de trabajos en el taller de matricería son los mantenimientos preventivos en un 54%, continúa con los mantenimientos urgentes con un 29% los cuales para no afectar a la producción se atendieron y finalmente las modificaciones de moldes con un 17% en trabajos puntuales o equivocaciones del proveedor.

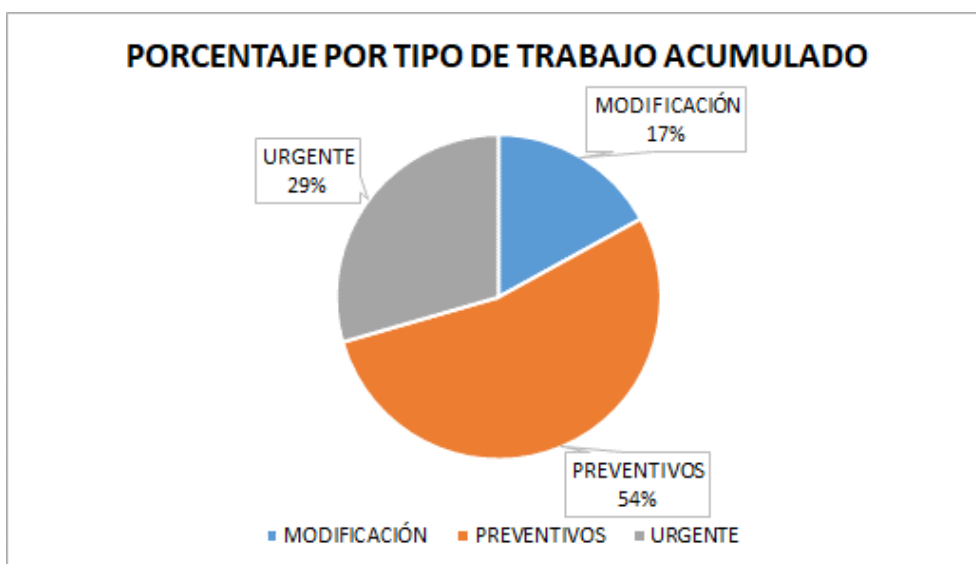


Figura 4-3: Porcentaje por tipo de trabajo acumulado.

4.3 Análisis de mantenimiento preventivo

4.3.1 Tipos de preventivos

La clasificación del mantenimiento preventivo de moldes se define por las horas que están en producción y se envían al taller en coordinación con la planta productiva, si cumplió 2000 horas en producción se realiza una revisión tipo limpieza, si cumplió 4000 horas envían de igual manera pero para trabajos puntuales, como, un cambio de un micro, una tuerca aislada o algún componente que tiene el molde dañado y, si cumplió 8000 horas se recupera totalmente el molde ya que sufre un desgaste en la operación, este tipo de trabajo se caracteriza porque intervienen varias actividades que están planificadas internamente en el taller de matriceria.

Tabla 4-2: CLASIFICACIÓN DE MANTENIMIENTOS.

Clasificación	Descripción
MOLDE 2000 H	Moldes que han cumplido un ciclo de operación en planta de 2000 horas de trabajo continuo. (3 días revisión para estar producible)
MOLDE 4000 H	Moldes que han cumplido un ciclo de operación en planta de 4000 horas de trabajo continuo. (1 semana trabajos puntuales)
MOLDE 8000 H	Moldes que han cumplido un ciclo de operación en planta de 8000 horas de trabajo continuo. (3 semanas para estar producible)

4.3.2 Demanda histórica

En el año 2019 la mayor demanda fue el molde 2000 H con 82 mantenimientos, seguido por el molde 8000 H con 27 y el molde 4000 H con 18, sin embargo, para el análisis se revisan las actividades del molde 8000 H ya que se requiere de 15 días para el mantenimiento y este tipo de trabajo abarca todas las actividades de los otros dos tipos.

Tabla 4-3: DEMANDA MENSUAL POR TIPO DE MTTO.

Trabajos concluidos	Meses			
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
MOLDE 2000 H	3	6	4	8
MOLDE 4000 H	1	2	3	4
MOLDE 8000 H	2	2	2	2
Total general	6	10	9	14

Trabajos concluidos	Meses			
Tipos de moldes	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
MOLDE 2000 H	19	12	13	11
MOLDE 4000 H	2	1	1	3
MOLDE 8000 H	8	0	0	2
Total general	29	13	14	16
Trabajos concluidos	Meses			
Tipos de moldes	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MOLDE 2000 H	6	0	0	0
MOLDE 4000 H	1	0	0	0
MOLDE 8000 H	3	2	3	1
Total general	10	2	3	1

En la Figura 4-4 se puede observar que la demanda histórica no tiene una estabilidad, se infiere que este fenómeno se presenta debido a que está ligado a las horas de producción en la planta y la demanda de producto terminado que esta pueda tener. Además, la presencia de imprevistos propios de la dinámica de planta. Se observa que en los doce meses se cuenta con demanda de diferentes tipos de trabajo; sin embargo, en cuanto al molde 2000 H y 4000 H se presentan en 9 meses diferentes y el molde 8000 H se presenta en 10 meses de lo que se infiere que este último tiene la mayor presencia en tiempo de actividad para matricería.

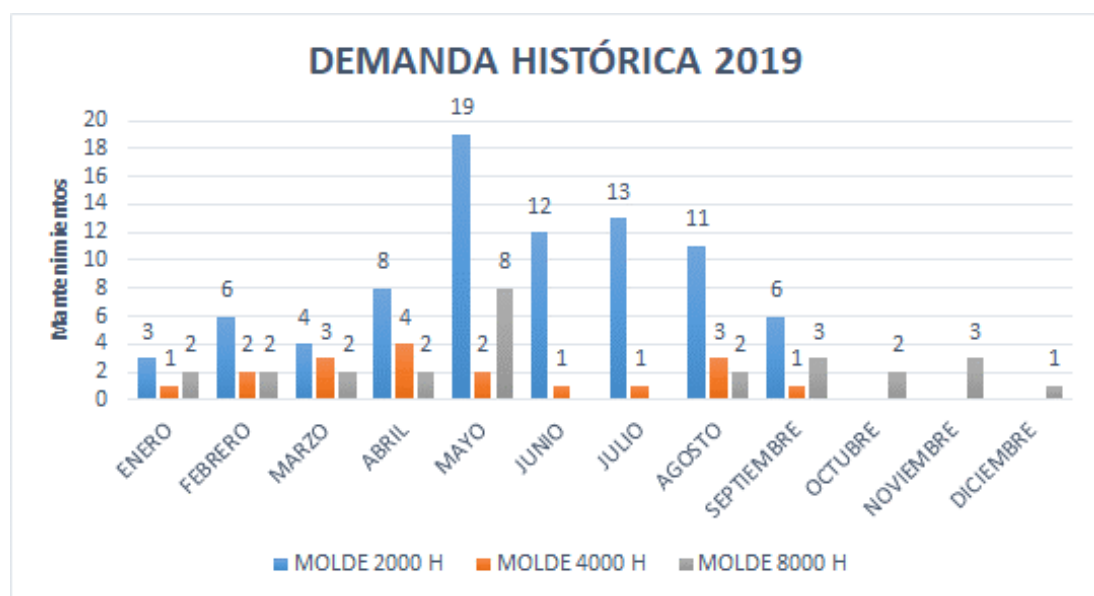


Figura 4-4: Seguimiento de demanda histórica.

4.4 Proceso del mantenimiento

En esta sección se realiza el análisis de las actividades para la ejecución de un mantenimiento 8000 H. Se visualiza al proceso desde un nivel macro y se identifica las actividades principales.

4.4.1 Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo

Para el mantenimiento del molde preventivo se identifica que el proceso inicia con un transporte desde la recepción de moldes hacia las estaciones de ajustes. El taller de matricería se distribuye por medio de estaciones de trabajo independientes para cada matricero, este espacio físico consiste en una mesa de trabajo en la que se encuentran todas las herramientas de mano que se ocupan durante la ejecución de su actividad (Figura 4-5). Las máquinas adicionales y de mayor tamaño (fresadoras, torno, soldadoras, cnc) se distribuyen por toda la matricería (Figura 4-6).



Figura 4-5: Estación de trabajo.

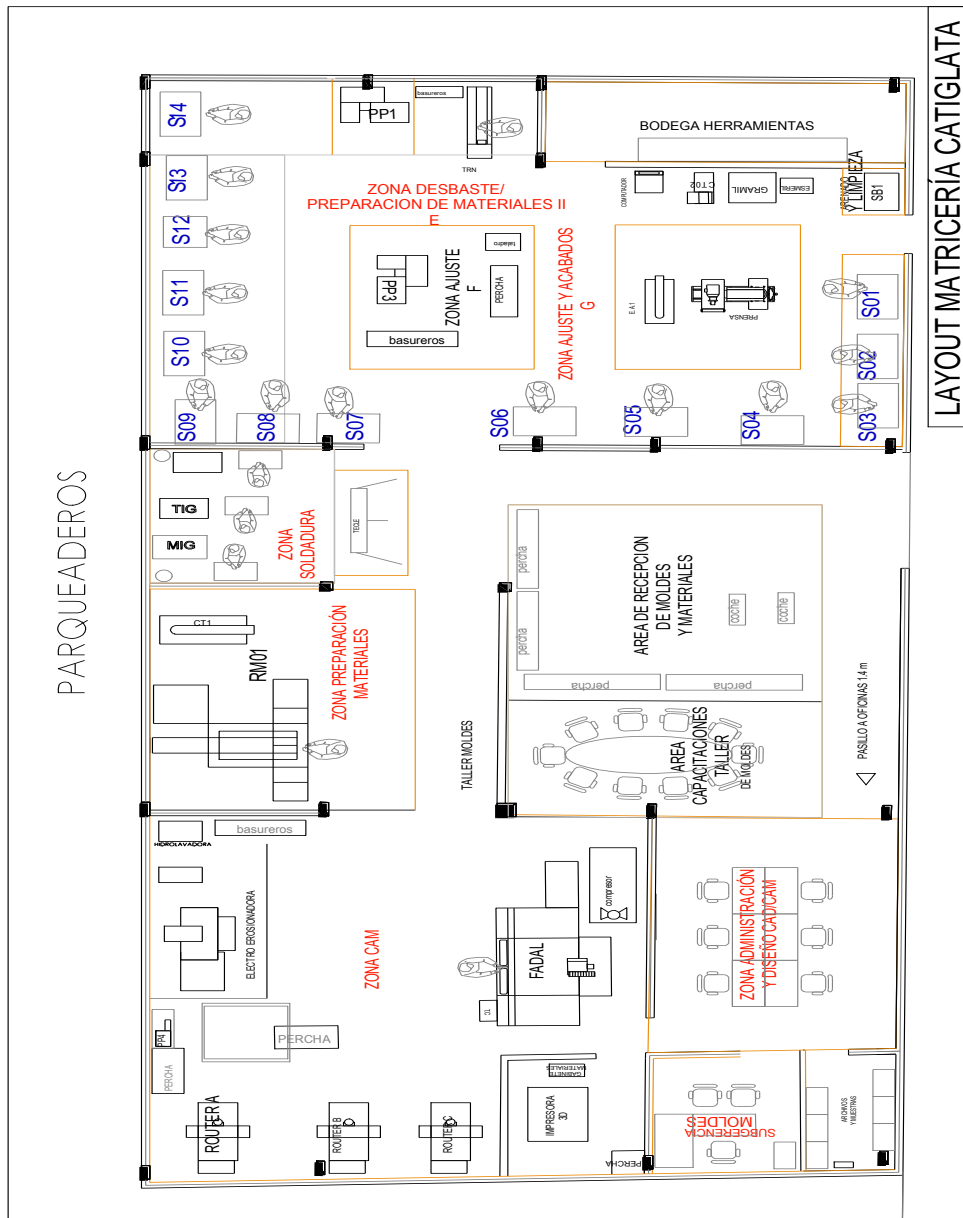


Figura 4-6: Distribución máquinas taller de matricería.

El proceso de la Figura 4-7 arranca con un Kanban que se entrega al matricero para la revisión del molde en la estación, al mismo tiempo se entrega un kit de materiales necesario para el mantenimiento 8000 H. Participan dos matriceros en las actividades, el primero realiza el recuperado de hormas y el segundo la extracción de guías, bocines y sufridera y continuando con el recuperado de altura de bandeleta; posteriormente, los dos matriceros trabajan en conjunto el resto de actividades. El supervisor se encarga de la revisión y aprobación del molde, luego de ello en coordinación con la jefatura del taller se comunica y envía a la planta de origen para las pruebas y se deja así liberado el molde.

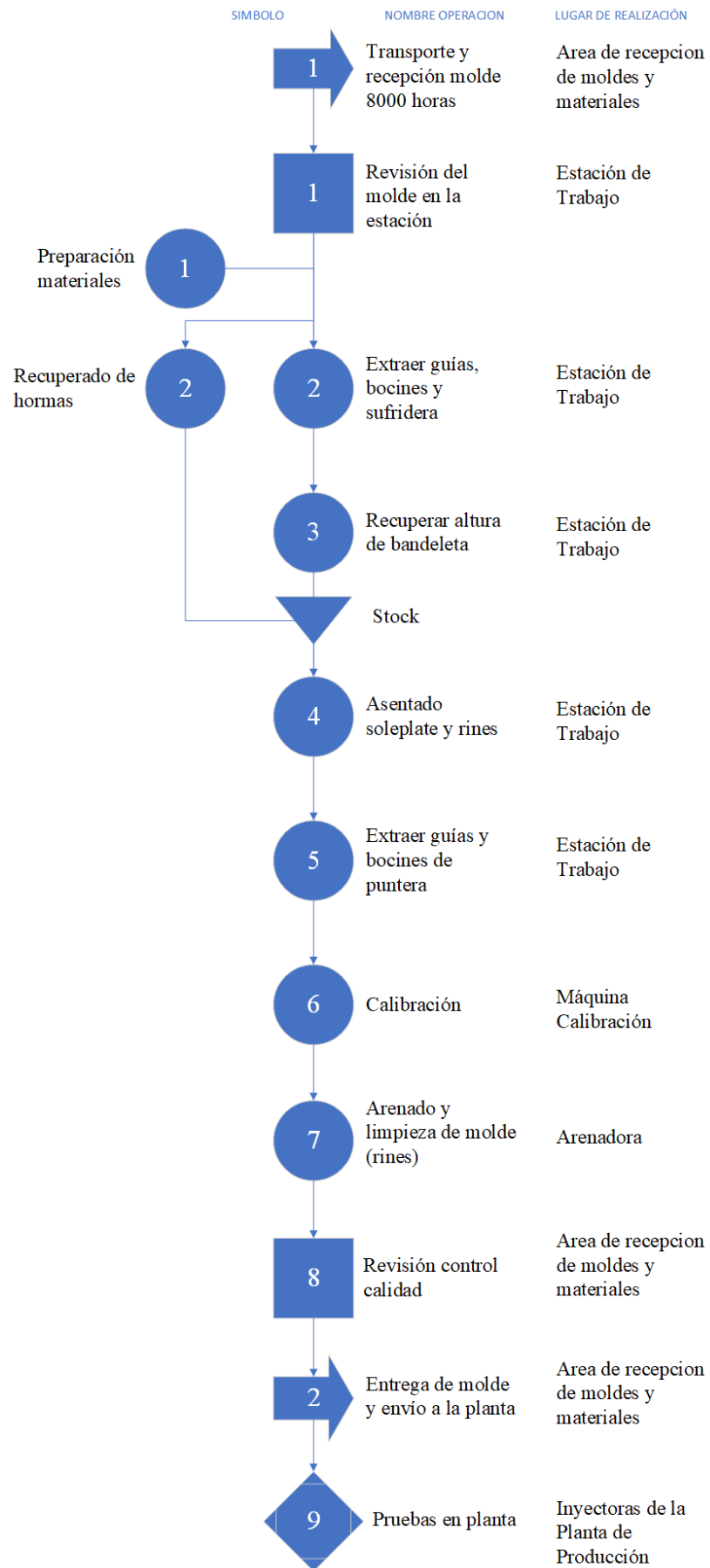


Figura 4-7: Diagrama de flujo mnto 8000 H.

4.4.2 Flujograma de actividades del mantenimiento

La investigación se centra en las actividades para el mantenimiento 8000 H por lo que se realiza un levantamiento de cada una en el taller de matriceria. Dentro de ello se pretende conocer en detalle cuáles son las actividades que se realizan y las características particulares de cada una. En el flujograma de la Figura 4-8 se observa la secuencia de ocho actividades principales y cada una en detalle se debe cumplir en totalidad.

En este proceso es necesario mencionar que participa un matricero quien se encarga de la preparación del kit de materiales y posteriormente se entrega al supervisor del taller. En las siguientes siete actividades participan dos matriceros quienes ejecutan sus tareas con el ajuste del molde. La secuencia de las actividades en el mantenimiento del molde 8000 H continua hasta llegar a la revisión de calidad que lo realiza el supervisor antes de ser enviado a la planta, y de encontrarse defectos se direccionan los reprocesos a los responsables que participaron en los ajustes.

4.4.3 Flujograma de información actual

El flujograma de información actual de la Figura 4-9 para el mantenimiento preventivo del molde 8000 H describe los pasos a seguir de cada uno de los responsables, comienza desde la planta con el envío del seriado de moldes y el correo electrónico con la respectiva orden SAP hacia el jefe de taller. Las actividades se coordinan y planifican conjuntamente con el supervisor para los cinco días de la semana y posteriormente entregar la información al matricero; para dar inicio con las actividades el matricero genera la reserva en el sistema SAP de los materiales que no están considerados en el kit y escribe el número en un post it, en caso de no contar con stock en bodega de repuestos se comunica con el supervisor para que solicite la compra.

El supervisor se encarga de solicitar por medio de un correo electrónico todas las reservas que se generan, la bodega de repuestos verifica stock y luego envían el físico de los materiales al supervisor. Cuando se valida los materiales el supervisor entrega a cada uno de los matriceros quienes inician las actividades que se planifican para ese día. Al final de la jornada de trabajo el matricero notifica el tiempo utilizado en las actividades en la orden del sistema SAP.

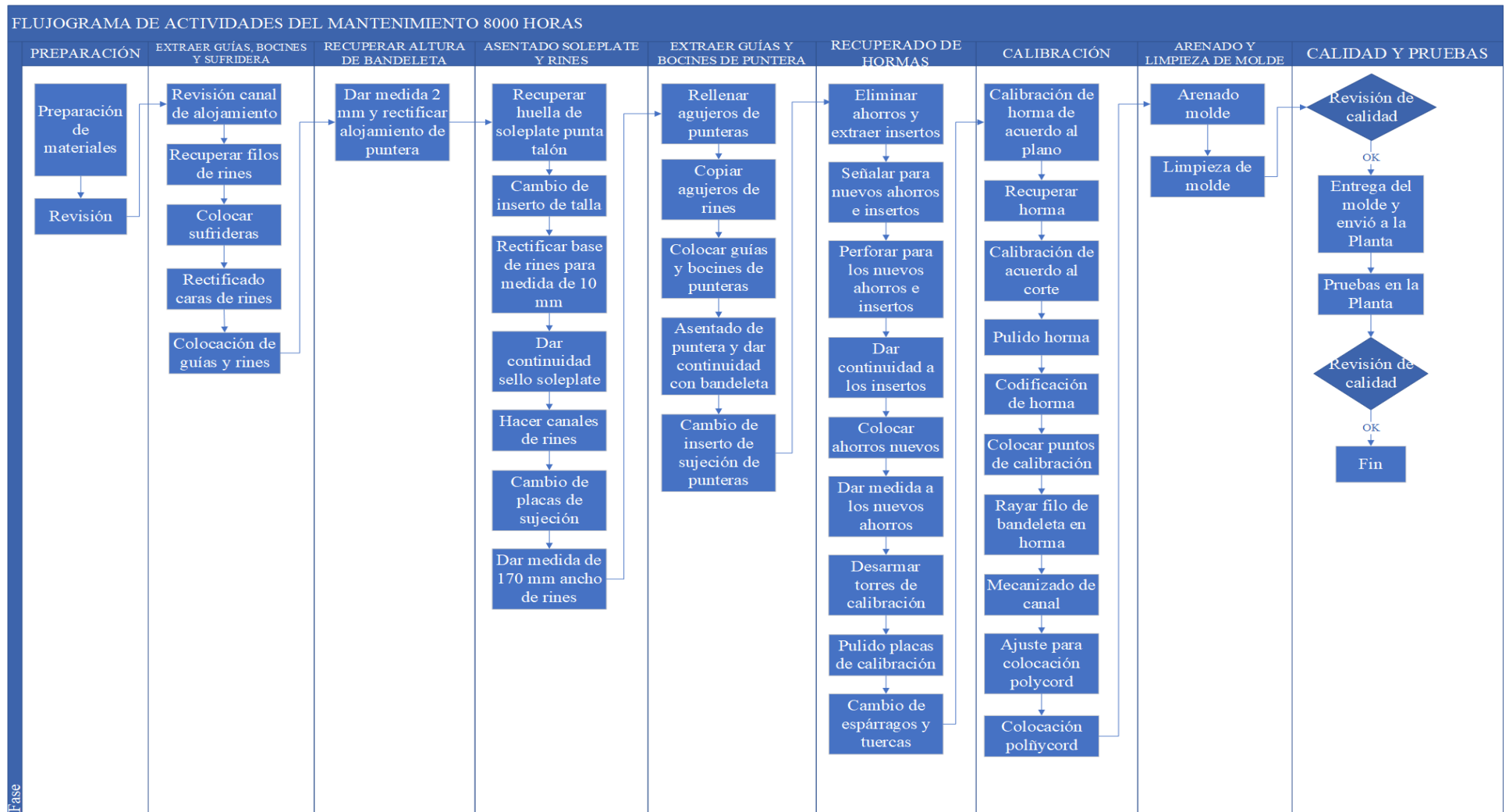


Figura 4-8: Flujograma de actividades del mantenimiento 8000 H.

Cuando finaliza el mantenimiento preventivo del molde el matricero entrega al supervisor para que verifique la calidad del trabajo, si no se aprueba, se envía para el reproceso y si pasa la revisión, el supervisor se encarga de comunicar al jefe de taller. De igual manera el jefe de taller se encarga de comunicar el envío del molde por medio de un correo electrónico al jefe de la planta y al supervisor de mantenimiento donde también se solicita el día para realizar la prueba del molde en la máquina inyectora en el cual estarán presentes los dos matriceros que intervinieron en el mantenimiento y en conjunto liberar el molde.

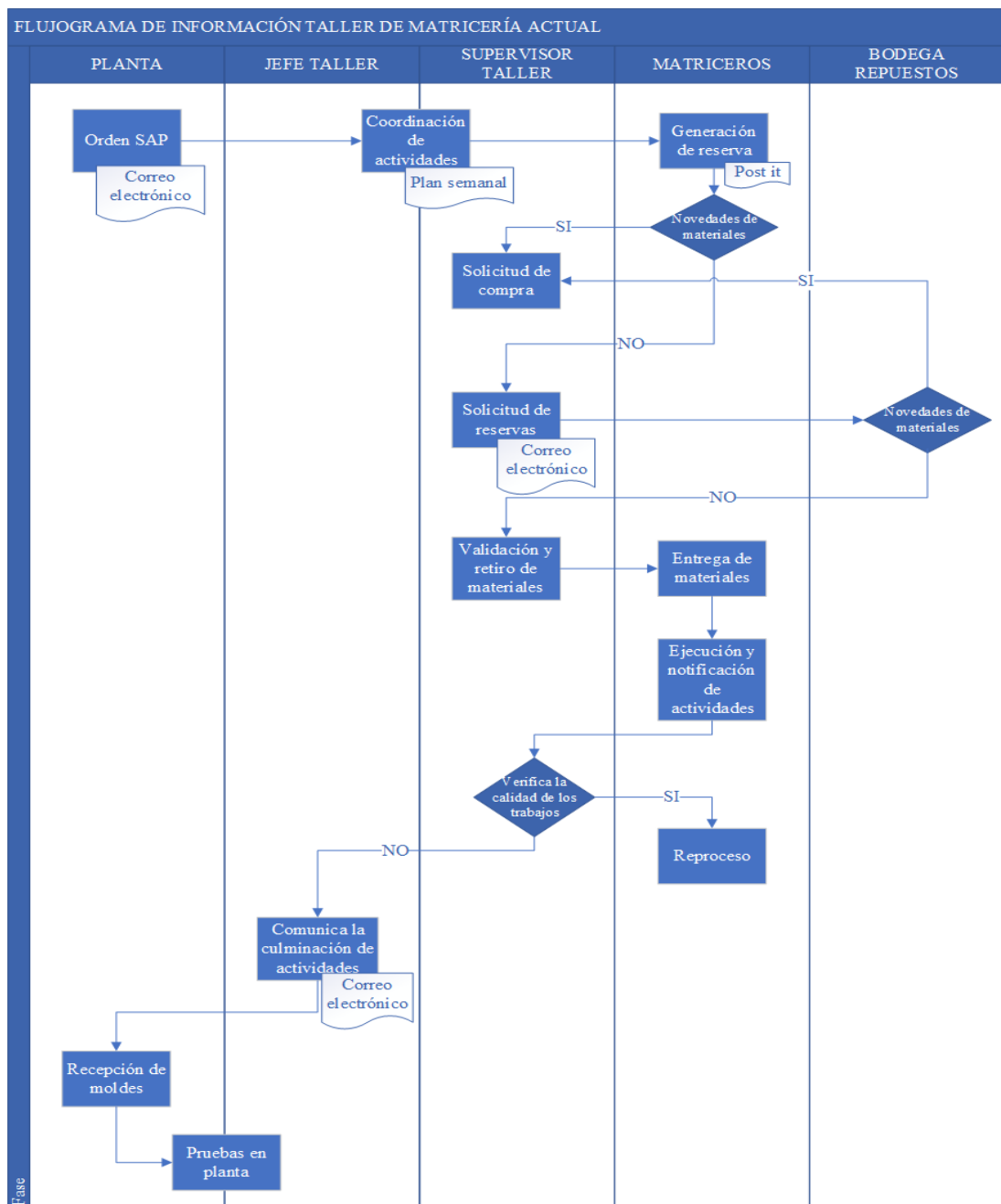


Figura 4-9: Flujograma de información taller de matricería - actual.

4.5 Parámetros de medición de manufactura esbelta

En esta sección se evalúa el nivel de desarrollo de la matricería en cuanto a herramientas de LM, se usa los históricos de indicadores de proceso para vincular el análisis entre resultados y herramientas.

4.5.1 Descripción de indicadores actuales

En esta investigación se definen 8 grupos de evaluación vinculados con herramientas de LM a los cuales se asigna un indicador con el que se determina el nivel de desarrollo en cada grupo en función de su calificación. Los valores se obtienen a través de históricos del periodo 2019 y se condensan en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4: DETALLE DE INDICADORES.

GRUPO	INDICADOR	PERIODO	FÓRMULA	VALOR HISTÓRICO 2019
Eficacia	Nivel de servicio mensual	Mensual	# trabajos cumplidos * 100 / trabajos planificados	92%
5S	Auditoria mensual	Mensual	# hallazgos * 100 / # ítem evaluados	93%
Capacitación	Evaluación de habilidades anual	Anual	Suma de notas por matricero * 100 / Nota máxima * # de matriceros	73,85%
Costos	Costo por pedidos urgentes	Mensual	Sumatoria de costos	\$ 2858,31
	Costos generados por mto preventivo	Por molde	Sumatoria de costos	\$ 2139,16
TPM	Cumplimiento del plan preventivo de máquinas	Anual	Plan de mantenimiento preventivo, generación de órdenes de mantenimiento	N/A
Calidad (Valores encontrados de 2017, en los siguientes periodos se deja de medir)	Costo por reproceso	Anual	Sumatoria de costos	\$ 8346,92
Kaizen	Número de sugerencias por empleado	Anual	# katas de mejora / número de matriceros en el año	0,31
Kanban	Número de Kanban levantadas y en uso	Por trabajo	Tarjeta Kanban en cada trabajo	N/A

4.5.2 Análisis de indicadores

Nivel de servicio mensual

En cuanto a indicadores de eficacia se determina el nivel de servicio mensual en la Figura 4-10 que mide cuantos trabajos planificados se entregan a tiempo, la meta se mantiene todo el año en un 80% y se puede observar que los resultados mensuales se mantienen por encima de la meta, por lo cual en el año 2020 el subgerente del taller incrementa la meta al un 90% por la estabilidad que se infiere en el análisis.

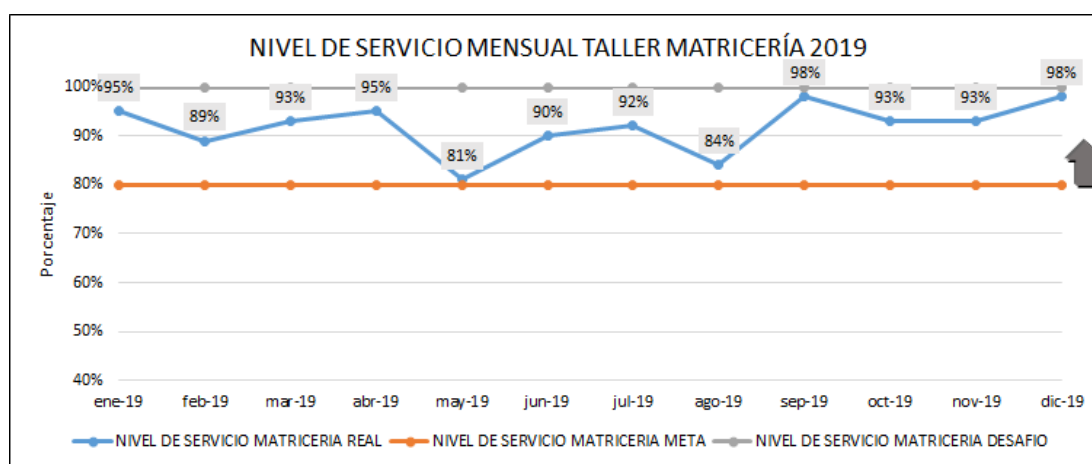


Figura 4-10: Seguimiento al nivel de servicio.

Calificación 5S

Se revisa los datos del año 2019, este indicador que se muestra en la Tabla 4-5 evalúa a cada persona que forma parte del taller de matricería el nivel de orden y limpieza que tiene en el área asignada a través de una auditoría mensual.

En la Figura 4-11 se compara las calificaciones obtenidas de cada persona del taller de matricería, se identifica que el promedio general es del 93% en el año 2019. Visto de esta forma luego de la implementación que fue en el año 2017, se ve una mejora que ha venido obteniendo con las auditorías mensuales que tiene aplicado el taller. De esta manera, para seguir manteniendo activas las 5S en el taller se identifica que mes a mes está organizado por un líder auditor quien entrega el formato aprobado para la auditoría y distribuido al grupo de auditores quienes se encargaran de ejecutar la actividad dentro del mes y comunicar al líder el porcentaje que obtuvo el auditado con las no conformidades encontradas, el cual se encargará de presentar un informe al grupo auditor.

Tabla 4-5: CALIFICACIÓN 5S EN MATRICERÍA.

MES	META	MATRICERO DCH	JEFE TALLER GCH	MATRICERO MC	MATRICERO WC	MATRICERO HF	ASISTENTE TALLER WG	MATRICERO FM	MATRICERO CO	SUBGERENTE TALLER MO	MATRICERO FP	MATRICERO JP	SUPERVISOR TALLER CP	MATRICERO CR	MATRICERO VR	MATRICERO CS	MATRICERO FT	MATRICERO JT	DISEÑADOR CAD/CAM JT
ENERO	100%	94%	95%	89%	94%	89%	100%	94%	89%	85%	100%	94%	70%	*	89%	100%	89%	94%	95%
FEBRERO	100%	100%	95%	94%	100%	83%	100%	89%	83%	90%	94%	100%	95%	*	94%	100%	94%	100%	95%
MARZO	100%	83%	90%	*	83%	94%	100%	100%	94%	95%	100%	94%	89%	58%	94%	83%	100%	72%	96%
ABRIL	100%	94%	90%	*	94%	94%	100%	83%	88%	100%	100%	89%	76%	88%	94%	100%	94%	83%	95%
MAYO	100%	94%	81%	*	94%	89%	100%	89%	83%	90%	100%	89%	95%	83%	89%	88%	94%	89%	100%
JUNIO	100%	94%	100%	*	94%	100%	100%	100%	94%	100%	100%	100%	83%	65%	100%	94%	88%	88%	100%
JULIO	100%	94%	95%	47%	100%	76%	100%	100%	100%	90%	94%	94%	83%	100%	94%	94%	88%	94%	91%
AGOSTO	100%	100%	100%	88%	88%	100%	100%	88%	94%	85%	100%	76%	88%	94%	88%	88%	82%	94%	95%
SEPTIEMBRE	100%	91%	100%	94%	88%	94%	100%	100%	94%	100%	100%	94%	96%	94%	94%	94%	88%	100%	95%
OCTUBRE	100%	100%	100%	94%	94%	94%	100%	88%	88%	76%	94%	88%	75%	94%	88%	94%	100%	94%	96%
NOVIEMBRE	100%	94%	94%	100%	94%	94%	100%	88%	94%	100%	100%	94%	88%	94%	88%	100%	88%	88%	100%
DICIEMBRE	100%	100%	94%	94%	100%	94%	100%	94%	94%	100%	94%	100%	100%	88%	88%	100%	100%	100%	96%
PROMEDIO 2019	100%	95%	95%	88%	94%	92%	100%	93%	91%	93%	98%	93%	87%	86%	92%	95%	92%	91%	96%

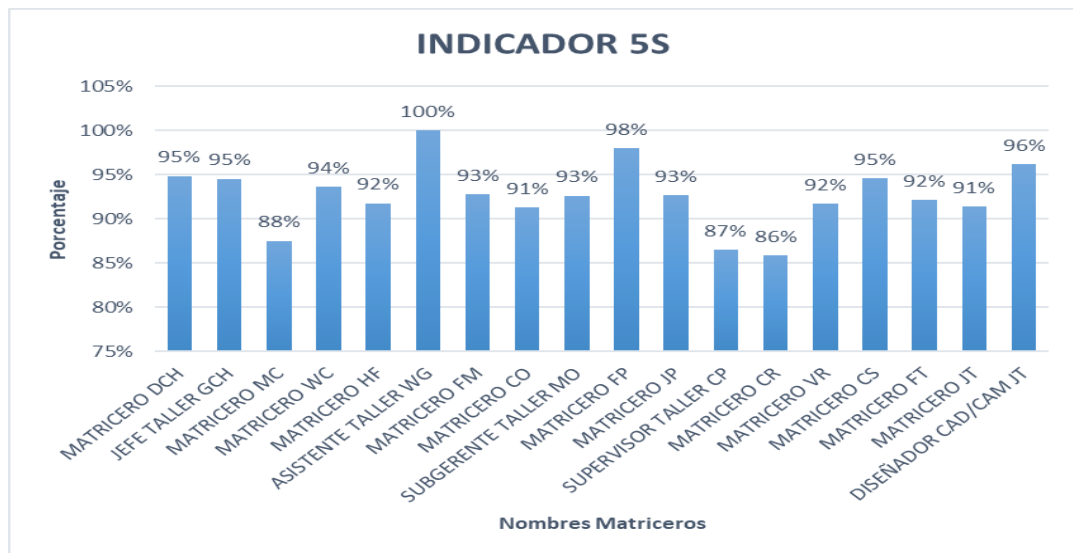


Figura 4-11: Indicador 5S comparativo entre personal de matriceria.

Capacitación

La evaluación de habilidades se realiza de forma anual y se obtienen calificaciones por cada matricero con una nota máxima de 10. En el periodo de análisis correspondiente al año 2020 se tienen las siguientes calificaciones por cada matricero: 8, 9, 5, 5, 8, 7, 8, 8, 9, 7, 9, 6, 7 con una sumatoria total de 96. Una vez que se aplica la fórmula del indicador se tiene un nivel de evaluación de habilidades de 73,85%.

Calidad

Este indicador no se evaluó en la actualidad por lo que no existen registros del costo por mala calidad dentro del taller de matricería; sin embargo se encuentra un valor del 2017 que corresponde a \$ 8346,92.

Costos

Los costos para el mantenimiento de moldes 8000 H determinan el valor monetario que se incurre por mano de obra y materiales, se puede observar en el histórico de la Tabla 4-6 que no todos tienen el mismo costo e incluso hay cuatro moldes que no tienen valor, se infiere que la primera causa de variación es la talla del molde debido a que se consumen más materiales mientras mayor es la talla y la ausencia de valor se debe a que en la producción de esos moldes el taller de matricería no registró o perdió el registro de ese trabajo.

Se identifica que en moldes de la misma talla los costos son más cercanos, sin embargo, aún existe variación del cual se deduce que el trabajo no está estandarizado o se requiere un mayor desglose de actividades y las partes del costo. El promedio de costos para mantenimiento 8000 H es de \$ 2139.16 y el costo total en este rubro para el 2019 es de \$ 49200,66.

Tabla 4-6: COSTOS PARA MTTO 8000.

MOLDE 8000 H	COSTO POR MTTO
L-COLEGIAL-26-1	\$ 2.427,77
L-COLEGIAL-28-4	\$ 1.587,24
L-COLEGIAL-35-5	\$ 1.672,59
L-ZEUS-31-1	\$ 1.531,57
L-ZEUS-32-1	\$ 1.670,13
L-ZEUS-32-3	\$ 2.604,06
L-ZEUS-35-1	\$ 0
L-ZEUS-35-3	\$ 1.903,11
L-ZEUS-36-3	\$ 2.132,75
L-ZEUS-36-5	\$ 1.345,11
L-ZEUS-36-7	\$ 3.078,79
L-ZEUS-37-5	\$ 2.070,07
L-ZEUS-37-6	\$ 1.615,33
L-ZEUS-38-4	\$ 0
L-ZEUS-38-6	\$ 2.093,73
L-ZEUS-38-7	\$ 1.942,84
L-ZEUS-39-5	\$ 1.759,72
L-ZEUS-39-6	\$ 0
L-ZEUS-40-1	\$ 4.089,39
L-ZEUS-40-3	\$ 2.154,25
L-ZEUS-40-5	\$ 2.251,12
L-ZEUS-40-6	\$ 0
L-ZEUS-41-1	\$ 1.924,06
L-ZEUS-41-3	\$ 2.313,47
L-ZEUS-41-6	\$ 1.976,22
L-ZEUS-42-3	\$ 2.336,88
L-ZEUS-42-4	\$ 2.720,46
Total general	\$ 49.200,66

TPM

El taller de matricería no cuenta con un plan formal de mantenimiento de máquinas y cuando se presentan fallas los trabajos son netamente correctivos; es decir, el matricero que encuentra la falla se encarga por políticas definidas de realizar el arreglo. En este contexto, el taller no cuenta con información de implementación del TPM.

Kaizen

En cuanto al indicador de Kaizen el nivel de sugerencias por empleado es menor a 1, este indicador se calcula en base al conteo del número de Katas archivadas por el jefe de taller y se encuentra que para el 2020 hay un número de 4 Katas en total. El número de matriceros es de 13 por lo que el indicador queda en 0,31 sugerencias/empleado.

Kanban

Los tipos de colores de tarjetas Kanban están definidos en el taller de matricería para los diferentes trabajos, el color amarillo se utiliza para modificaciones puntuales en el molde, el color verde se utiliza para mantenimientos preventivos de moldes que cumplieron horas de producción definidas por la planta, el color rojo se utiliza para mantenimientos urgentes de moldes que tienen que ser atendidos para no parar el proceso en producción, el color celeste se utiliza para nuevos moldes donde se realiza una revisión de los componentes y el color blanco se utiliza en trabajos varios que solicite de igual manera el cliente, estos son impresos y entregados al inicio de las actividades al matricero, (Tabla 4-7).

Tabla 4-7: COLORES DE TARJETAS KANBAN.

TARJETAS KANBAN	
MODIFICACIONES MOLDES	AMARILLO
MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS	VERDE
MANTENIMIENTOS URGENTES	ROJO
NUEVOS MOLDES	CELESTE
VARIOS	BLANCO

En la Tabla 4-8 se muestra el modelo de ficha de recepción de trabajos Kanban donde el jefe del taller ubica en la tarjeta los requerimientos del cliente, la orden SAP, el responsable del trabajo y el modelo del molde. Al llenar el formato debe dejar con un visto si recibió un plano, check list, muestra o no aplica, en caso de que se requiera dejar observaciones o trabajos adicionales que no consideró el cliente.

Al final cuando se entrega el molde al supervisor se tiene que devolver la tarjeta Kanban quien se encarga de llenar la fecha de entrega y como respaldo firmas de los que realizaron la actividad y posterior a ello el supervisor ubica en la respectiva carpeta del proyecto donde reposa toda la información del molde.

Tabla 4-8: KANBAN.

FICHA DE RECEPCIÓN DE TRABAJOS			
CLIENTE:			
Responsable:		Fecha de entrega:	
ORDEN:		PROYECTO:	
Molde a trabajar:	MOLDE 8000 H		
REQUERIMIENTOS:		ETAPA	OK
1. Arreglo de filos y labrado de rines.		MAT	
2. Rectificado de sufrideras (mín. 5mm).		MAT	
3. Dar medidas externas a los rines.		MAT	
4. Modificación de hormas.		MAT	
5. Calibración de hormas.		MAT	
6. Colocación de polycord en hormas.		MAT	
7. Cambio de ahorros y ganchos de hormas.		MAT	
8. Recuperado de agujero de inyección de soleplates.		MAT	
9. Recuperar labrado de soleplates		MAT	
10. Cambio de insertos y guías de punteras.		MAT	
11. Cambio de espárragos.		MAT	
12. Ajuste de molde. (sellos)		MAT	
13. Revisión/ Cambio y accionamiento de pin de corte.		MAT	
14. Grabado de puntos de calibración.		MAT	
OBSERVACIONES / ALTERACIONES		ETAPA	OK
<i>Desbaste de pared lateral de rines.</i>		MAT	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 20px;"></div> </div> <p>Elaborado: Certificado (firma):</p>			
<p>Adjuntar: PLANO CHECK LIST MUESTRA NO APLICA</p>			

4.6 Desperdicios y flujo de valor

En esta sección se realiza el levantamiento de la cadena de valor como uno de los principales aspectos en ser analizados para desglosar el proceso y detectar actividades que agregan y no agregan valor.

4.6.1 VSM del estado actual

Desde la perspectiva actual se levanta el mapa de flujo de valor del taller de matriceria siguiendo la secuencia del proceso de mantenimiento del molde 8000 H y los tiempos de cada una de las actividades que intervienen. El taller de matriceria cuenta con una planificación semanal para los trabajos solicitados, el supervisor de mantenimiento de planta envía por medio de un correo el requerimiento y la información es recibida por el jefe del taller para ser coordinada conjuntamente con el supervisor del taller donde revisan la disponibilidad del recurso, disponibilidad de máquinas y novedades de materiales. Existe una bodega de repuestos donde no se manejan mínimos de stock de materiales y en caso de no tener algún material en stock se envía a la compra y se estima el tiempo de llegada.

Todas las reservas de materiales específicos son realizadas por los matriceros y entregadas al supervisor para que coordine con un tiempo de preparación [MTTO] de 30 minutos, de igual manera es asignado un matricero para que prepare el kit de materiales con un MTTO de 180 minutos que se entrega al momento que inician las actividades planificadas.

El proceso inicia con la revisión del molde en la estación de ajuste donde intervienen matriceros 1 y 2 con un tiempo de intervención [MTTR] de 20 minutos, los matriceros coordinan sus actividades y realizan de la siguiente manera: el matricero 2 trabaja con la extracción de guías y sufridera con un MTTR de 1050 minutos, al mismo tiempo el matricero 1 trabaja en el recuperado de hormas con un MTTR de 1260 minutos, todos estos trabajos son realizados manual y máquina. El proceso continúa con el matricero 2 con el recuperado de altura de bandeleta con un MTTR de 840 minutos, en esta parte al ya haber terminado toda la actividad el matricero 1 comienza solo con la actividad del asentado soleplate y terminan en conjunto la actividad con un MTTR de 1380 minutos, de igual manera todos estos trabajos se realizan manual y máquina.

Continuando con el proceso los matriceros 1 y 2 trabajan en la extracción de guías y bocines de puntera con un MTTR de 990 minutos. El siguiente proceso es la calibración del molde donde tienen un MTTR de 1815 minutos y para terminar el proceso los dos matriceros trabajan en el arenado y limpieza del molde con un MTTR de 120 minutos por medio de intervención manual y máquina.

Lo que prosigue es la revisión de calidad donde el molde se entrega en la recepción de moldes y el supervisor verifica si es aprobado o rechazado, este control toma un MTTR de 20 minutos y lo hace de forma manual, terminado la actividad se comunica al jefe de taller para que proceda a solicitar por correo al supervisor de mantenimiento de planta que asigne un tiempo para la pruebas en planta, en esta actividad participan un inyector y un matricero con un MTTR de 240 minutos donde se deja liberado y productivo. En la Figura 4-12 se observa el VSM actual del mantenimiento del molde 8000 H.

4.6.2 Cursograma sinóptico para mto

En relación a la problemática expuesta mediante el análisis del cursograma para el mantenimiento del molde 8000 H se detalla que se requiere alrededor de 101 actividades que agregan y no agregan valor.

Dentro de este orden existen 57 operaciones en el proceso y son realizadas con diferentes máquinas y de forma manual, en transporte se requiere alrededor de 41 actividades que están realizadas por el matricero en base a la necesidad que tiene en movilizar hacia las diferentes máquinas que se requiere en el proceso, en actividades de espera se considera 1 que es realizada por el supervisor al momento de entrega del molde por el matricero y en inspección 2 actividades que son realizadas por el matricero al inicio del trabajo cuando tienen que revisar el molde ya sea con un plano o Kanban y el canal de alojamiento de sufridera.

Las actividades se pueden observar en la Tabla 4-9 y se identifica que el mantenimiento preventivo del molde 8000 H es planificado para 15 días y el seguimiento se realiza diariamente para ver el avance de los trabajos o algún imprevisto que se haya presentado y dar solución a los mismos.

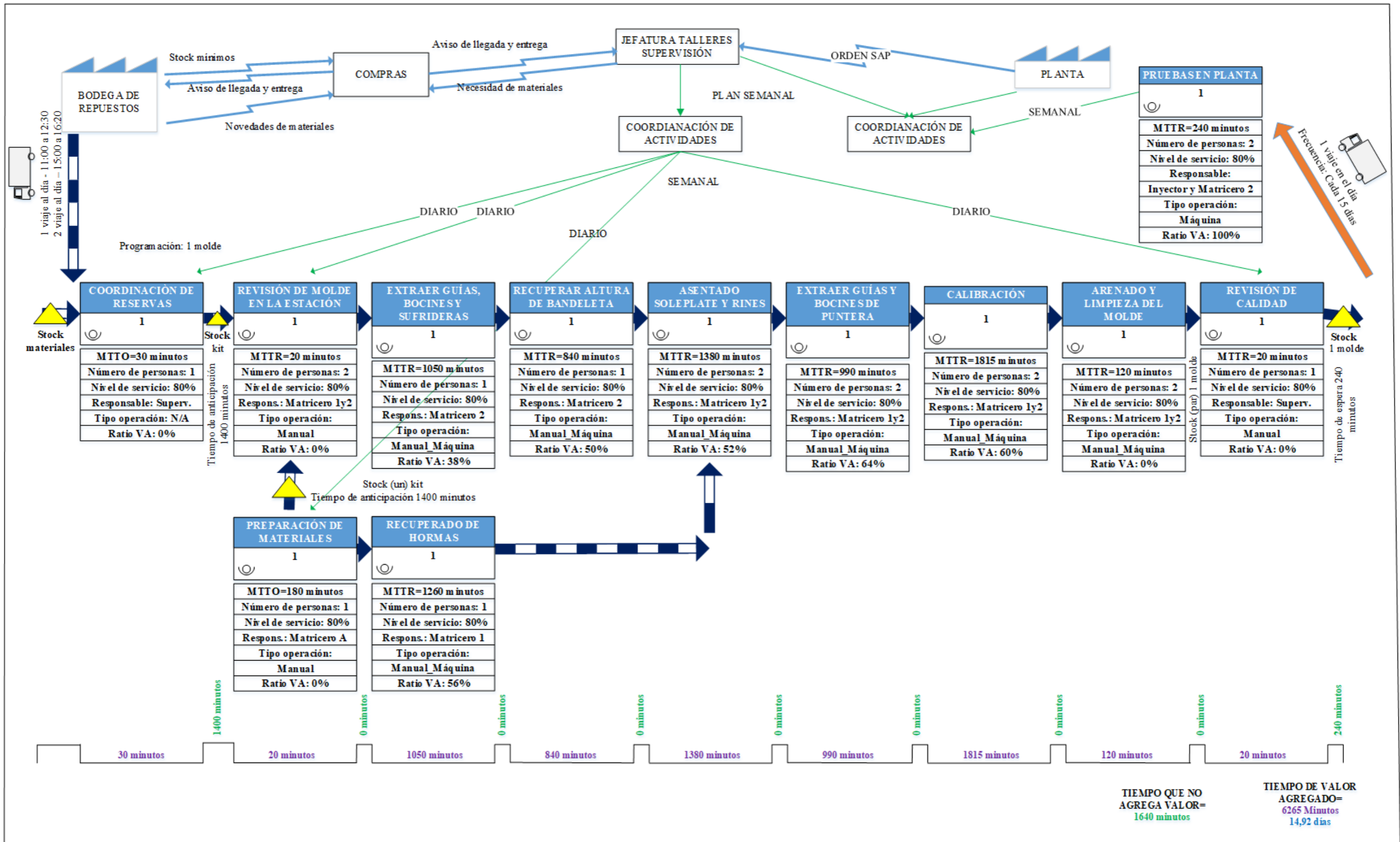


Figura 4-12: VSM actual mto 8000H

Tabla 4-9: CURSOGRAMA MTTO 8000 H.

CURSOGRAMA SINÓPTICO							
DIAGRAMA N.- 1	HOJA N.- 1						
Objeto: Realizar el levantamiento de las actividades para el mantenimiento del molde 8000 H							
SUBPROCESO: Mantenimiento molde 8000 H							
METODO: ACTUAL							
LUGAR: Taller matriceria				√	Actividad necesaria que agrega valor		
OPERARIO(S): 2	FICHA N.-			-	Actividad necesaria que no agrega valor		
COMPUESTO POR:				x	Actividad innecesaria que no agrega valor		
APROBADO POR:	FECHA: 05, 08, 12, 15, 18, 21, 25 y 28 de mayo del 2020						
DESCRIPCIÓN	OPERARIO	S I M B O L O					OBSERVACIONES
		●	➔	◐	■	▼	
Preparación de materiales	Operario A	○					-
Transporte de molde a la estación	Operario 1		○				-
Revisión del molde en la estación (plano)(actividades kanban)	Operario 1			○			-
Revisar canal de alojamiento de sufridera	Operario 1				○		-
Transporte de molde hacia fresadora	Operario 1		○				-
Rectificación del canal de alojamiento	Operario 1	○					-
Transporte a la soldadora tig	Operario 1		○				-
Recuperar filos de rines y bandeleta (soldar)	Operario 1	○					-
Transporte a la estación	Operario 1		○				-
Colocación de sufrideras	Operario 1	○					-
Transporte de fresadora	Operario 1		○				-
Rectificado caras de rines con sufrideras.	Operario 1	○					-
Transporte a la estación	Operario 1		○				-
Colocación de guías y bocines	Operario 1	○					-
Dar medida de 2 mm y rectificar alojamiento de puntera	Operario 1	○					-
Transporte a la soldadora tig	Operario 1		○				-

CURSOGRAMA SINÓPTICO							
DIAGRAMA N.- 1		HOJA N.- 2					
Objeto: Realizar el levantamiento de las actividades para el mantenimiento del molde 8000 H							
SUBPROCESO: Mantenimiento molde 8000 H							
METODO: ACTUAL							
LUGAR: Taller matriceria				√	Actividad necesaria que agrega valor		
OPERARIO(S): 2		FICHA N.-		-	Actividad necesaria que no agrega valor		
COMPUESTO POR:				x	Actividad innecesaria que no agrega valor		
APROBADO POR:		FECHA: 05, 08, 12, 15, 18, 21, 25 y 28 de mayo del 2020					
DESCRIPCIÓN	OPERARIO	S I M B O L O					OBSERVACIONES
		●	➔	◐	■	▼	
Asentado soleplate y rines	Operario 1 y 2	○					√
Transporte al pantografo	Operario 1 y 2		○				-
Recuperar huella de soleplate punta talón	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la estación	Operario 1 y 2		○				-
Extracción de inserto	Operario 1 y 2	○					√
Transporte al torno	Operario 1 y 2		○				-
Fabricación de inserto	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la estación	Operario 1 y 2		○				-
Cambio de inserto de talla	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a bodega de herramientas (taladro manual)	Operario 1 y 2		○				√
Recuperado de agujero de inyección de inserto de talla	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la fresadora	Operario 1 y 2		○				-
Rectificar base de rines para dar medida de 10 mm con soleplate	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la estación	Operario 1 y 2		○				-

CURS OGRAMA SINÓPTICO

DIAGRAMA N.- 1	HOJA N.- 3
Objeto: Realizar el levantamiento de las actividades para el mantenimiento del molde 8000 H	
SUBPROCESO: Mantenimiento molde 8000 H	
METODO: ACTUAL	
LUGAR: Taller matriceria	√ Actividad necesaria que agrega valor
OPERARIO(S): 2	- Actividad necesaria que no agrega valor
COMPUESTO POR:	x Actividad innecesaria que no agrega valor
APROBADO POR:	FECHA: 05, 08, 12, 15, 18, 21, 25 y 28 de mayo del 2020

DESCRIPCIÓN	OPERARIO	S I M B O L O					OBSERVACIONES
		●	➔	◐	■	▼	
Dar continuidad sello solplate con rines	Operario 1 y 2	○					√
Realizar canales de rines para puntos de calibración de hormas	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la soldadora tig	Operario 1 y 2	○	➔				-
Rellenado de agujeros anteriores de anclaje	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la estación	Operario 1 y 2	○	➔				-
Desbaste de soldadura	Operario 1 y 2	○					√
Señalar nuevos agujeros para el anclaje	Operario 1 y 2	○					-
Transporte al taladro	Operario 1 y 2	○	➔				-
Perforar agujeros para el anclaje	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la estación	Operario 1 y 2	○	➔				-
Colocación de placas de sujeción	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la soldadora mig	Operario 1 y 2	○	➔				-
Extraer guías y bocines de puntera	Operario 1 y 2	○					√
Rellenar agujeros anteriores de punteras	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la estación	Operario 1 y 2	○	➔				-
Rectificación de soldadura en puntera	Operario 1 y 2	○					√

CURSOGRAMA SINÓPTICO

DIAGRAMA N.- 1	HOJA N.- 4
Objeto: Realizar el levantamiento de las actividades para el mantenimiento del molde 8000 H	
SUBPROCESO: Mantenimiento molde 8000 H	
METODO: ACTUAL	
LUGAR: Taller matriceria	√ Actividad necesaria que agrega valor
OPERARIO(S): 2	FICHA N.-
COMPUESTO POR:	x Actividad innecesaria que no agrega valor
APROBADO POR:	FECHA: 05, 08, 12, 15, 18, 21, 25 y 28 de mayo del 2020

DESCRIPCIÓN	OPERARIO	S I M B O L O					OBSERVACIONES
		●	➔	◐	■	▼	
Transporte al taladro	Operario 1 y 2						-
Copiar los agujeros de los rines hacia la puntera	Operario 1 y 2						-
Transporte a la estación	Operario 1 y 2						-
Colocar guías y bocines de punteras	Operario 1 y 2						-
Asentado de puntera y dar continuidad con bandeleta	Operario 1 y 2						-
Cambio de inserto de sujeción de punteras	Operario 1 y 2						-
Hundir ahorros antiguos	Operario 1 y 2						-
Transporte a la soldadora mig	Operario 1 y 2						-
Extraer insertos para ganchos	Operario 1 y 2						-
Recuperar cara plantar en soldadora tig y rellenar agujero de inserto anterior	Operario 1 y 2						-
Transporte a la rampa	Operario 1 y 2						-
Desbaste de soldadura y ahorros anteriores	Operario 1 y 2						-
Transporte a la estación	Operario 1 y 2						-
Recuperado de cara plantar	Operario 1 y 2						-
Señalar ubicación para nuevos ahorros y los insertos de ganchos	Operario 1 y 2						-
Transporte al taladro	Operario 1 y 2						-
Perforar para colocar nuevos ahorros y los insertos de ganchos	Operario 1 y 2						-
Transporte a la estación	Operario 1 y 2						-

CURSOGRAMA SINÓPTICO

DIAGRAMA N.- 1	HOJA N.- 5
Objeto: Realizar el levantamiento de las actividades para el mantenimiento del molde 8000 H	
SUBPROCESO: Mantenimiento molde 8000 H	
METODO: ACTUAL	
LUGAR: Taller matriceria	√ Actividad necesaria que agrega valor
OPERARIO(S): 2	FICHA N.-
COMPUESTO POR:	x Actividad innecesaria que no agrega valor
APROBADO POR:	FECHA: 05, 08, 12, 15, 18, 21, 25 y 28 de mayo del 2020

DESCRIPCIÓN	OPERARIO	S I M B O L O					OBSERVACIONES
		●	➔	◐	■	▼	
Colocar insertos para ganchos	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la rampa	Operario 1 y 2	○					-
Dar continuidad a los insertos de ganchos	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la estación	Operario 1 y 2	○					-
Pulido de cara plantar	Operario 1 y 2	○					√
Colocar ahorros nuevos	Operario 1 y 2	○					√
Transporte al pantógrafo	Operario 1 y 2	○					-
Dar medida a los ahorros nuevos	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la estación	Operario 1 y 2	○					-
Desarmar las torres de calibración	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la rampa	Operario 1 y 2	○					-
Pulido de placas de calibración	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a la estación	Operario 1 y 2	○					-
Cambio de esparragos y tuercas nuevas	Operario 1 y 2	○					√
Transporte a estación de calibración	Operario 1 y 2	○					-
Calibración de horma de acuerdo a la medida del espesor en base al plano	Operario 1 y 2	○					√

CURSOGRAMA SINÓPTICO

DIAGRAMA N.- 1	HOJA N.- 6						
Objeto: Realizar el levantamiento de las actividades para el mantenimiento del molde 8000 H							
SUBPROCESO: Mantenimiento molde 8000 H							
METODO: ACTUAL							
LUGAR: Taller matriceria				√	Actividad necesaria que agrega valor		
OPERARIO(S): 2	FICHA N.-			-	Actividad necesaria que no agrega valor		
COMPUESTO POR:				x	Actividad innecesaria que no agrega valor		
APROBADO POR:	FECHA: 05, 08, 12, 15, 18, 21, 25 y 28 de mayo del 2020						
DESCRIPCIÓN	OPERARIO	S I M B O L O					OBSERVACIONES
		●	➔	○	■	▼	
Traslado a la soldadora tig	Operario 1 y 2	○	○				-
Recuperar horma	Operario 1 y 2	○	○				√
Transporte a estación de calibración	Operario 1 y 2	○	○				-
Calibración de horma de acuerdo al corte a usar	Operario 1 y 2	○	○				√
Pulido de horma	Operario 1 y 2	○	○				√
Codificación de horma	Operario 1 y 2	○	○				√
Colocar puntos de calibración	Operario 1 y 2	○	○				√
Rayar filo de bandeleta en horma para canal de polycord	Operario 1 y 2	○	○				-
Transporte al ruter	Operario 1 y 2	○	○				-
Mecanizado de canal de polycord	Operario 1 y 2	○	○				√
Transporte a la estación	Operario 1 y 2	○	○				-
Ajuste para la colocación del polycord	Operario 1 y 2	○	○				√
Colocación de polycord	Operario 1 y 2	○	○				√
Transporte hacia arenadora	Operario 1 y 2	○	○				-
Arenado molde	Operario 1 y 2	○	○				-
Tranporte a la estación	Operario 1 y 2	○	○				-

CURSOGRAMA SINÓPTICO

DIAGRAMA N.- 1		HOJA N.- 7					
Objeto: Realizar el levantamiento de las actividades para el mantenimiento del molde 8000 H							
SUBPROCESO: Mantenimiento molde 8000 H							
METODO: ACTUAL							
LUGAR: Taller matriceria			√ Actividad necesaria que agrega valor				
OPERARIO(S): 2		FICHA N.-	- Actividad necesaria que no agrega valor				
COMPUESTO POR:			x Actividad innecesaria que no agrega valor				
APROBADO POR:		FECHA: 05, 08, 12, 15, 18, 21, 25 y 28 de mayo del 2020					
DESCRIPCIÓN	OPERARIO	S I M B O L O					OBSERVACIONES
		●	➔	◐	■	▼	
Ajuste para la colocación del polycord	Operario 1 y 2	○					√
Colocación de polycord	Operario 1 y 2	○					√
Transporte hacia arenadora	Operario 1 y 2	○					-
Arenado molde	Operario 1 y 2	○					-
Tranporte a la estación	Operario 1 y 2	○					-
Limpieza de molde	Operario 1 y 2	○					-
Revisión control calidad	Supervisor					○	-
Entrega del molde y envío a Planta	Operario 1 y 2	○					-
Pruebas en planta	Operario 1	○					√
TOTAL		56	41	1	2		

En la Tabla 4-10 se analiza el total de las 101 actividades que se requiere para el mantenimiento del molde 8000 H y se clasifica en tres tipos de actividades: actividad necesaria que agrega valor en total 51, actividad necesaria que no agrega valor en total 49 y actividad innecesaria que no agrega valor en total 1.

Tabla 4-10: IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE ACTIVIDADES.

ACTIVIDADES	Actividad necesaria que agrega valor	Actividad necesaria que no agrega valor	Actividad innecesaria que no agrega valor	Total
Preparación de materiales		1		1
Extraer guías, bocines y sufridera	5	8		13
Recuperar altura de bandeleta	1	1		2
Asentado soleplate y rines	13	11	1	25
Extraer guías y bocines de puntera	7	4		11
Recuperado de hormas	15	12		27
Calibración	9	6		15
Arenado y limpieza de molde		4		4
Revisión control calidad		1		1
Entrega del molde y envío a Planta		1		1
Pruebas en planta	1			1

Los porcentajes de valor y no valor agregado se grafican en la Figura 4-13 y se identifica que hay cuatro procesos que tienen un 100% de actividades necesarias, pero no agregan valor; una actividad innecesaria que no agrega valor en el proceso de asentado soleplate con un 4%; es decir, se infiere que debe ser una de las principales actividades a mejorar en el proceso para la mejora continua.

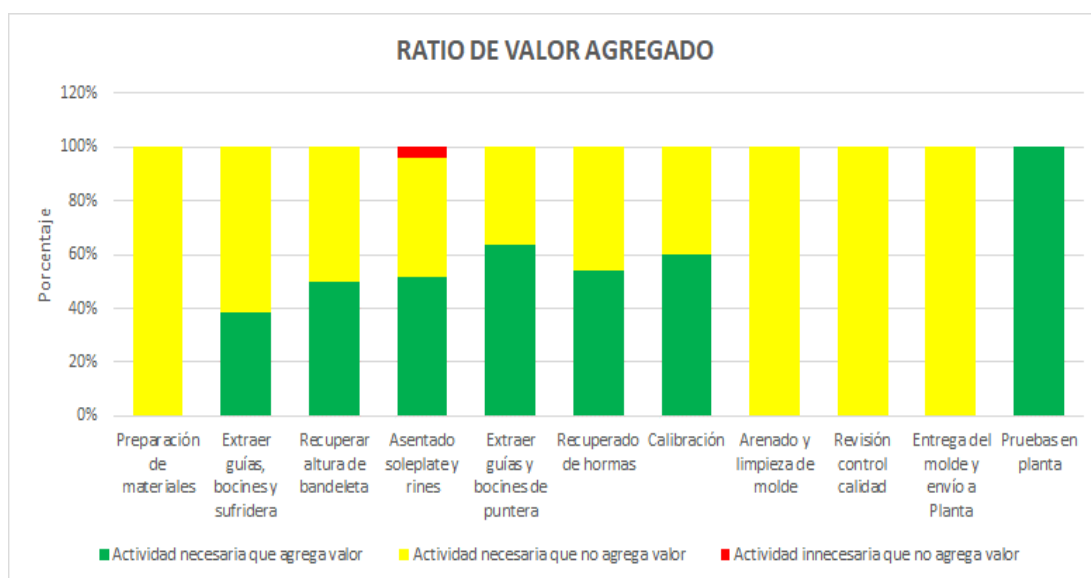


Figura 4-13: Ratio de valor agregado.

4.6.3 Análisis de cumplimiento del tiempo estándar

Se revisa el registro histórico de las notificaciones del año 2019 para los mantenimientos en los 27 moldes y se observa una variabilidad de 6455 hasta 14225 minutos, para los cuales se requirió más tiempo de lo planificado inicialmente como se puede observar en Tabla 4-11. Los tiempos se determinan en base a la suma total de las notificaciones diarias que realizan los matriceros dentro del sistema de control de la compañía. Cuando se termina un trabajo el matricero cuenta con una computadora en la que registra sus tiempos de operación.

Tabla 4-11: REGISTRO HISTÓRICO DE TIEMPOS.

MOLDE 8000 H	TIEMPO TOTAL (min)
L-COLEGIAL-26-1	9388
L-COLEGIAL-28-4	6585
L-COLEGIAL-35-5	6455
L-ZEUS-31-1	7535
L-ZEUS-32-1	8135
L-ZEUS-32-3	10100
L-ZEUS-35-1	9810
L-ZEUS-35-3	8725
L-ZEUS-36-3	8690
L-ZEUS-36-5	6830
L-ZEUS-36-7	14225
L-ZEUS-37-5	9635
L-ZEUS-37-6	7225
L-ZEUS-38-4	0
L-ZEUS-38-6	8545
L-ZEUS-38-7	8455
L-ZEUS-39-5	8835
L-ZEUS-39-6	0
L-ZEUS-40-1	11598
L-ZEUS-40-3	9050
L-ZEUS-40-5	11006
L-ZEUS-40-6	0
L-ZEUS-41-1	7889
L-ZEUS-41-3	11660
L-ZEUS-41-6	7890
L-ZEUS-42-3	11100
L-ZEUS-42-4	9670
Total general	219036

En la Figura 4-14 se observa que la mayor parte de las notificaciones en los trabajos emplean más tiempo del plan y en consecuencia el mantenimiento es más costoso.

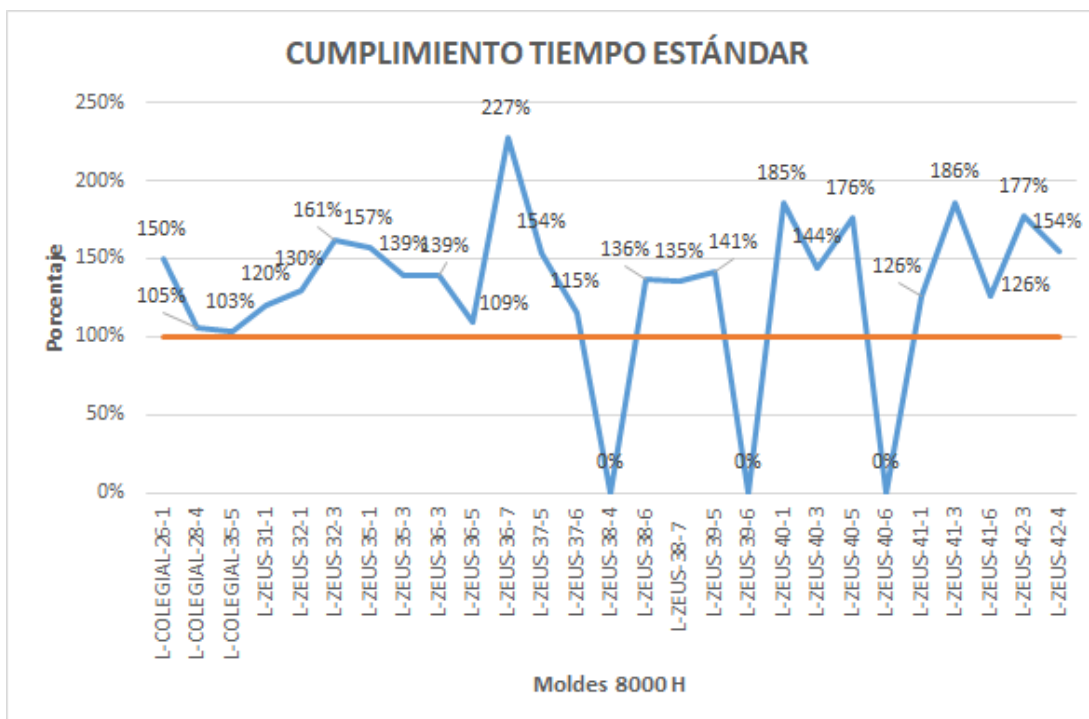


Figura 4-14: Porcentaje de cumplimientos de tiempo estándar.

4.6.4 Evaluación de habilidades

El cumplimiento de funciones se realiza en base a objetivos que son planteados a inicio de cada año donde el personal es evaluado dependiendo del puesto de trabajo, en el año 2019 se tiene un porcentaje promedio del 96%, la Tabla 4-12 muestra el detalle de enero a diciembre de cada persona. La evaluación a los matriceros se basa en acatamiento de órdenes, habilidades en ajustes, calidad del asentado, plus (valor agregado) y calidad en muestra inyectada, la escala de medición se aplica de la siguiente manera: de 0 – 7 necesita mejorar, consistente de 7.01 – 8, alto desempeño de 8.01 – 9 y excelente de 9.01 – 10.

En la Figura 4-15 se compara las calificaciones obtenidas de cada persona del taller de matricería. Este sistema de evaluación no permite identificar las capacidades técnicas de los matriceros, lo que provoca problemas durante los mantenimientos ya que no se utilizan las herramientas adecuadamente, los acabados son muy rústicos, en las pruebas de inyección sigue existiendo reprocesos y manchas por mala limpieza de molde o hundimiento de filtros con lo que infiere que la calificación alta que arroja este sistema no muestra la realidad en cuanto a las habilidades reales de los matriceros.

Tabla 4-12: CUMPLIMIENTO DE FUNCIONES MENSUAL.

MES	META	MATRICERO DCH	JEFE TALLER GCH	MATRICERO MC	MATRICERO WC	MATRICERO HF	ASISTENTE TALLER WG	MATRICERO FM	MATRICERO CO	SUBGERENTE TALLER MO	MATRICERO FP	MATRICERO JP	SUPERVISOR TALLER CP	MATRICERO CR	MATRICERO VR	MATRICERO CS	MATRICERO FT	MATRICERO JT	DISEÑADOR CAD/CAM JT
ENERO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	67%	100%	*	100%	100%	100%	100%	100%
FEBRERO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	67%	100%	*	100%	100%	100%	100%	100%
MARZO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	67%	100%	*	100%	100%	100%	100%	100%
ABRIL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	67%	100%	*	100%	100%	100%	100%	100%
MAYO	100%	100%	100%	100%	100%	110%	100%	100%	100%	100%	100%	67%	100%	*	110%	100%	100%	100%	100%
JUNIO	100%	100%	100%	0%	100%	110%	100%	100%	100%	100%	100%	67%	93%	10%	110%	100%	95%	100%	100%
JULIO	100%	110%	110%	60%	100%	110%	100%	100%	110%	100%	100%	67%	103%	100%	110%	100%	95%	95%	100%
AGOSTO	100%	100%	100%	87%	95%	50%	100%	95%	100%	100%	100%	40%	95%	100%	45%	95%	93%	91%	100%
SEPTIEMBRE	100%	100%	104%	100%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	104%	67%	100%	100%	100%	100%	95%	100%	100%
OCTUBRE	100%	100%	106%	100%	100%	100%	106%	95%	95%	100%	100%	75%	80%	100%	95%	100%	100%	100%	100%
NOVIEMBRE	100%	100%	100%	100%	105%	100%	106%	95%	100%	100%	100%	80%	80%	100%	95%	100%	95%	100%	100%
DICIEMBRE	100%	100%	100%	100%	100%	95%	106%	100%	100%	100%	95%	80%	95%	95%	95%	104%	100%	100%	100%
PROMEDIO 2019	100%	101%	102%	87%	100%	98%	102%	99%	100%	100%	100%	68%	96%	86%	97%	100%	98%	99%	100%

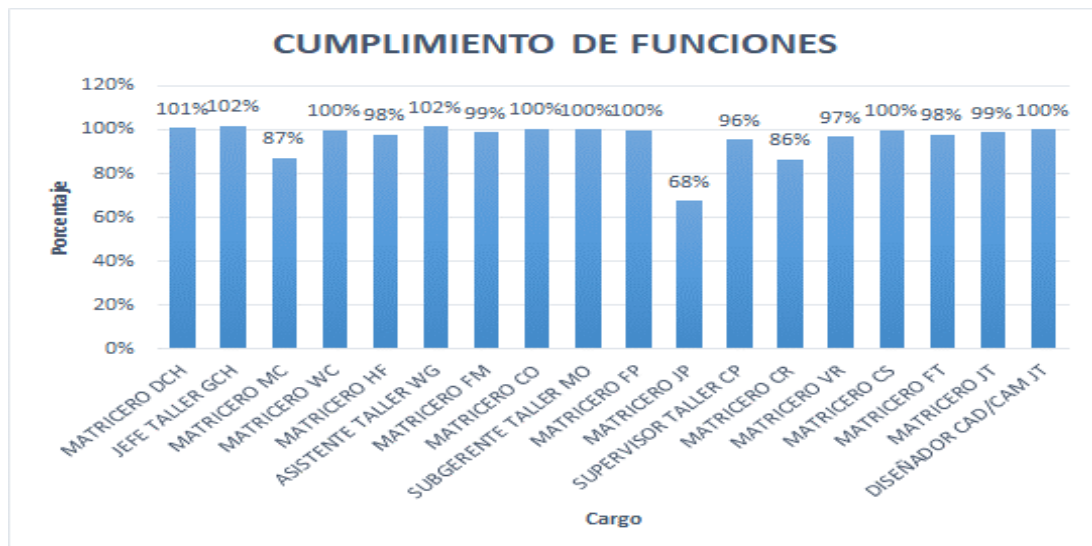


Figura 4-15: Porcentaje cumplimiento de funciones.

4.6.5 Análisis de uso de maquinaria

Se identifica que durante los turnos de producción del taller de matricería las máquinas con las que se cuenta se deben compartir entre los matriceros y no existe una coordinación previa entre estos para el uso adecuado de las máquinas en relación al tiempo. Se realiza un análisis Gantt para el uso de la máquina fresadora en el que se observa el desperdicio de la filosofía esbelta denominado esperas durante el tiempo de un matricero, se observa en la Figura 4-16 que la máquina tiene un tiempo de uso de 7 horas efectivas; en relación a los matriceros existe esperas ya que se requiere usar antes, pero se encuentra que la máquina aún está en uso por otro compañero. Para los matriceros WC y CR se tiene una espera de 1 hora respectivamente, tiempo en el que tienen que reorganizar su trabajo.

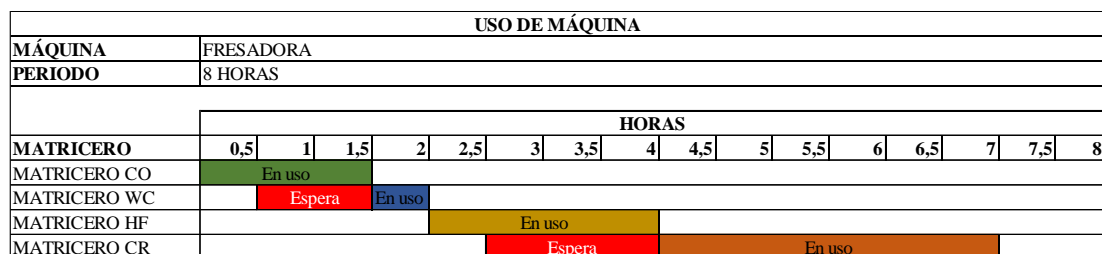


Figura 4-16: Gantt uso de máquina Fresadora.

En la Figura 4-17 se muestra el análisis Gantt para la máquina soldadora en el que se presenta otro caso de desperdicio de manufactura esbelta por esperas. En este análisis,

se observa que entre el matricero JP y HF se tiene que interrumpir el trabajo debido a que la orden de mantenimiento de HF requiere la soldadura para continuar con el resto de procesos, en este caso, el mantenimiento no se puede reorganizar.

USO DE MÁQUINA	
MÁQUINA	SOLDADORA
PERIODO	8 HORAS
	HORAS
	0,5 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4 4,5 5 5,5 6 6,5 7 7,5 8
MATRICERO WC	En uso
MATRICERO JP	En uso Espera En uso
MATRICERO HF	Espera En uso
MATRICERO DCH	En uso
MATRICERO FM	Espera En uso

Figura 4-17: Gantt uso de máquina Soldadora.

4.7 Propuesta de modelo de gestión de mejoras

En esta sección se realiza la propuesta del modelo de gestión de mejoras, los principales aspectos en ser analizados son cuatro pilares que ayudan a la mejora continua del taller y reducción de desperdicios de la manufactura esbelta.

4.7.1 Modelo GEMBA P²CH

En la Figura 4-18 se propone el modelo GEMBA P²CH, que alude a que las mejoras se hacen en el gemba a través de cuatro pilares: programación, proceso, calidad y habilidades que se aplican para tener resultados globales dentro del taller de matricería.

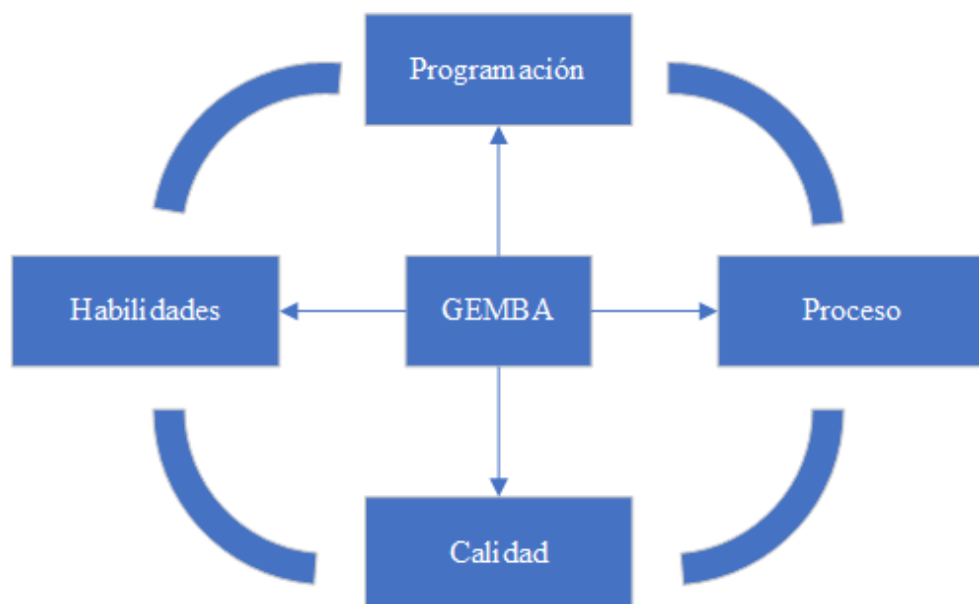


Figura 4-18: Gemba P²CH.

Mediante un sistema estructural para obtener mejores resultados en el gemba en la Figura 4-19, se propone la aplicación progresiva piramidal desde los cuatro pilares hasta el gemba, para aplicar varias herramientas de manufactura esbelta como el heijunka, tiempo de ciclo y kaizen, abastecimiento de materiales, estandarización, polifuncionalidad, priorizar-distribuir, kick-off, balanceo, agrupación, auditorías y sistema ILU se logra obtener mejoras dentro del taller de matricería. Todas estas herramientas se complementan y deben enmarcarse en un proceso de mejora continua.



Figura 4-19: Casa Gemba.

4.7.2 Programación

El flujograma propuesto para la programación del mantenimiento molde 8000 H se presenta en la Figura 4-20. La planta envía el seriado de moldes y por correo electrónico la orden SAP al jefe taller, las actividades son coordinadas y planificadas conjuntamente con el supervisor para toda la semana, en caso de presentarse novedades de materiales el supervisor solicita la compra mediante correo electrónico al jefe taller para que sea aprobada la solicitud y gestionada por el departamento de compras.

Para el comienzo de las actividades se inicia por medio de las tarjetas Kanban que contienen la información requerida por el cliente y entregadas a cada matricero, en esta parte se realiza un kick off donde intervienen el supervisor y matriceros para que tengan claro las actividades, el matricero comienza con la generación de la reserva de materiales que no están considerados en el kit y escribe el número generado del sistema

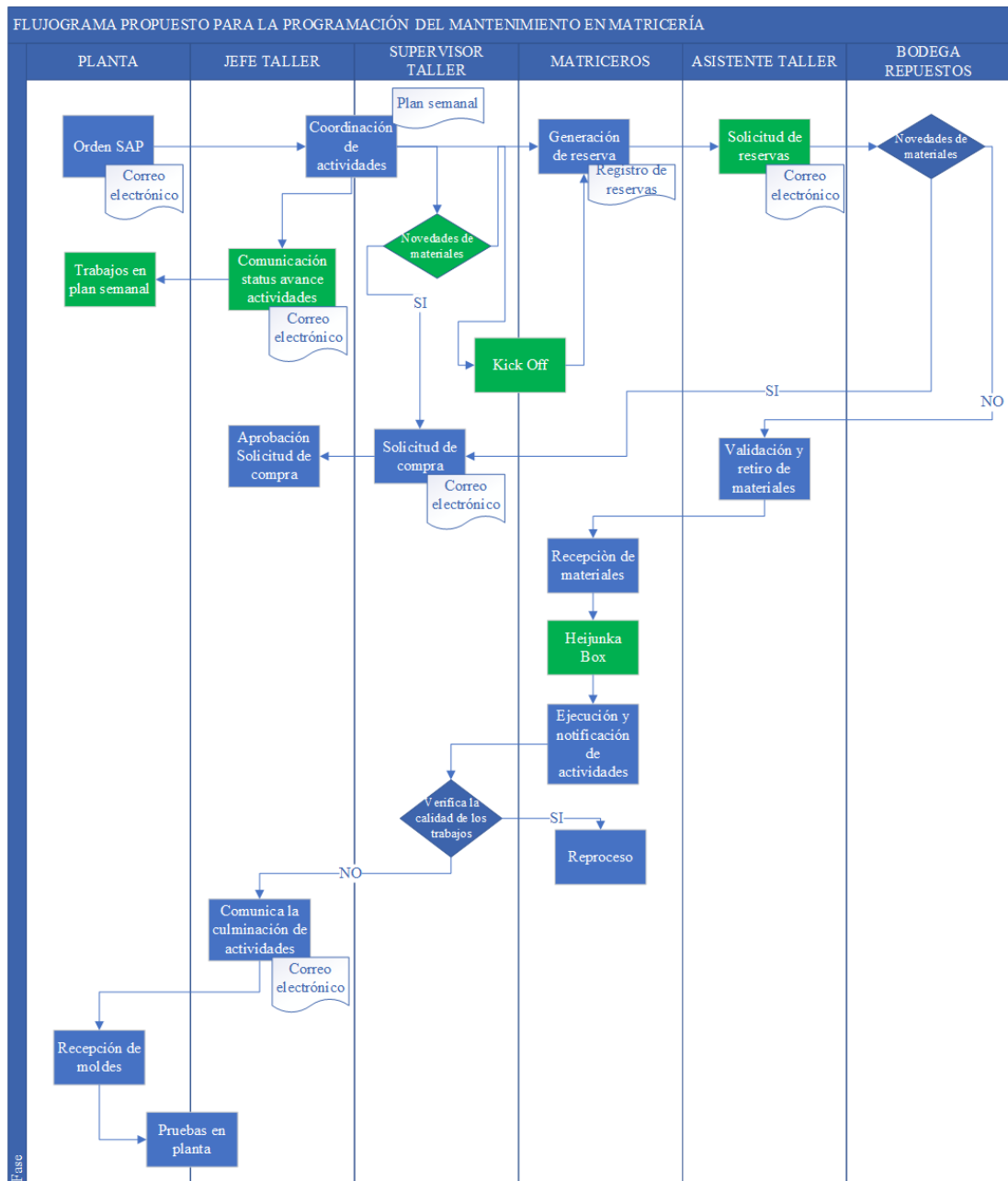


Figura 4-20: Flujograma propuesto para la programación del mantenimiento.

en un registro para que el asistente del taller se encargue de enviar un correo electrónico a bodega de repuestos y que ayuden con el descargue de los materiales en el sistema, el asistente recibe y valida los materiales para posterior hacer la entrega a cada solicitante, en caso de presentar novedades de materiales bodega de repuestos comunica al supervisor para que solicite la compra.

El jefe taller comunica el avance de las actividades y los trabajos del plan semanal a la planta por medio de un correo electrónico y de ser el caso de ya haber terminado el

mantenimiento del molde se encarga de comunicar el envío al jefe de planta y supervisor de mantenimiento donde también se solicita el día para la prueba del molde, aquí estarán presentes los matriceros que intervinieron en el mantenimiento y dejar completamente productivo.

La planificación para el mantenimiento de los moldes se realiza mediante las políticas que se proponen en esta investigación, con el objetivo de revisar disponibilidad de materiales, máquinas que serán utilizadas para que no existan conflictos que generen retraso y asignar el recurso humano para la ejecución de las actividades.

Políticas:

- Se recibe la solicitud de todo requerimiento hasta el jueves de cada semana.
- La planificación debe ser realizada hasta el viernes de cada semana y comunicada a los clientes cada lunes.
- Se debe revisar la capacidad del taller y decidir quién hace el trabajo.
- La planificación debe ser revisada diariamente para dar seguimiento al avance de cada requerimiento.
- Informe semanal vía correo electrónico indicando el status y avance del mantenimiento.

Priorizar y distribuir trabajos

La programación de mantenimientos dentro del taller de matriceria se enfoca en la priorización de trabajos de acuerdo al nivel de urgencia que presenta la planta de producción, en la Tabla 4-13 se establece la prioridad con la que se deben programar.

Dentro de este orden se tiene a los mantenimientos preventivos con una prioridad de 1 donde se corrige los defectos o averías de los moldes tras el cumplimiento de un periodo de producción lo cual permite el alargamiento de la vida útil del molde, los urgentes con una prioridad 2 donde se corrige los defectos o averías de los moldes que impiden la obtención de un producto conforme en el corto plazo ya que se requieren inmediatamente para producción, dependiendo del caso será atendido el cliente y las modificaciones con una prioridad de 3 en el cual existe un cambio en la forma original del molde, ya sea que afecten al producto o la funcionalidad del molde.

De presentarse un mantenimiento urgente o algún problema en el molde que está en producción, el jefe de taller en coordinación con el supervisor realiza el análisis para solventar el problema apoyándose con uno de los matriceros, en este caso, la actividad inicial del matricero que atiende la urgencia debe ser replanificada dependiendo del tiempo que se consume en el mantenimiento imprevisto.

Tabla 4-13: PRIORIDAD MANTENIMIENTOS.

MANTENIMIENTOS	PRIORIDAD
PREVENTIVO	1
URGENTE	2
MODIFICACIÓN	3

En base a la información que se recibe de parte de la planta y de existir presencia de un mantenimiento urgente, el jefe del taller debe analizar la capacidad y decidir quién hace el trabajo apoyándose en conjunto con el supervisor para garantizar la confiabilidad y cumplir con la fecha pactada con el cliente sea esta entrega final de pedidos o mantenimientos urgentes, en la Figura 4-21 se muestra el flujograma de ingreso de pedidos.

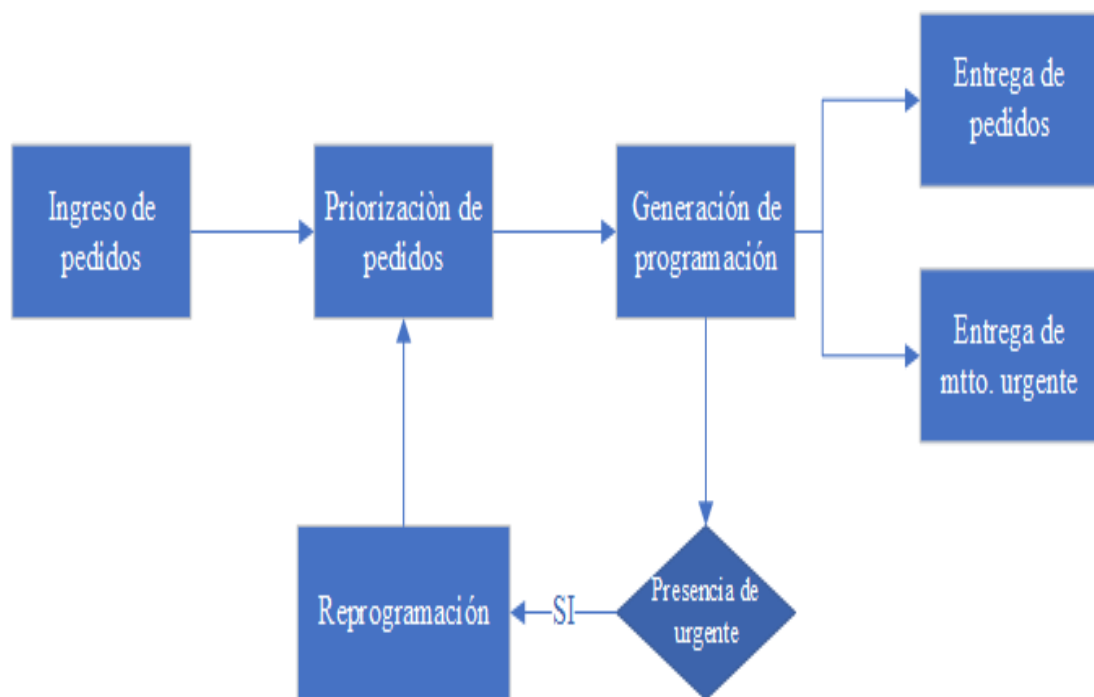


Figura 4-21: Flujograma propuesto para el ingreso de pedidos.

Kick off

El origen del kick off proviene de un concepto del fútbol americano conocido como la patada inicial, es decir cuando comienza el partido con el primer lanzamiento. En el caso del taller de matriceria, existen mantenimientos en los cuales se deben establecer con claridad las entradas o requisitos del cliente por lo que se propone en la Tabla 4-14 a partir del concepto del kick off, el registro en donde se ingresa estos datos.

Se identifica que los aspectos claves para el buen desempeño en la ejecución de las actividades del matricero deben partir de la definición de un plano en el que se detalla las partes y medidas del molde, otros aspectos son el material, la duración del mantenimiento, el costo y el responsable.

El kick off define los procesos que intervienen durante el mantenimiento, en el registro se debe señalar la intervención de diseño, proceso o mecanizado. En esta parte se evalúa el nivel de complejidad y los riesgos que se pueden presentar. En esta dinámica que se propone, los participantes son el jefe taller, supervisor y matriceros.

Esta herramienta se enfoca hacia la disminución de reprocesos y esperas por la falta de información acerca de los requisitos del cliente, el registro kick off se entrega en conjunto con la tarjeta Kanban en el que se identifica los procesos y tiempo para ejecutar la actividad.

Tabla 4-14: CHECK LIST PROPUESTO KICK OFF.

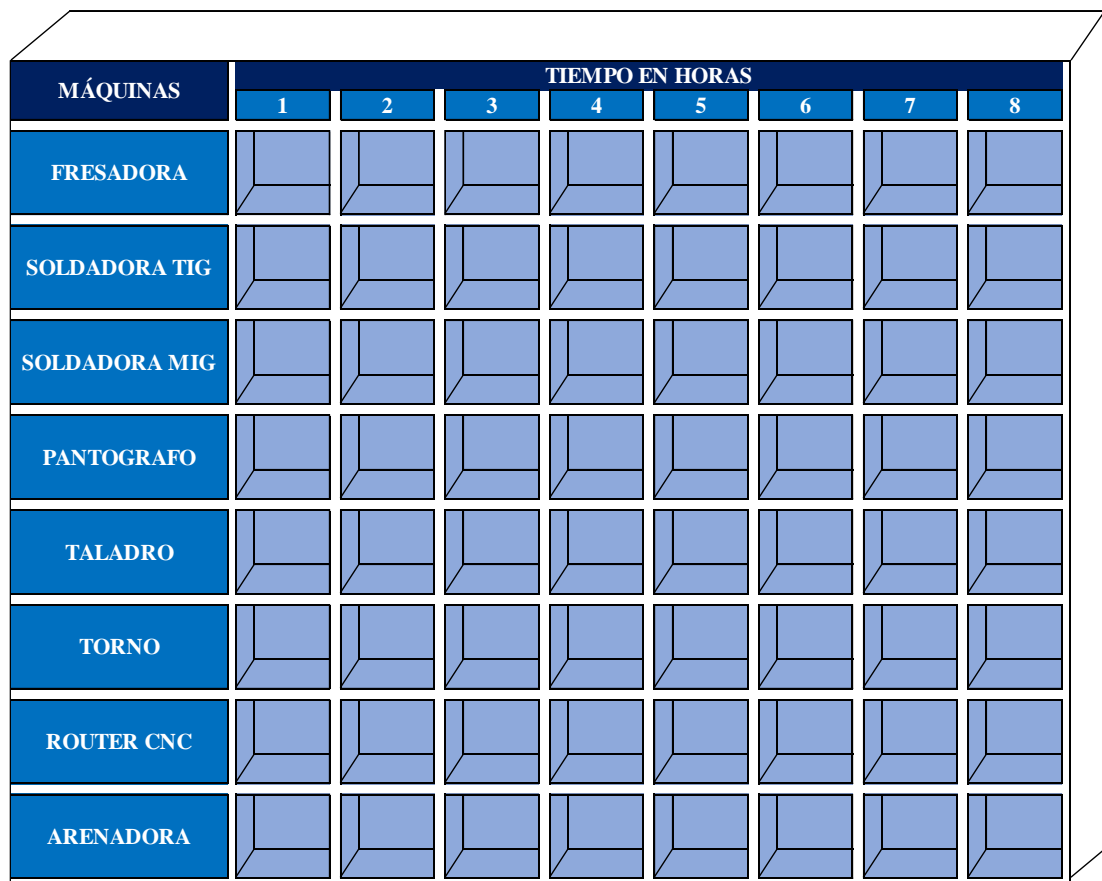
CHECK LIST PROPUESTO RECEPCIÓN TRABAJOS		
NOMBRE PROYECTO:		
CLIENTE:		
ENTRADAS	APLICA (SI / NO)	OBSERVACIONES
PLANO		
MATERIAL		
DURACIÓN		
COSTO		
RESPONSABLE		
PROCESO	APLICA (SI / NO)	OBSERVACIONES
DISEÑO		
MECANIZADO		
MATRICERIA		

Heijunka box

Para la ejecución de las actividades de los matriceros al inicio del turno se debe organizar en equipo la utilización de las máquinas para que no exista esperas innecesarias. Se desarrolla la herramienta heijunka box en la que se identifica las máquinas y el tiempo en horas que estarán en uso.

Cada matricero cuenta con una tarjeta de identificación la cual se ubica en cada casillero del heijunka de acuerdo a la hora de utilización de la máquina, esto permite a los matriceros identificar al inicio del turno el orden de sus actividades.

Al final del turno las actividades planificadas de ese día se notifican en unidades de tiempo. Terminado el mantenimiento del molde el matricero entrega al supervisor para que verifique la calidad del trabajo, si no es aprobado es devuelto para el reproceso y si pasa la revisión el supervisor se encarga de comunicar al jefe taller (Figura 4-22).



MÁQUINAS	TIEMPO EN HORAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
FRESADORA								
SOLDADORA TIG								
SOLDADORA MIG								
PANTOGRAFO								
TALADRO								
TORNO								
ROUTER CNC								
ARENADORA								

Figura 4-22: Heijunka box.

4.7.3 Proceso

En esta sección se proponen mejoras al proceso del mantenimiento 8000 H desde el análisis del diagrama de proceso hasta la diagramación del VSM del estado futuro.

Método propuesto

El método que se propone en esta investigación se basa en la descomposición del molde y se identifica las actividades que se pueden realizar en paralelo, este es el caso de recuperar altura bandeleta en el que se tienen cuatro partes del molde (dos para cada par) y un tiempo de ciclo de 840 minutos. En el método actual, esta actividad la realiza solo el matricero 2 mientras el matricero 1 espera por otra actividad.

En el método actual se observa que al contar con cuatro partes del molde y que el tiempo de ciclo del matricero 1 en la actividad recuperado de hormas es de 1260 minutos que se detalla en la Tabla 4-15, se puede convertir esta espera en una actividad de operación que agregue valor al entregar la mitad de partes al matricero 1 para que el tiempo de ciclo de Recuperar Altura Bandeleta disminuya a la mitad; es decir, 420 minutos (Figura 4-23) en el método propuesto.

La coordinación de reservas se realiza previamente por el supervisor por lo que ya no forma parte del tiempo de operación de mantenimiento y la revisión del molde en la estación se mejora a partir de la definición de los puntos críticos de calidad.

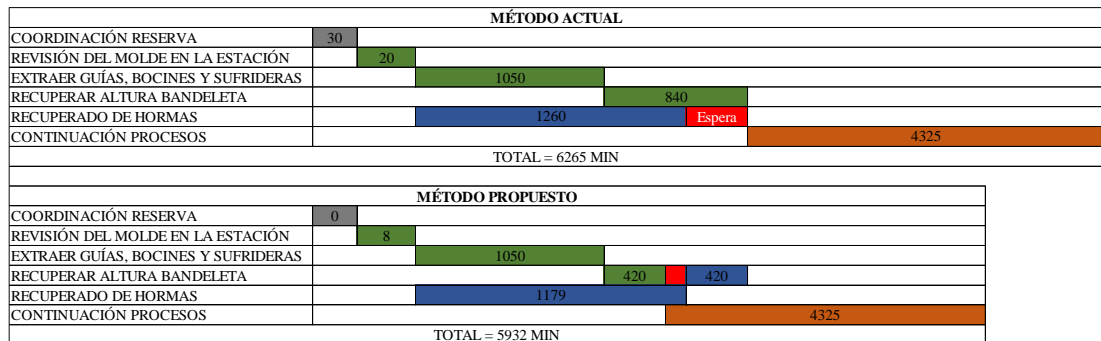


Figura 4-23: Método propuesto- Análisis Gantt.

El enfoque del diagrama propuesto en la Figura 4-24 es eliminar el inventario intermedio y distribuir las actividades entre los dos matriceros. Se observa que al descomponer el molde la necesidad de inventario se elimina y los matriceros pueden

trabajar en procesos paralelos que disminuyen el tiempo de ciclo total. Además, se propone operaciones combinadas; es decir, cada finalización de procesos requiere de una inspección.

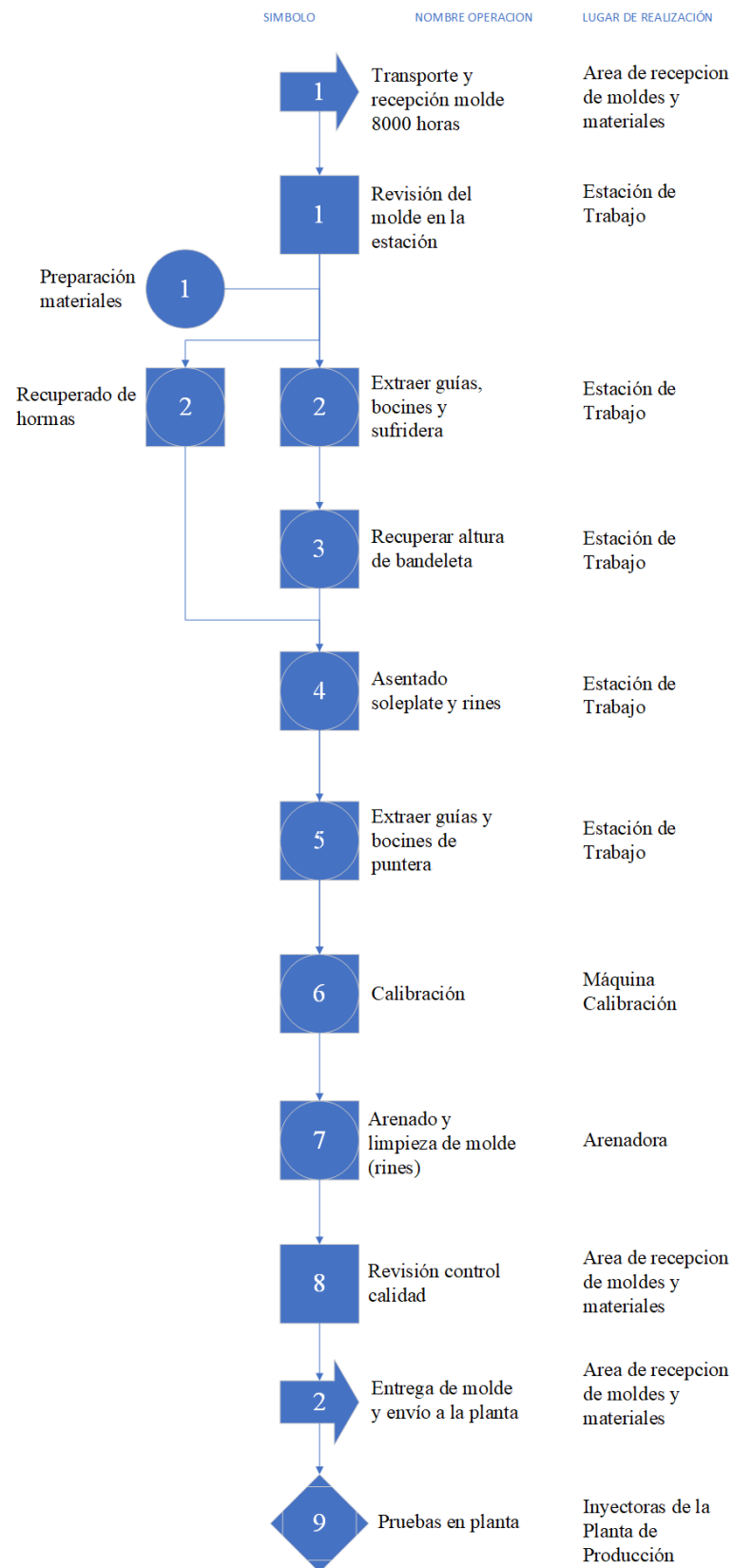


Figura 4-24: Diagrama propuesto para el mtto 8000 H.

Del análisis se observa que el proceso de recuperado de hormas influye directamente en el tiempo de mantenimiento total por lo que se identifica actividades clave a mejorar. En el recuperado se requiere realizar 15 operaciones y 11 transportes con un tiempo total de 1260 minutos para lo cual se revisa las subtareas del proceso en las que se intervendrá, la señalización y ubicación para nuevos ahorros y los insertos de ganchos requiere un tiempo de 80 minutos, se revisa las actividades del transporte al pantógrafo 4 minutos, transporte a la estación 5 minutos, transporte a la rampa 5 minutos y el pulido de placas de calibración 50 minutos. En la Tabla 4-15 se señala las subtareas mencionadas.

Tabla 4-15: CURSOGRAMA ACTUAL RECUPERADO HORMA MTT0 8000 H.

CURSOGRAMA ANALITICO								
DIAGRAMA N.- 2	HOJA N.- 1							
Objeto: Analizar las actividades del recuperado de horma para el mantenimiento del molde 8000 H								
SUBPROCESO: Recuperado horma del mantenimiento molde 8000 H								
MÉTODO: ACTUAL								
LUGAR: Taller matriceria		✓	Actividad necesaria que agrega valor					
OPERARIO(S): 2	FICHA N.-	-	Actividad necesaria que no agrega valor					
COMPUESTO POR:		✗	Actividad innecesaria que no agrega valor					
APROBADO POR:	FECHA: 05, 08, 12, 15, 18, 21, 25 y 28 de mayo del 2020							
DESCRIPCIÓN	OPERARIO	TIEMPO (min)	S I M B O L O					OBSERVACIONES
			●	➔	◐	◑	▼	
Hundir ahorros antiguos	Operario 1	60,00	●					✓
Transporte a la soldadora mig	Operario 1	3,00		➔				-
Extraer insertos para ganchos	Operario 1	120,00	●					✓
Recuperar cara plantar en soldadora tig y rellenar agujero de inserto anterior	Operario 1	120,00	●					✓
Transporte a la rampa	Operario 1	5,00		➔				-
Desbaste de soldadura y ahorros anteriores	Operario 1	80,00	●					✓
Transporte a la estación	Operario 1	5,00		➔				-
Recuperado de cara plantar	Operario 1	120,00	●					✓
Señalar ubicación para nuevos ahorros y los insertos de ganchos	Operario 1	80,00	●					-
Transporte al taladro	Operario 1	4,00		➔				-
Perforar para colocar nuevos ahorros y los insertos de ganchos	Operario 1	120,00	●					✓
Transporte a la estación	Operario 1	4,00		➔				-
Colocar insertos para ganchos	Operario 1	40,00	●					✓
Transporte a la rampa	Operario 1	5,00		➔				-

CURSOGRAMA ANALITICO								
DIAGRAMA N.- 2	HOJA N.- 2							
Objeto: Analizar las actividades del recuperado de horma para el mantenimiento del molde 8000 H								
SUBPROCESO: Recuperado horma del mantenimiento molde 8000 H								
MÉTODO: ACTUAL								
LUGAR: Taller matriceria		√	Actividad necesaria que agrega valor					
OPERARIO(S): 2	FICHA N.-	-	Actividad necesaria que no agrega valor					
COMPUESTO POR:		X	Actividad innecesaria que no agrega valor					
APROBADO POR:	FECHA: 05, 08, 12, 15, 18, 21, 25 y 28 de mayo del 2020							
DESCRIPCIÓN	OPERARIO	TIEMPO	S I M B O L O					OBSERVACIONES
		(min)	●	➔	D	■	▼	
Dar continuidad a los insertos de ganchos	Operario 1	40,00	●	➔				√
Transporte a la estación	Operario 1	5,00		➔				-
Pulido de cara plantar	Operario 1	80,00	●					√
Colocar ahorros nuevos	Operario 1	120,00	●					√
Transporte al pantógrafo	Operario 1	4,00		➔				-
Dar medida a los ahorros nuevos	Operario 1	60,00	●					√
Transporte a la estación	Operario 1	5,00		➔				-
Desarmar las torres de calibración	Operario 1	60,00	●					√
Transporte a la rampa	Operario 1	5,00		➔				-
Pulido de placas de calibración	Operario 1	50,00	●					√
Transporte a la estación	Operario 1	5,00		➔				-
Cambio de esparragos y tuercas nuevas	Operario 1	60,00	●					√
TOTAL		1260,00	15	11				

En la Tabla 4-16 del cursograma analítico del Recuperado de Hormas propuesto se requiere 16 operaciones y 9 transportes con un tiempo total de 1179 minutos para lo cual se aplica las mejoras en las subtareas del proceso, la señalización y ubicación para nuevos ahorros y los insertos de ganchos con el nuevo método se mejora el tiempo de 80 minutos a 38 minutos, se elimina el transporte al pantógrafo tiempo 4 minutos y se pasa a desbastar con la pulidora tiempo 1 minuto, se elimina el transporte a la estación tiempo 5 minutos, el proceso del pulido de placas de calibración tiempo 50 minutos al rectificado de placas de calibración tiempo 20 minutos esta actividad manual ahora se propone realizar en la máquina fresadora, obteniendo un ahorro global de 81 minutos.

Tabla 4-16: CURSOGRAMA PROPUESTO RECUPERADO HORMA MTT0 8000 H.

CURSOGRAMA ANALITICO								
DIAGRAMA N.- 3		HOJA N.- 1						
Objeto: Proponer el siguiente cursograma para las actividades del recuperado de horma del mantenimiento del molde 8000 H								
SUBPROCESO: Recuperado horma del mantenimiento molde 8000 H								
MÉTODO: PROPUESTA								
LUGAR: Taller matriceria		√	Actividad necesaria que agrega valor					
OPERARIO(S): 2		FICHA N.-	-	Actividad necesaria que no agrega valor				
COMPUESTO POR:			x	Actividad innecesaria que no agrega valor				
APROBADO POR:		FECHA: 02, 06, 10, 14, 17, 21, 24, 27, 31 de julio del 2020						
DESCRIPCIÓN	OPERARIO	TIEMPO (min)	S I M B O L O					OBSERVACIONES
			●	➔	◐	■	▼	
Hundir ahorros antiguos	Operario 1	60,00	○					√
Transporte a la soldadora mig	Operario 1	3,00		○				-
Extraer insertos para ganchos	Operario 1	120,00	○					√
Recuperar cara plantar en soldadora tig y rellenar agujero de inserto anterior	Operario 1	120,00	○					√
Transporte a la rampa	Operario 1	5,00		○				-
Desbaste de soldadura y ahorros anteriores	Operario 1	80,00	○					√
Transporte a la estación	Operario 1	5,00		○				-
Recuperado de cara plantar	Operario 1	120,00	○					√
Señalar ubicación para nuevos ahorros y los insertos de ganchos	Operario 1	38,00	○					-
Transporte al taladro	Operario 1	4,00		○				-
Perforar para colocar nuevos ahorros y los insertos de ganchos	Operario 1	120,00	○					√
Transporte a la estación	Operario 1	4,00		○				-
Colocar insertos para ganchos	Operario 1	40,00	○					√
Transporte a la rampa	Operario 1	5,00		○				-
Dar continuidad a los insertos de ganchos	Operario 1	40,00	○					√
Transporte a la estación	Operario 1	5,00		○				-
Pulido de cara plantar	Operario 1	80,00	○					√
Colocar ahorros nuevos	Operario 1	120,00	○					√
Desbaste con la pulidora	Operario 1	1,00	○					-
Dar medida a los ahorros nuevos	Operario 1	60,00	○					√
Desarmar las torres de calibración	Operario 1	60,00	○					√
Transporte a la fresadora	Operario 1	4,00		○				-
Rectificado de placas de calibración	Operario 1	20,00	○					√
Transporte a la estación	Operario 1	5,00		○				-
Cambio de esparragos y tuercas nuevas	Operario 1	60,00	○					√
TOTAL		1179,00	16	9				

VSM del estado futuro

La presente investigación propone el mapa de flujo de valor del estado futuro para el mantenimiento del molde 8000 H en el que se identifica las mejoras. El jefe taller en conjunto con el supervisor antes de enviar la planificación semanal para los trabajos solicitados tiene que contar con mínimos de stock de materiales los cuales siempre deben estar disponibles en la bodega de matriceria, los 27 ítems que forman parte del kit de materiales se controlan con el supervisor.

En la bodega de repuestos los materiales que no están considerados en el kit tienen que contar con mínimos de stock de materiales para que durante el proceso no exista desabastecimiento, todo este proceso se debe comunicar oportunamente al departamento de compras para la respectiva gestión, el aviso de llegada y entrega del material solicitado se recibe de forma continua.

La planta es el cliente interno, pero también se convierte en proveedor interno, con este enfoque su responsabilidad es validar y enviar el set completo al taller con el debido tiempo para el comienzo de las actividades del mantenimiento.

En la propuesta futura se elimina el proceso de coordinación de reservas (30 minutos), el matricero encargado de preparar el kit de materiales tiene que verificar en el sistema al momento de generar la reserva; esto incluye a materiales específicos que se requieren dentro del mantenimiento.

Al inicio del proceso parten con la revisión del molde en la estación de ajuste donde intervienen matriceros 1 y 2 con un MTTR de 20 minutos, para la mejora del proceso se define los puntos críticos a ser revisados, el MTTR disminuye a 8 minutos ya que en base a la operación estándar que se define en la Tabla 4-17 los matriceros guían su revisión de calidad.

Del análisis del proceso de recuperado de hormas donde se tiene una restricción, al trabajar los matriceros en actividades paralelas se nota que la extracción de guías y sufridera tiene un MTTR de 1050 minutos y el recuperado de hormas un MTTR de 1260 minutos, en el cursograma analítico se detecta actividades de mejora que reducen al MTTR de 1260 minutos a 1179 minutos.

También se reduce el MTTR en el proceso del Recuperado Altura de Bandeleta de 840 minutos a 420 minutos, ya que las actividades se asignan a los dos matriceros sin la generación de inventario entre procesos.

Del análisis del VSM actual y el VSM futuro se identifica un tiempo total inicial de 6265 minutos equivalente a 15 días y con la disminución de desperdicios un tiempo total propuesto de 5932 minutos equivalente a 14 días. En la Figura 4-25 se observa el VSM del estado futuro para el mantenimiento del molde 8000 H.

4.7.4 Calidad

En esta sección se proponen mejoras al proceso del mantenimiento 8000 H desde el análisis del flujograma de revisión de calidad, ningún molde debe llegar con errores al cliente; es decir, mejorar la calidad del producto (molde) a través del control en cada proceso.

Auditorías en el gemba

Dentro de las actividades del flujograma el método que se propone para la revisión de calidad en el proceso es la participación del o los matriceros dentro de sus tareas para que se pueda detectar posibles anomalías antes de continuar con la secuencia de las actividades.

Las siete actividades que tiene el mantenimiento como macro son importantes para minimizar los reprocesos, es decir, toda actividad requiere ser inspeccionada. El matricero debe utilizar las herramientas que son proporcionadas en el taller adecuadamente para garantizar su trabajo y obtener acabados finos. Para lo cual se menciona como relevantes lo siguiente.

1. Es importante verificar la curvatura de la cara plantar de las hormas.
 - a. Punta: entre los extremos y la parte más alta una diferencia de 3.5 a 4mm para hombres y para mujeres y niños de 3 a 3.5mm.
 - b. Medio: entre los extremos y la parte más alta una diferencia de 1.5 a 1.7mm.
 - c. Taco: entre los extremos y la parte más alta una diferencia de 2 a 2.5mm. Las medidas se toman desde los puntos del lado más sobresaliente de la cara plantar.

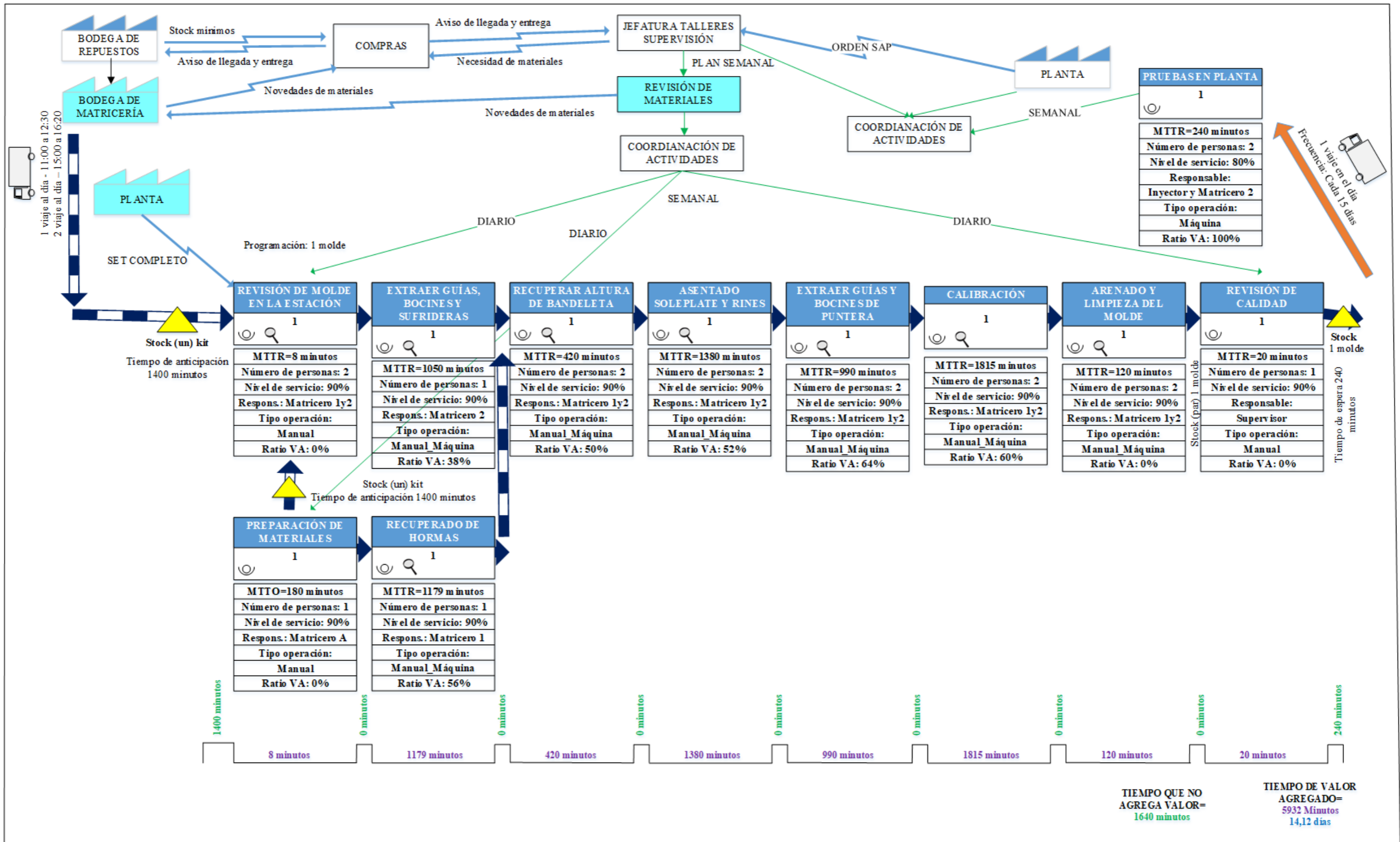


Figura 4-25: VSM del estado futuro para el mto 800H.

2. Se debe copiar la misma curva de la cara plantar al soleplate para:
 - a. Darle ergonomía al calzado.
 - b. Tener espesor uniforme.
 - c. Garantizar la fluidez del material al tener la constancia en el espacio.
3. Los agujeros de inyección deben ser cónicos y lisos para evitar la retención del material, para que fluya con facilidad. Después de perforar con la broca aconsejó que se pase una rima cónica o un buril afilado para quitar cualquier rebaba.
4. Se debe calibrar bien los espesores de los cortes teniendo el registro para verificarlo después la producción de la planta.
5. El polycord debe ser cuadrado y más blando:
 - a. Absorba las diferencias de los cortes y del calibrado.
 - b. Debe quedar de 1 a 1.5mm sobresalido.
 - c. El polycord no debe quedar salido 1.5mm en todo el contorno, sino que debe ser variable. (esto se debe probar)
 - d. Debe ser cuadrado para tener mayor área de contacto. El polycord debe ser de caucho y silicona para garantizar la recuperación de la forma original.
6. Se debe colocar las platinas en la parte del talón para que forme el corte correctamente.
7. En la preparación de materiales, se debe preparar el material lo más aproximado para disminuir tiempos de mecanizado.
8. En la calibración se debe dejar hasta 2 décimas de ajuste.
9. Todos los matriceros deben tener calibradores de laines.
10. El soleplate debe tener un juego deslizante con los rines. (asentado 0 – 0)
11. El terminado del asentado se hace con rasquetas.
12. El cierre entre los rines debe ser 0 – 0.

La secuencia de las actividades en el molde continua hasta el final, el supervisor hace la última revisión de calidad en el taller y si se encuentran defectos es rechazado, de ser aprobado se procede con el envío del molde a la planta previa comunicación por el jefe taller al jefe de planta para las pruebas del molde en la inyectora. En la liberación del molde deben estar presentes los matriceros que hicieron el trabajo y dejar productivo (Figura 4-26).

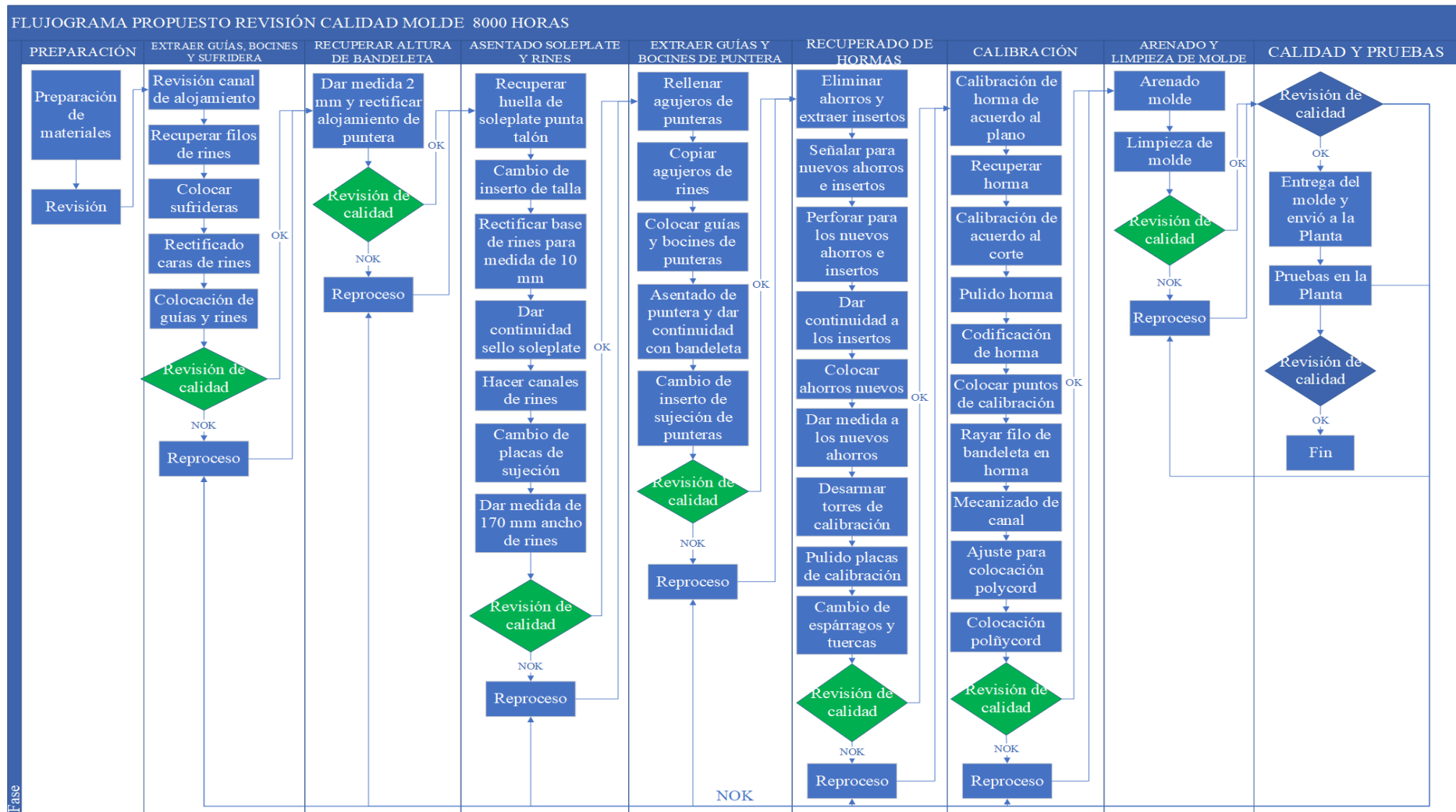







Figura 4-26: Flujograma propuesto revisión calidad.

Revisión inicial de puntos críticos

Se identifica que durante la revisión del molde en la estación los puntos críticos a considerar son la huella, el diseño de la puntera, la bandeleta, revisión del calce y ver el estado de la horma para el comienzo del proceso como se observa en la Tabla 4-17 que muestra la propuesta del método de revisión de calidad previo el inicio del mantenimiento.

Tabla 4-17: OPERACIÓN ESTÁNDAR DE REVISIÓN DEL MOLDE 8000 H EN LA ESTACIÓN.

LÍNEA DE PRODUCTO: Mtto. molde 8000 H		ÁREA: Matrickeria	Operación: Revisión molde	RESPONSABLE: Matricero	ELABORADO: WG REVISÓ: CP
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO					
EQUIPO DE SEGURIDAD - Lentes de seguridad - Tapones auditivos - Guantes Nitriflex - Zapatos de seguridad	MATERIALES - Kit.				
HERRAMIENTA - Estandarizado en la estación de trabajo.	CRITERIOS DE ACEPTACION / RECHAZO - Medida de calce				
EQUIPO - Fresado - Soldadora - Taladro - Torno - Pantógrafo - Arenado					
ACTIVIDADES A REALIZAR	TIEMPO (MIN)	MEDIDAS CORRECTIVAS			
1. Revisar estado de huella de soleplate punta talón	1,5	- En caso de que las partes del molde se encuentren en estado de no poder recuperar se procederá a la construcción de un nuevo.			
2. Verificar golpes en la puntera	0,5				
3. Medir ancho de bandeleta	2				
4. Revisar el calce de la horma	2				
5. Revisar estado de horma	2				
TOTAL TIEMPO	8				

4.7.5 Habilidades

En esta sección, se enfoca el mejoramiento de habilidades a través de identificar en cada matricero su nivel de conocimiento en los tipos de mantenimiento y máquinas con las que cuenta el taller de matricería.

Sistema ILU

La investigación propone el uso del sistema ILU en la Tabla 4-18 en el que se identifica mediante una tabla de doble entrada las operaciones y operarios más fuertes y más débiles, a partir del cual, se puede empezar con un programa de adiestramiento técnico que mejore las habilidades de los matriceros.

El sistema ILU se desarrolla para gestionar adecuadamente la enseñanza, el sostenimiento y el crecimiento gradual de la habilidad de los matriceros. Contiene, tres categorías: I para los operarios que requieren ayuda para realizar su operación de acuerdo al estándar establecido, L para los operarios que realizan su operación por sí mismos además de cumplir con el tiempo asignado a la operación y con el nivel de calidad del mantenimiento, U para los operarios que cumplen los requisitos de la categoría “L” y además de conocer perfectamente la máquina, pueden dar instrucciones de acuerdo a la operación estándar (enseñar) y proponer mejoras al método.

En el sistema ILU se usa el símbolo de un círculo para identificar al operario titular de la operación, un cuadrado identifica al operario suplente, un triángulo para el operario en capacitación y ningún símbolo (vacío) para operarios que no conocen nada de la operación. En cada casilla que cruza la operación con el operario se colocan las categorías I, L o U acorde al caso.

Se identifica que, en el taller de matricería en cuanto a nivel de habilidades, el proceso con mayor número de matriceros con experiencia es el mantenimiento 2000 H y la máquina de mayor conocimiento interno es el taladro. Por el contrario, las máquinas que requieren mayor conocimiento por parte de los operarios son electroerosionadora y router. En cuanto a los matriceros se obtiene tres con la potencia de habilidades más baja, a los cuales se debe iniciar el proceso de adiestramiento técnico.

Tabla 4-18: SISTEMA ILU MATRICEROS.

EQUIPO DE TRABAJO	PROCESO			DOMINIO DE MÁQUINAS							Potencia de Matricero
	MMTO. 8000 H	MMTO. 4000 H	MMTO. 2000 H	FRESADORA	SOLDADORA	TORNO	TALADRO	ELECTROEROSI ONADORA	ROUTER	PANTOGRAFO	
DCH											10
MC											3
WC											6
HF											2
OM											2
CO											10
FP											8
JP											4
CHR											2
CR											4
CS											5
CT											7
JT											4
Potencia de Operación	5	7	9	5	9	7	13	3	3	6	

MAYOR CONOCIMIENTO INTERNO
 MENOR CONOCIMIENTO INTERNO

Matriz de Polifuncionalidad

Para complementar el análisis del sistema ILU, la investigación evalúa de forma numérica el grado de habilidad en cada proceso y operación del taller de matricería.

En relación al método tradicional en el que solo se evalúa cumplimiento de funciones y ningún aspecto de habilidad, esta propuesta representa un significativo aporte ya que el desarrollo de habilidades tiene sustento desde dos ámbitos, sistema ILU para identificar procesos y matriceros fuertes y débiles y matriz de polifuncionalidad para evaluar el grado de avance en las habilidades (Tabla 4-19).

Tabla 4-19: PORCENTAJE DE HABILIDAD MATRICEROS.

EQUIPO DE TRABAJO	PROCESO			DOMINIO DE MÁQUINAS							%
	MMTO. 8000 H	MMTO. 4000 H	MMTO. 2000 H	FRESADORA	SOLDADORA	TORNO	TALADRO	ELECTROEROSIONADORA	ROUTER	PANTOGRAFO	
DCH	1	1	1	0,8	1	0,8	1	0,7	1	1	93%
MC	0,3	0,5	0,8	0,7	0,8	0,7	1	0,6	0	0,5	59%
WC	0,6	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	1	0,7	1	0,7	80%
HF	0,4	0,6	0,9	0,6	0,6	0,6	1	0,5	0	0,7	59%
OM	0,3	0,5	0,6	0,7	0,5	0,8	1	0,5	0,5	0,5	59%
CO	1	1	1	0,9	0,8	0,9	1	0,8	0,6	0,8	88%
FP	0,7	0,8	0,8	1	0,9	0,9	1	0,8	0,5	1	84%
JP	0,4	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	1	0,7	0,5	0,9	69%
CHR	0,2	0,4	0,4	0,5	0,4	0,7	1	0,5	0,3	0,4	48%
CR	1	1	1	0,7	0,6	0,7	1	0,5	0,4	0,6	75%
CS	0,6	0,8	0,9	0,7	0,7	0,6	1	0,5	0,3	1	71%
CT	1	1	1	0,8	0,8	0,8	1	0,5	0,6	0,6	81%
JT	0,4	0,5	0,7	0,6	0,6	0,7	1	0,5	0,4	0,7	61%
ESCALA DE CALIFICACIÓN											
	ESCALA		DESCRIPCIÓN								
DESCONOCIMIENTO TOTAL	0		Indica desconocimiento.								
LO CONOCE	33		Indica cierto conocimiento.								
EXPERTO	66		Indica total conocimiento.								
HA FORMADO CON ÉXITO	100		Indica que sabe realizar formación.								

4.8 Comparación sistemas tradicional y P²CH

En esta sección, en relación a la comparación del sistema tradicional con la metodología propuesta del P²CH representa un significativo aporte para la aplicación de herramientas de manufactura esbelta donde se construyan técnicas más adecuadas y que los pilares sean el soporte hacia la mejora continua.

4.8.1 Nivel de servicio

La meta actual del nivel de servicio mensual del taller matricero se establece en 90%, este indicador mide los trabajos planificados vs. trabajos entregados a tiempo. En la Figura 4-27, se puede observar que los resultados mensuales se mantienen por encima

de la meta, en el mes de agosto se presenta atrasos por lo que cae al 89% pero no se debe a mantenimientos 8000 H, se hacen correcciones para que no exista afectación a las entregas de clientes y se mantiene el nivel de servicio para el siguiente mes.

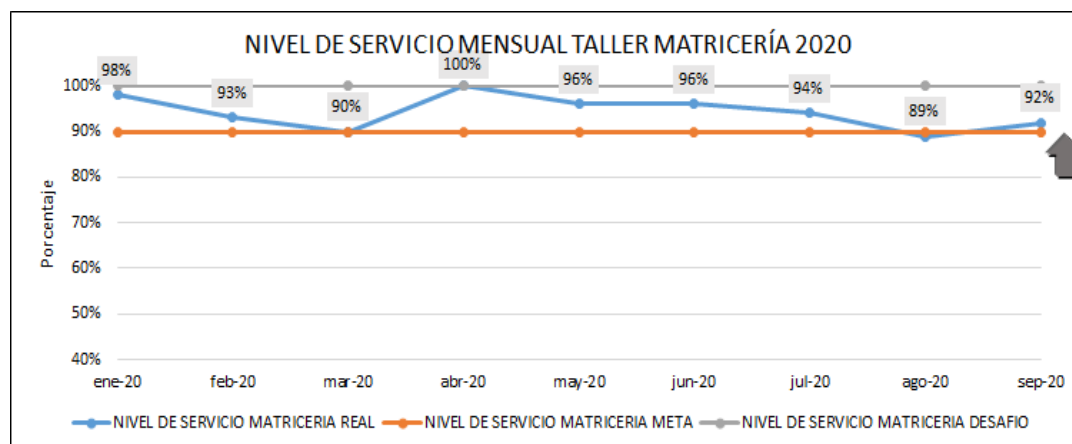


Figura 4-27: Nivel de servicio mensual.

En la siguiente Tabla 4-20 se realiza la comparación del indicador nivel de servicio del sistema tradicional y el enfoque con manufactura esbelta a través del modelo gamba P²CH. Con la información levantada hasta septiembre del 2020 se puede inferir que el porcentaje de variación en cada mes es muy significativo para el proceso.

Tabla 4-20: VARIACIÓN PORCENTUAL NIVEL DE SERVICIO.

NIVEL DE SERVICIO MATRICERIA			
MESES	NIVEL DE SERVICIO 2019	NIVEL DE SERVICIO 2020	VARIACIÓN PORCENTUAL
ENERO	95%	98%	3%
FEBRERO	89%	93%	4%
MARZO	93%	90%	-3%
ABRIL	95%	100%	5%
MAYO	81%	96%	15%
JUNIO	90%	96%	6%
JULIO	92%	94%	2%
AGOSTO	84%	89%	5%
SEPTIEMBRE	98%	92%	-6%

En la Figura 4-28 se observa que en siete de los nueve meses en los que se realiza la comparación el nivel de servicio aumenta, se identifica una disminución del 3% en el mes de marzo debido principalmente a las contingencias presentadas por la pandemia del covid-19. En el mes de agosto no se alcanza la meta, pero si existe un incremento

respecto del sistema tradicional. La variación porcentual del nivel de servicio tiene un mínimo del 2% en el mes de julio y un máximo del 15% en el mes de mayo, el promedio general es del 3% de incremento.

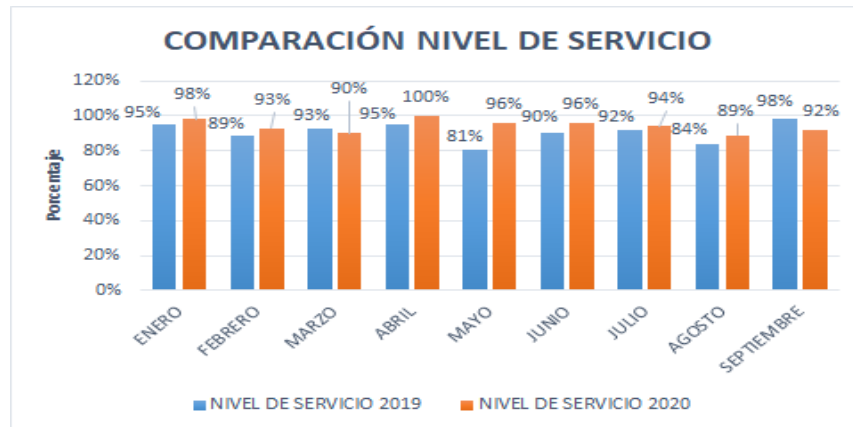


Figura 4-28: Comparación nivel de servicio mensual.

4.8.2 Tiempo de ciclo

Durante la ejecución del proyecto de investigación se realiza el mantenimiento 8000 H de 13 moldes en los que se aplica las mejoras propuestas, se observa los tiempos de ciclo notificados con un promedio de 5925 minutos; equivalente a 14,11 días, se infiere que el jefe taller debe planificar para 14 días y no los 15 días que anteriormente se planificaba. En la Tabla 4-21 se recolecta los tiempos notificados por los matriceros en el heijunka box y sistema SAP de la empresa.

Tabla 4-21: REGISTRO DE NOTIFICACIONES TIEMPO CICLO.

MOLDE 8000 H	TIEMPO TOTAL (min)
L-ZEUS-24-1	5820
L-ZEUS-25-1	5830
L-ZEUS-26-1	5935
L-ZEUS-27-1	5945
L-ZEUS-28-1	5930
L-ZEUS-30-1	5950
L-ZEUS-33-1	5910
L-ZEUS-34-1	5960
L-ZEUS-34-3	5965
L-ZEUS-35-4	5955
L-ZEUS-41-1	5935
L-ZEUS-43-1	5960
L-ZEUS-44-1	5930
Total general	77025

Para complementar el análisis en la Figura 4-29 se revisa el porcentaje de cumplimiento del tiempo real en el que se observa que los mantenimientos se mantienen dentro del tiempo estándar.

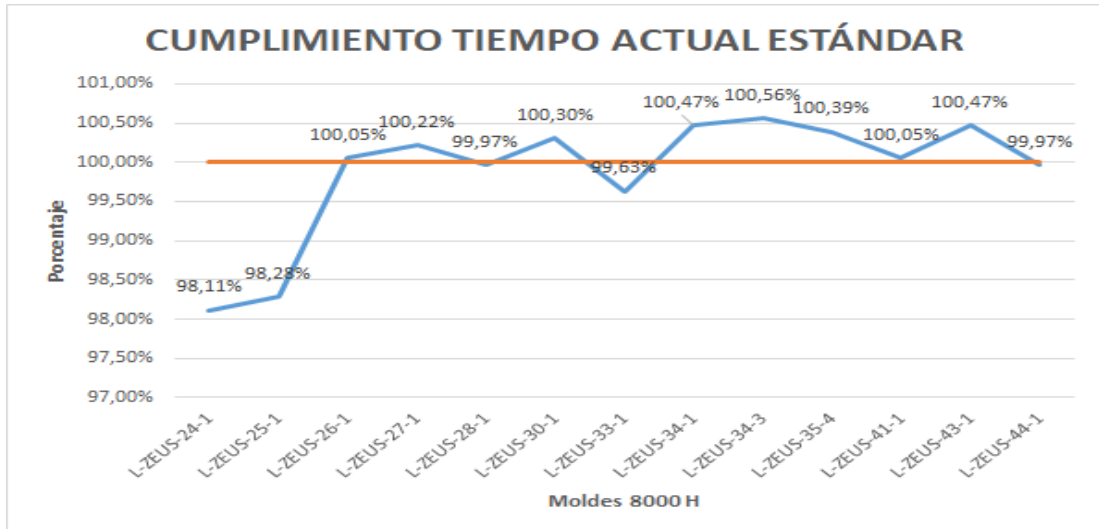


Figura 4-29: Porcentaje de cumplimiento tiempo actual estándar.

Al realizar el análisis de la Figura 4-30 se observa que el tiempo propuesto tiene una disminución de 333 minutos respecto del tiempo actual, lo que representa el 5,3%. El mantenimiento 8000 H desde la recepción del pedido de planta hasta su entrega toma 14,12 días para su ejecución, la aplicación de las propuestas de mejora representa un importante aporte para la generación de valor en la matriceria.

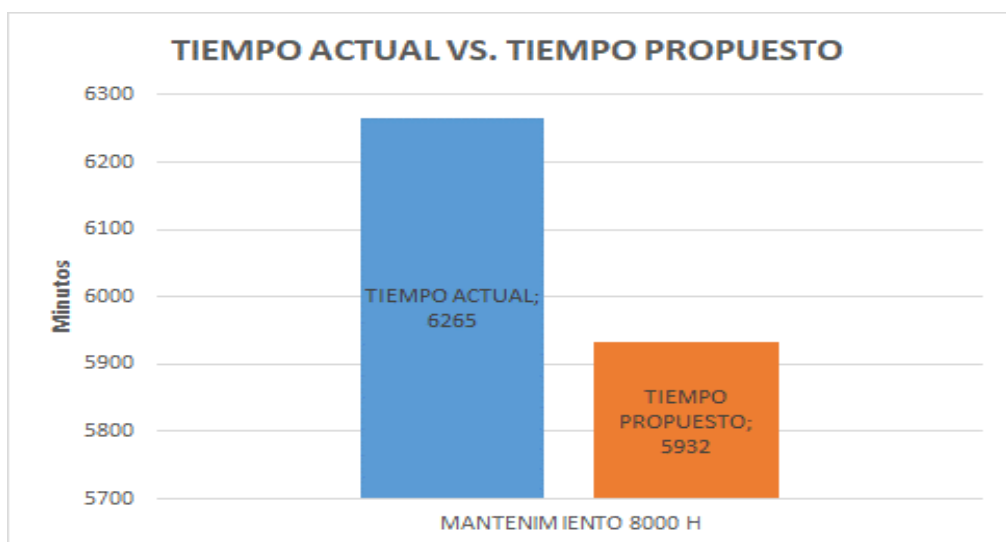


Figura 4-30: Tiempo actual vs. tiempo propuesto.

Con respecto al porcentaje de cumplimiento anterior vs. el nuevo en la Figura 4-31 se analiza el tiempo real porcentual de la notificación de los 13 moldes realizados el mantenimiento en el presente año y 13 moldes del año 2019 la meta es del 100%, con el sistema tradicional no existía un control, con las propuestas en el proceso se observa que existe una estabilidad en las notificaciones que se mantienen dentro de la meta.

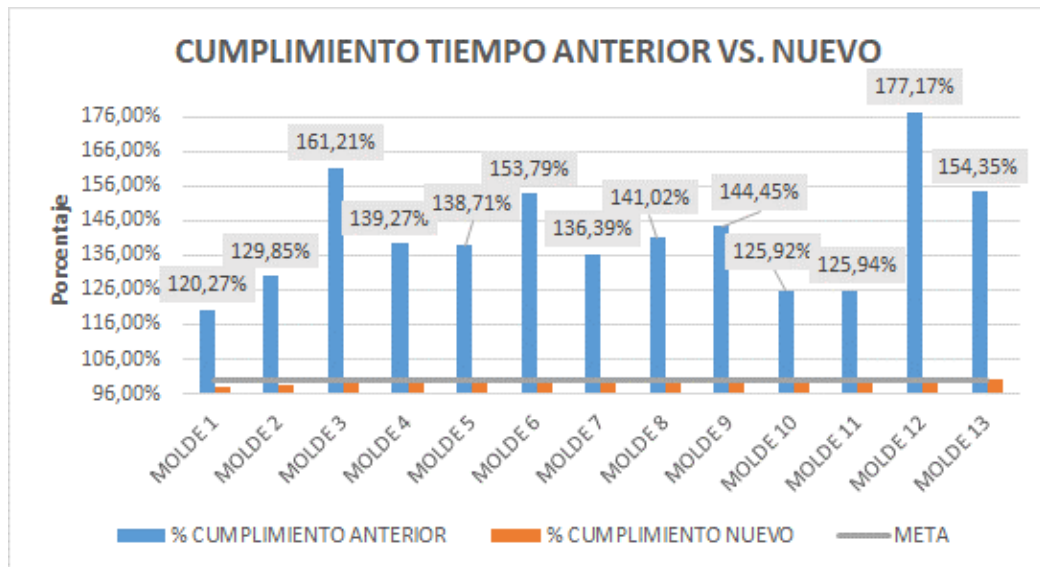


Figura 4-31: Porcentaje de cumplimiento anterior vs. nuevo.

4.8.3 Costos

Para el mantenimiento de moldes 8000 H los costos determinan el valor monetario que se incurre por mano de obra y materiales.

El corte se hizo desde el tercer trimestre hasta septiembre del 2020, en la Tabla 4-22 se puede observar que el costo promedio es de \$ 1189,78 de los 13 moldes, con la información que se levanta en la situación actual el costo del mantenimiento es de \$ 2139.16.

Se puede inferir que el ahorro es significativo con el valor de \$ 949.38 por molde lo que representa una disminución porcentual de 44,4%; las notificaciones de los matriceros se controlan por el jefe taller en el sistema y las mejoras en el proceso que disminuyen el tiempo del mantenimiento impactan positivamente en la disminución del costo total.

Tabla 4-22: COSTO ACTUAL PARA MTTO 8000 H.

MOLDE 8000 H	COSTO POR MTTO
L-ZEUS-24-1	\$ 878,68
L-ZEUS-25-1	\$ 751,05
L-ZEUS-26-1	\$ 1.446,60
L-ZEUS-27-1	\$ 1.461,23
L-ZEUS-28-1	\$ 992,31
L-ZEUS-30-1	\$ 1.004,89
L-ZEUS-33-1	\$ 1.051,59
L-ZEUS-34-1	\$ 1.073,08
L-ZEUS-34-3	\$ 1.604,22
L-ZEUS-35-4	\$ 1.623,75
L-ZEUS-41-1	\$ 900,76
L-ZEUS-43-1	\$ 1.307,03
L-ZEUS-44-1	\$ 1.371,91
Total general	\$ 15.467,10

En la Figura 4-32 se observa que el costo como sumatoria de los 13 moldes tiene una disminución global de \$11.409,91 dólares en un periodo de nueve meses, lo que representa el 42,45%. La variación de costo por molde tiene un mínimo de \$300,31 dólares y un máximo de \$1.348,55, el promedio de reducción general es del \$877,69.

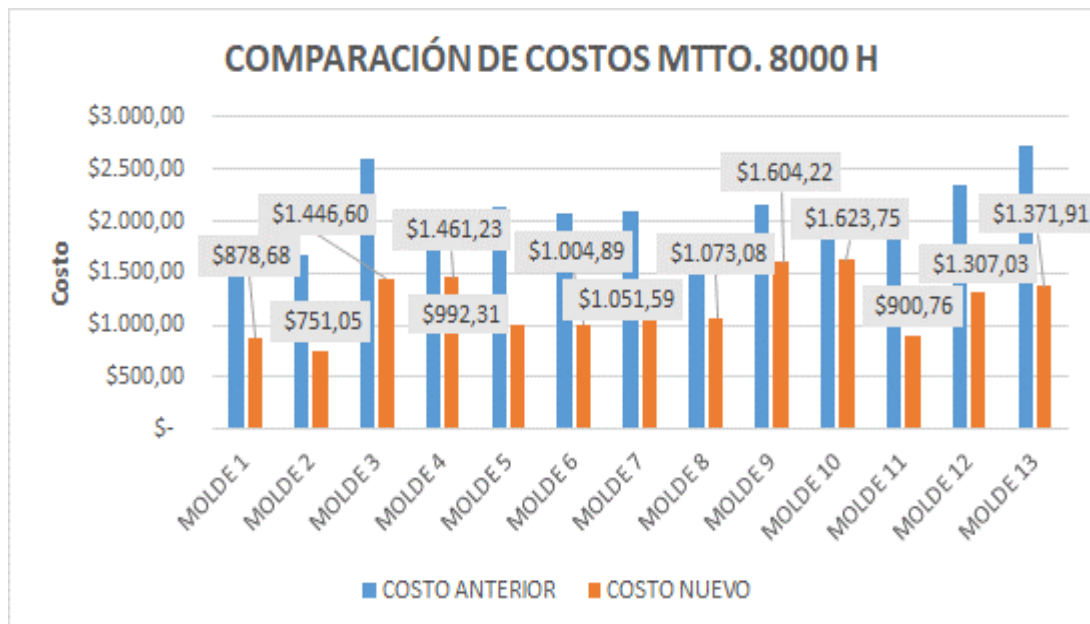


Figura 4-32: Comparación de costos mto. 8000 H anterior vs. nuevo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA

5.1 Conclusiones

- El taller de matricería realiza mantenimiento preventivo de moldes, mantenimiento de urgentes y modificaciones completas de moldes. Los mantenimientos preventivos son los trabajos que en su mayoría se realizan y las actividades se ejecutan de acuerdo a un flujo de mantenimiento que se detalla en tarjetas Kanban con pasos estandarizados, los moldes que se denominan de 8000 H son los más complejos y abarcan de forma global todos los procesos de la matricería con un total de 9 pasos secuenciales desde la recepción del pedido de planta hasta las pruebas de liberación y funcionamiento. El taller de matricería cuenta con varios indicadores que permiten medir el avance en ciertos aspectos relacionados con manufactura esbelta como el nivel de servicio, auditorías 5S, costo, tiempos de entrega los cuales muestran desviaciones importantes respecto de las metas establecidas.

- El mantenimiento de moldes 8000 H tiene un tiempo de entrega de 14,92 días en los que participan dos matriceros para la realización de las actividades. Se identifica que durante la ejecución aparecen ciertos desperdicios de manufactura esbelta desde la solicitud de planta hasta la realización del mantenimiento. Cuando la programación llega a los matriceros, no existe un método para entendimiento de los trabajos y la asignación correcta de tiempos de utilización de las máquinas provocando esperas innecesarias. No se analiza la correcta distribución de actividades y el tiempo de entrega se alarga, se observa que en la situación actual el cumplimiento porcentual del tiempo estándar tiene grandes desviaciones y los costos son altos. No existe calidad en la fuente y por el contrario se prioriza la revisión de calidad al final de la línea lo que acarrea reprocesos y en caso de presentarse rechazo por calidad se debe intervenir desde la actividad que genera el problema.

- El modelo P²CH se diseña a partir de la filosofía de manufactura esbelta poniendo énfasis en los procesos de gestión clave para el taller de matricería. Se establece cuatro pilares de acción y mejora; en cuanto a programación se implementa reglas de priorización de trabajos, un nuevo flujo de información que asegure el correcto entendimiento para el mantenimiento 8000 H con métodos de despliegue de detalles técnicos a través de kick off y métodos de organización interna para uso de máquina como heijunka box. En cuanto a proceso, se establece un vsm del estado futuro en el que se prioriza el abastecimiento de materiales y entrega del set completo, la distribución de actividades en paralelo que permiten la disminución del tiempo de entrega a 14,12 días. En cuanto a calidad, se establece que cada actividad secuencial debe aplicar calidad en la fuente a través de la identificación de los puntos críticos a controlar. En cuanto a habilidades, se implemente el sistema ILU que se basa en la asignación de un nivel de desarrollo del matricero desde la perspectiva de conocimiento y desarrollo de personas y proceso, con esto se guía la obtención de polifuncionalidad en los matriceros.
- El modelo que se implementa a través de la filosofía de manufactura esbelta establece cuatro pilares de acción los cuales permiten guiar los esfuerzos de mejora hacia áreas clave del taller de matricería. El nivel de servicio refleja un aumento promedio del 3% en el periodo de comparación y el análisis del mantenimiento 8000 H permite alcanzar una disminución de 0,4 días en tiempo de ciclo global. La implementación progresiva de los métodos de gestión que se proponen asegura un alto cumplimiento de los tiempos estándar y la estabilización de costos totales dentro del taller de matricería, respecto del sistema tradicional se observa mejor nivel de servicio lo que permite sustentar la decisión de la gerencia de que todos los trabajos se realicen en el taller de matricería; es decir, se elimina la necesidad del envío de trabajo hacia proveedores externos.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda evaluar periódicamente los porcentajes de participación de los tipos de trabajo que se definen: mantenimiento preventivo, mantenimiento urgentes y modificaciones de moldes. Realizar un análisis de las actividades por tipo de mantenimiento y definir los recursos necesarios dentro del taller de matricería.
- Se recomienda realizar el análisis progresivo de los tipos de molde por planta de producción y los mantenimientos comunes para la estandarización de actividades. Establecer periodos de actualización de los instructivos de trabajo y mantener políticas claras entre las planta de producción como cliente interno y el taller de matricería como ejecutor de los mantenimientos.
- Se recomienda extender y difundir la metodología de trabajo del taller de matricería con el modelo P²CH hacia otras áreas de la compañía Plasticaucho Industrial S.A. Revisar la factibilidad de contar con un sistema de producción integral dentro de la compañía. Realizar capacitación al personal sobre manufactura esbelta y difundir la capacidad técnica que existe dentro del taller de matricería.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

- Agarwal, S., & Agrawal, A. (2020). *Uses , Advantages and Opportunities of Kanban methods in Mechanical Engineering and Product Manufacturing*. 10(1), 18–21. <https://doi.org/10.29322/IJSRP.10.01.2020.p9704>
- Alvarez, K., Aldas, D., & Reyes, J. (2017). Towards Lean Manufacturing from Theory of Constraints: A Case Study in Footwear Industry. *2017 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application, ICIMSA 2017*. <https://doi.org/10.1109/ICIMSA.2017.7985615>
- Amrina, E., & Andryan, R. (2019). Assessing Wastes in Rubber Production Using Lean Manufacturing: A Case Study. *2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2019, 1*, 328–332. <https://doi.org/10.1109/IEA.2019.8714925>

- Antosz, K., Stadnicka, D., & Ratnayake, R. M. C. (2016). Use of lean management philosophy in health sector: A VSM based case study. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2016-Decem*, 1523–1528. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7798132>
- Arevalo-Barrera, B. C., Parreno-Marcos, F. E., Quiroz-Flores, J. C., & Alvarez-Merino, J. C. (2019). Waste Reduction Using Lean Manufacturing Tools: A Case in the Manufacturing of Bricks. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1285–1289. <https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978508>
- Arslankaya, S., & Atay, H. (2015). Maintenance Management and Lean Manufacturing Practices in a Firm Which Produces Dairy Products. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 207, 214–224. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.10.090>
- Ballesteros, L., & Ibarra, V. (2017). Manufactura Esbelta. *Conciencia Tecnológica*, 53, 54–58. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94453640004%0APDF>
- Baurguignon, J., & Watson, K. (2016). Training Guide - Lean Manufacturing. In *After adoption* (Santa Barb, Issue April).
- Bonilla-Ramirez, K. A., Marcos-Palacios, P., Quiroz-Flores, J. C., Ramos-Palomino, E. D., & Alvarez-Merino, J. C. (2019). Implementation of Lean Warehousing to Reduce the Level of Returns in a Distribution Company. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 886–890. <https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978755>
- Caballero-Barrera, A. F., Valdivia-Castillo, J. P., Quiroz-Flores, J. C., & Alvarez-Merino, J. C. (2019). Development and Application of Kanban and Milk-Run in Production Process of a Metalworking Company. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1250–1254. <https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978753>
- Coetzee, R., van der Merwe, K., & van Dyk, L. (2016). Lean implementation strategies: How are the Toyota Way principles addressed? *South African Journal of Industrial Engineering*, 27(3SpecialIssue), 79–91. <https://doi.org/10.7166/27-3-1641>
- Dhiravidamani, P., Ramkumar, A. S., Ponnambalam, S. G., & Subramanian, N. (2018). Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing industry—an industrial case study. *International Journal of*

- Computer Integrated Manufacturing*, 31(6), 579–594.
<https://doi.org/10.1080/0951192X.2017.1356473>
- Dinis-Carvalho, J., Ratnayake, R. M. C., & Ferrete, L. (2018). Implementation of lean principles for performance improvement: Use of VSM+WID for waste identification. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2017-Decem, 644–648.
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8289970>
- El Kihel, Y., Amrani, A., Ducq, Y., & Amegouz, D. (2019). Implementation of Lean through VSM modeling on the distribution chain: Automotive case. *International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management, LOGISTIQUA 2019*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA.2019.8907282>
- Faisal, A. M. (2018). Predictive Simulation Modeling and Analytics of Value Stream Mapping for the Implementation of Lean Manufacturing: A Case Study of Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2018, Iccics*, 582–585. <https://doi.org/10.1109/ICCONS.2018.8663052>
- Farfan-Meza, B. N., Vega-Villasante, C. A., Maradiegue-Tuesta, F., & Alvarez-Merino, J. C. (2019). Reduction of Nonconformities in Galvanized Process Using Model Based on Lean Manufacturing Tools. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1255–1259.
<https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978848>
- Hogg, T. M. (2013). Lean Manufacturing. In *Human Systems Management* (Vol. 12, Issue 1). <https://doi.org/10.3233/HSM-1993-12106>
- Huarhua-Machuca, A., Nunez-Ponce, V. H., Altamirano, E., & Alvarez-Merino, J. C. (2019). Applying Lean Techniques to Reduce Defective Products: A Case Study of an Electrode Manufacturing Company. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 541–545.
<https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978865>
- Kamble, S., Gunasekaran, A., & Dhone, N. C. (2020). Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1319–1337. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1630772>
- Kane, M., Chui, K., Rimicci, J., Callagy, P., Hereford, J., Shen, S., Norris, R., & Pickham, D. (2015). Lean manufacturing improves emergency department

- throughput and patient satisfaction. *Journal of Nursing Administration*, 45(9), 429–434. <https://doi.org/10.1097/NNA.0000000000000228>
- LeanSis Productividad, & Ecoembes. (2017). *Introducción a Lean Manufacturing*. 1–56.
- Madariaga, F. (2019). *Lean manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. (Grantham B).
- Maintenance, L. (2020). *Los 7 desperdicios de mantenimiento*. 3–5.
- Manzano Ramírez, M., & Gisbert Soler, V. (2016). Lean Manufacturing: implantación 5S. *3C Tecnología_Glosas de Innovación Aplicadas a La Pyme*, 5(4), 16–26. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n4e20.16-26>
- Moeuf, A., Tamayo, S., Lamouri, S., Pellerin, R., & Lelievre, A. (2016). Strengths and weaknesses of small and medium sized enterprises regarding the implementation of lean manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.552>
- Plasticaucho. (2020). *Procesos*. <http://www.plasticaucho.com.ec/nwp/%0A>
- Poves-Calderno, I. G., Ramirez-Mendoza, J. A., Nunez-Ponce, V. H., & Alvarez-Merino, J. C. (2019). Application of Lean Manufacturing Techniques in a Peruvian Plastic Company. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 546–550. <https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978813>
- Ramadan, M., Salah, B., Othman, M., & Ayubali, A. A. (2020). Industry 4.0-based real-time scheduling and dispatching in lean manufacturing systems. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su12062272>
- Ribamar, D., Ribeiro, S., Werner, S. M., Forcellini, F. A., & Pereira, M. (2020). *Modelo de Project-Based Learning para ensino de Planejamento de Processos por meio da Abordagem Toyota Kata Project- Based Learning ' s Model for Teaching Process Planning through the Toyota Kata Approach*. 5, 19–37.
- Roth, N., Deuse, J., & Biedermann, H. (2019). A framework for System Excellence assessment of production systems , based on lean thinking , business excellence , and factory physics. *International Journal of Production Research*, 0(0), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612113>
- Rother, M., & Aulinger, G. (2018). *Toyota Kata Culture-Building Organizational Capability and Mindset through Kata Coaching*. (McGraw-Hil).
- Rother, M., & Benavent, E. (2017). *Toyota Kata: El método que ayudó a miles de*

empresas a optimizar la gestión de sus negocios (Profit Edi).

- Shafeek, H. (2019). Lean Manufacturing Implementation in Carton Industry - A case study. *2019 Industrial and Systems Engineering Conference, ISEC 2019*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/IASEC.2019.8686603>
- Trojanowska, J., Żywicki, K., Varela, M. L. R., & Machado, J. M. (2015). *Shortening Changeover Time - An Industrial Study*. 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170373>
- Valamede, L. S., & Santos Akkari, A. C. (2020). Lean Manufacturing and Industry 4.0: A Holistic Integration Perspective in the Industrial Context. *2020 9th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 63–68. <https://doi.org/10.1109/ICITM48982.2020.9080393>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>
- Xiong, G., Shang, X., Xiong, G., & Nyberg, T. R. (2019). A kind of lean approach for removing wastes from non-manufacturing process with various facilities. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 6(1), 307–315. <https://doi.org/10.1109/JAS.2019.1911351>