

**DISEÑO Y DOCUMENTACIÓN METODOLÓGICA PARA LA MEJORA
PRODUCTIVA DEL ÁREA DE FUNDICIÓN EN UNA EMPRESA DEL SECTOR
METALMECÁNICA EN EL VALLE DEL CAUCA**

ZAMARA GIL VALENCIA

Código: 0858088

UNIVERSIDAD DEL VALLE – SEDE PALMIRA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PALMIRA

2015

**DISEÑO Y DOCUMENTACIÓN METODOLÓGICA PARA LA MEJORA
PRODUCTIVA DEL ÁREA DE FUNDICIÓN EN UNA EMPRESA DEL SECTOR
METALMECÁNICA EN EL VALLE DEL CAUCA**

ZAMARA GIL VALENCIA

Trabajo de grado realizado para optar por el título de Ingeniera Industrial

**Director: Wilson Eliécer Orrego Chansi
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE- SEDE PALMIRA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PALMIRA**

2015

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Ciudad:

Fecha:

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a Dios en primera instancia, por darme vida, salud y sabiduría para que hoy día pudiera presentar un logro más en mi vida, que realicé con esfuerzo y dedicación.

Con todo mi cariño y amor dedico este trabajo a aquellas personas que me motivaron moral y económicamente en el transcurso de mi carrera profesional. Mamá, papá y hermanos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a:

El ingeniero Wilson Eliécer Orrego, por su compromiso y dedicación en la dirección de este trabajo de grado.

La jefe de Gestión Humana Gloria Cifuentes, por permitirme entrar a las instalaciones de la empresa y poder acceder a información privada de la misma, para que me facilitara el trabajo de campo.

El ingeniero Mariano Ospina y el supervisor Marcos Monsalve, por creer en mí y por brindarme sus conocimientos del tema para llevar a cabo este trabajo de grado.

CONTENIDO

Pág.

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2.	OBJETIVOS.....	16
2.1.	Objetivo general.....	16
2.2.	Objetivos específicos.....	16
3.	JUSTIFICACIÓN.....	17
4.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	19
6.	MARCO TEÓRICO	23
6.1.	Conceptos generales.....	23
6.1.1.	Productividad	23
6.1.1.1.	Factores internos	23
6.1.1.2.	Factores externos	23
6.1.2.	Eficacia	24
6.1.3.	Eficiencia	24
6.2.	Gráficas de calidad y/o productividad	24
6.2.1.	Hojas de verificación y/o recopilación de datos	24
6.2.2.	Diagrama de pastel.....	24
6.2.3.	Diagrama de barras	24
6.3.	Generalidades del Lean Manufacturing	25
6.3.1.	Definición de Lean	25
6.3.2.	Principios de Lean	25
6.3.3.	Beneficios de implementar Lean Manufacturing	26
6.4.	Los 7 desperdicios.....	26
6.5.	Herramientas de Lean	27
6.5.1.	Value Stream Mapping (VSM)	27
6.5.2.	5S's	28

6.5.3.	Mantenimiento Productivo Total	29
6.5.4.	Kanban	29
6.5.5.	Eficacia Global del Equipo (OEE)	30
6.6.	Simulación	30
7.	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	32
8.	EMPRESA METALMECÁNICA OBJETO DE ESTUDIO	34
8.1.	Mapa de procesos	34
8.2.	Antecedentes del área objeto de estudio.....	35
8.2.1.	Índice de rechazo por defecto.....	36
8.2.2.	Acumulado de rechazo por áreas	36
8.2.3.	No conformidad	37
8.3.	Proceso operativo del área de fundición.....	38
9.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	41
9.1.	Evaluación	42
9.1.1.	Resultado de la evaluación.....	42
9.2.	Distribución de planta	46
9.3.	Value Stream Mapping Actual	51
9.4.	Cálculo del indicador de eficacia global del equipo (OEE).....	58
9.5.	Necesidades de mejora	65
10.	PLANTEAMIENTO DE PROPUESTAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD	67
10.1.	Value Stream Mapping Futuro	68
10.2.	Diseño Metodológico para la mejora productiva de un área de producción .	71
	Paso 1: Diagnosticar el área de implementación	71
	Paso 2: Identificación de las mudas o desperdicios.....	72
	Paso 3: Elección de herramientas lean que impacten en la mayoría de las mudas identificadas	73
	Paso 4: Toma de conciencia desde los Altos mandos.....	73

Paso 5: Informar y sensibilizar al personal involucrado acerca de la implementación de la herramienta de mejora	74
Paso 6: Implementación de las herramientas lean	75
Paso 7: Mejora Continua	78
11. SIMULACIÓN	79
11.1. Simulación del estado actual	79
11.1.1. Elementos del modelo de simulación.....	79
11.1.2. Resultados de la situación actual	81
11.1.3. Análisis de los resultados de la situación actual	82
11.2. Simulación del estado futuro (deseado).....	83
El área de enfriamiento tiene capacidad de ubicación de 3 piezas de manera simultánea de tamaño aproximado a 1780 kg.	86
11.2.1. Resultados de la situación futura.....	86
11.2.2. Análisis de los resultados de la situación deseada.....	87
12. CONCLUSIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	92

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1: Resultado de la evaluación en el área de moldeo.	43
Tabla 2: Resultado de la evaluación en el área de fusión.....	45
Tabla 3: Simbología del método SLP “Planeación Sistemática de la Distribución de Instalaciones”	47
Tabla 4: Tiempos de producción y tiempos perdidos en el proceso de moldeo.....	55
Tabla 5: Tiempos de producción y tiempos perdidos en el proceso de fusión.....	55
Tabla 6: Tiempos muertos y de producción, unidades producidas y rechazadas del año 2013.....	58
Tabla 7: Factores para el cálculo del OEE.....	59
Tabla 8: Resultado del OEE de la situación actual.	59
Tabla 9: Tipos de desperdicios hallados en el área objeto de estudio.....	67
Tabla 10: Tiempos de inactividad en los procesos de producción de la situación actual.	81
Tabla 11: Resultado de la simulación de la situación actual.....	81
Tabla 12: Resultado de la simulación de la situación actual.....	82
Tabla 13: Resultado de la simulación de la situación actual.....	82
Tabla 14: Resultado de la simulación de la situación deseada.....	86
Tabla 15: Resultado de la simulación de la situación deseada.....	86
Tabla 16: Resultado de la simulación de la situación deseada.....	87
Tabla 17: Resultado de la simulación de la situación deseada.....	87
Tabla 18: Cuadro comparativo de los resultados de la simulación del estado actual y deseado.	88
Tabla 19: Resultados del OEE del estado deseado.....	89

LISTA DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 1: Mapa de procesos de la empresa objeto de estudio.	35
Gráfico 2: Índice de rechazo por defecto (% rechazo por área 2012).	36
Gráfico 3: Acumulado de rechazos por área 2012.	37
Gráfico 4: Unidades no conformes por área del 2012.	37
Gráfico 5: Cursograma analítico del proceso de fundición en hierro.	39
Gráfico 6: Diagrama de flujo del área fusión y moldeo de la empresa objeto de estudio.	40
Gráfico 7: Gráfico tipo radar del resultado de la evaluación en el área de moldeo	44
Gráfico 8: Gráfico tipo radar del resultado de la evaluación en el área de fusión. .	45
Gráfico 9: Diagrama de relación de actividades del proceso de moldeo y fusión. .	48
Gráfico 10: Diagrama de hilos del área objeto de estudio.	48
Gráfico 11: Distribución de planta del área de moldeo y fusión de la empresa objeto de estudio.	50
Gráfico 12: Accidentalidad en las áreas de fusión y moldeo en el 2012.	51
Gráfico 13: Tiempos de ciclo de piezas promedio a 1783 kg.	52
Gráfico 14: Tiempos de ciclo de piezas promedio a 800 kg.	53
Gráfico 15: Cumplimiento de pedidos año 2012-2013.	54
Gráfico 16: VSM actual pieza de 1783 kg.	61
Gráfico 17: VSM actual pieza de 800 kg.	62
Gráfico 18: Identificación de oportunidades de mejora en el proceso de producción de piezas de 1783 kg.	66
Gráfico 19 : Value stream mapping futuro (deseado).	70
Gráfico 20: Diagrama de flujo para la clasificación de objetos	76
Gráfico 21 : Modelo de la situación actual.	80

RESUMEN

El presente trabajo de grado, tuvo como propósito plantear un diseño metodológico para mejorar la productividad de un área de una empresa metalmecánica, bajo el enfoque de Lean Manufacturing y algunas de sus principales técnicas, por tanto en primer lugar se exponen las bases y fundamentos teóricos en los que se enmarca esta filosofía de mejora continua para ser confrontados con el entorno y características propias del sector metalmecánico a nivel nacional; posteriormente, se hace un estudio de campo en la empresa objeto de estudio identificando las posibles causas que generan desperdicios que afectan la productividad de la planta de producción.

Para la segunda parte se elige las herramientas Lean que ataquen de manera directa los desperdicios identificados en el área de estudio para luego proceder a elaborar un diseño metodológico que sirva de guía para mejorar un área de producción que ayude a minimizar tiempos perdidos, mejorar el tiempo de respuesta ante los clientes y reducir tiempos muertos y movimientos innecesarios por parte de los empleados; finalmente, se diseña un estado deseado enfocándose en las mejoras posibles del estado inicial, y para ello, se realiza una simulación a través de un software llamado PROMODEL®, con el fin de visualizar las mejoras productivas a las que se puede llegar si se hace la aplicación de herramientas Lean Manufacturing.

PALABRAS CLAVE: Lean Manufacturing, productividad, mejora continua, desperdicios.

INTRODUCCIÓN

Las metodologías de implementación para la mejora continua en los procesos de producción en Colombia empezaron a aplicarse desde los años 80, principalmente siendo pioneras en el sector automotor, por ello éste fue el modelo a seguir en otras industrias como modelos de mejora en sistemas de producción y manufactura. Una de las empresas colombianas pioneras en emplear esta metodología fue la compañía vallecaucana Carvajal S.A¹.

En la actualidad, las empresas colombianas que han optado por la implementación de metodologías y/o filosofías de mejora continua han sido las grandes empresas y las multinacionales, tomándolo como una cultura en su medio laboral para crecer económicamente; en el caso de las MIPYMES, han implementado algunas de estas herramientas de mejoras, con el objetivo de buscar una certificación en ISO 9000 y/o para cumplir con normas establecidas por la ARP o exigencias impuestas por sus empresas proveedoras o clientes².

“El Sector Metalmecánico está conformado por una gran diversidad de industrias a nivel nacional; comprende desde la fabricación de elementos menores hasta la de material, que demanda una base tecnológica sofisticada”³.

El crecimiento de la demanda a nivel metalmecánico y/o metalúrgico, hace que el sector se potencialice de manera competitiva entre mercados del mismo sector, como la competencia misma en la producción de bienes de mayor valor agregado que requiere en gran medida la satisfacción plena de los clientes. A manera de ejemplo, se destacan dentro de este sector metalmecánico la industria automotriz y la producción de autopartes de todo tipo y tamaño.

Si una empresa metalmecánica desea alcanzar un lugar dentro del mercado mundial, debe implementar métodos de mejora continua, que contribuyan al incremento en la calidad de los productos, ahorro de costos y satisfacción de los clientes, haciendo que las prácticas del modelo seleccionado bajo una filosofía de Lean, sean el común denominador entre operarios y altos mandos.

¹MATEUS GAVIRIA, Erika. “5S’s Un método eficaz para el éxito de la organización y productividad empresarial”. {En línea}. {16 noviembre de 2013} disponible en: (http://www.metalactual.com/revista/26/admin_5s.pdf). p.87.

²Ibíd., p.88.

³GRILLO, Alfredo y MALDONADO, Silvia. Análisis de competitividad de las cadenas productivas en la Provincia de Mendoza. Mendoza. 2004. p.1.

Considerando lo anterior, el presente trabajo busca desarrollar y documentar el diseño metodológico basado en la filosofía de lean manufacturing que ayude a mejorar la productividad de las áreas de moldeo y fusión de una empresa metalmecánica, promoviendo prácticas de mejora continua que ayuden a identificar y disminuir los desperdicios, mejorando los índices de accidentalidad e inventario, reducir los defectos, mejorar tiempos de producción y por ende el tiempo de respuesta ante los clientes.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fundición de hierro y acero es el subsector más representativo a nivel nacional con una participación en ventas y activos superiores al 90%, frente a los demás subsectores que comprenden el hierro y el acero, de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) en Colombia: industrias básicas del hierro y acero, fabricación de productos primarios y, fundición de hierro y acero⁴.

“Los sectores siderúrgicos y metalmecánica representan el 10% del producto interno bruto industrial y generan cerca de 100.000 empleos, es decir, el 15% de los puestos de trabajo de la industria colombiana, según el Dane”⁵.

Actualmente las industrias pertenecientes a este sector, buscan optimizar sus procesos productivos de una manera efectiva, dándole el mayor uso posible a los recursos disponibles en el menor tiempo, por tanto, la empresa objeto de estudio, empresa colombiana perteneciente al sector de fundición de hierro y acero, dedicada al apoyo de mantenimiento y procesos industriales de sus clientes en la industria azucarera, cementera, siderúrgica, minera y química, quiere seguir sobre éste mismo perfil de efectividad, buscando mejorar su línea de producción enfocándose en el desarrollo de prácticas en pro de una mejor organización industrial, y así mismo lograr ampliar la cobertura al continuo crecimiento de la demanda de productos que han tenido.

Es necesario aclarar que el crecimiento acelerado en la demanda muchas veces no va de la mano con un crecimiento organizado en la línea de producción; por lo que una mala organización dentro de la misma puede llegar a generar mudas obstaculizando un flujo continuo de producción.

Muchas empresas en Colombia pertenecientes a los diferentes mercados, han instaurado nuevos procesos de mejora continua en busca de un perfeccionamiento en su proceso de producción con el fin de mejorar u optimizar su línea productiva y, por ende crecer en el mercado, algunas de éstas son: Electroporcelanas Gama, Sofasa, Vestimundo, Colcafé, Cía. Nacional de

⁴OSORIO VALENCIA, José Édgar. Gestión financiera empresarial: contextos y casos colombianos. Bogotá: editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2006. p.308.

⁵RAMIREZ GIL, Johana. “Metalurgia le apuesta el mercado centroamericano”. {En línea}. {20 enero de 2015} disponible en: (www.elmundo.com/portal/noticias/economia/metalurgia_le_apuesta_al_mercado_centroamericano.php#otras_noticias)

Chocolates, Noel, Zenú, Incolmotos, cervecería Unión, entre otras⁶. En la empresa objeto de estudio, en ocasiones han generado métodos de acción de mejora continua dentro de la organización, pero que por una deficiente implementación y la falta constante de controlar los modelos, han hecho que en la mayoría de los casos sean procesos fallidos y no sostenibles en el tiempo.

OSPINA, Mariano afirma: “aunque a la fecha la empresa no ha tenido decaídas en sus ventas, si presenta algunas falencias que han hecho que las áreas de moldeo y fusión eléctrica no funcionen fluidamente, por ello no se ha logrado aumentar su capacidad de producción para atender nuevos clientes; y pues los indicadores de producción para estas áreas presentan altos niveles de reproceso, tiempo perdido y productos defectuosos”⁷; además de ello, también se logra interactuar con los operarios de producción de estas dos áreas, donde manifiestan de manera abierta que sus áreas están en mal estado debido a la falta de organización y limpieza de ellos mismos, y consideran que esto también afecta la productividad de la planta en general.

De acuerdo con la afirmación descrita anteriormente, se hace necesario abordar las áreas de moldeo y fusión eléctrica, debido a que estas son las áreas que presentan más inconvenientes en cuanto a defectos, rechazos y tiempos improductivos en el desarrollo de la fundición de las piezas, con el objetivo de identificar las causas raizales, y plantear alternativas de solución, de modo que, una vez planteadas, puedan lograr mejoras en la producción de esta empresa; ya que mejorando el desempeño en estas dos áreas se aumenta la productividad general de la planta de producción, debido a que se atacan dos de las áreas que más defectos y rechazos están generando.

El desafío más grande para la empresa es saber identificar tales causas raizales, priorizarlas y establecer un programa de implementación de las alternativas de solución planteadas de modo que pueda lograr sus objetivos en un tiempo determinado; empezando en estudio con dos de las áreas que más desperdicios están generando, para luego difundir esta cultura de mejora continua por toda la planta de producción.

⁶ARRIETA, Juan Gregorio, BOTERO, Victoria Eugenia y ROMANO, María Jimena. Benchmarking sobre manufactura esbelta en el sector de la confección en la ciudad de Medellín. Colombia. 2010. p.144.

⁷OSPINA, Mariano. Jefe de fundiciones. Yumbo - Valle del Cuaca. Observación inédita. 2013.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Elaborar un diseño metodológico basado en lean manufacturing para la mejora productiva del área de fundición en una empresa del sector metalmecánico.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar los problemas asociados al proceso productivo en la planta del caso de estudio mediante la elaboración de un diagnóstico diseñado bajo la metodología Lean.
- Plantear propuestas basadas en lean Manufacturing que permitan alcanzar la mejora del proceso productivo en las áreas de moldeo y fusión.
- Evaluar las propuestas planteadas mediante la simulación del área de fundición a través de un software seleccionado.

3. JUSTIFICACIÓN

A través del tiempo, las diferentes empresas a nivel mundial están adaptando modelos de mejora en la producción mediante la implementación de metodologías de mejora continua, con el fin de adquirir más herramientas para competir dentro del mercado en que se desenvuelven, en la industria metalúrgica sucede lo mismo, los sistemas productivos han generado cambios o más bien han desarrollado mecanismos y/o estrategias de fortalecimiento interno que incentivan al crecimiento de la organización paralelo a un desarrollo competitivo sostenible en el tiempo, logrando abrir nuevos caminos para este tipo de empresas.

A nivel nacional se ha logrado un crecimiento notorio en la industria metalmecánica, en el que un proceso rudimentario ha ido migrando a un desarrollo industrial, el cual pasa a ser constituido como un proceso siderúrgico, es decir, que la elaboración de este tipo de piezas en hierro o acero, se hace bajo un proceso más tecnificado, donde los productos son más calificados por el estricto control de calidad que se les practica. Por este importante crecimiento que se ha presentado en este sector, es que las industrias hoy en día se han preocupado en formar estrategias competitivas que los lleven a la cima del éxito, tanto a nivel interno como externo.

La empresa de estudio, pese a que se encuentra en un mercado muy competitivo en el ámbito internacional, se ha logrado posicionar en este, aportando competitividad a Colombia, gracias al progreso y desarrollo de los productos que ofrece, pues hoy día exporta a Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Sudáfrica, Alemania, España, Ecuador, Venezuela, Perú, Argentina, Costa Rica, Guatemala, República Dominicana, Trinidad y Tobago, entre otros, identificándose como una industria líder en el mercado. No obstante lo anterior, la empresa ha visto como en los últimos años su capacidad de respuesta no ha sido la suficiente y ha dejado de atender posibles potenciales clientes.

Esta industria, por el mercado que cubre, su capacidad exportadora, las fuentes de empleo que representa, no solo directo sino indirecto, y la mirada que puede provocar hacia la región por compradores nacionales e internacionales, es clave para el Valle, de modo que las mejoras internas que se realicen en la empresa se verán impactadas en el nivel productivo, incrementando el mercado en el país logrando capturar más clientes dentro de este sector.

Por tanto, es importante el desarrollo de una metodología que se adapte al proceso de producción que presenta la empresa objeto de estudio y que se convierta en la hoja de ruta a seguir, en la identificación de causas de problemas y que con su implementación traiga mejoras y beneficios tanto a la empresa como a

sus clientes, con el fin de incrementar el nivel productivo y competitivo de la misma para ampliar la cobertura en sus clientes.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La motivación de las empresas que hoy en día compiten en un mercado es acercarse de forma firme y segura a la excelencia productiva. Es por ello, que a través de la historia han surgido teorías y/o filosofías de mejora continua que ayudan a considerar unos principios básicos de la manufactura esbelta para maximizar la eficiencia en los lugares de trabajo, y dar la posibilidad de contar con diversificación de productos, calidad más elevada, menores costos y entregas fiables.

Por lo escrito en el párrafo anterior, es que muchos autores coinciden en que el sistema de producción bajo la filosofía Lean es el que produce la demanda solicitada, en la cantidad solicitada y en el tiempo establecido por el cliente, eliminando todo tipo de desperdicios y llegando a cero defectos. Para confirmar lo anterior, se quiere mostrar algunos estudios y conceptos que se tienen alrededor del mundo con la aplicación de algunas herramientas de Lean y qué efectos positivos ha traído esto a las empresas; además de conocer el punto de partida de una mejora productiva en cada caso presentado, manejando diferentes perspectivas.

CUATRECASAS, Lluís en el 2002, manifiesta que Lean ha contribuido a mejorar notablemente la eficacia, la competitividad, la rapidez de la respuesta y la flexibilidad en los procesos; además, ha permitido que las empresas ofrezcan una alta variedad de productos con bajos costos, altos niveles de productividad y de velocidad de entrega, con un mínimo de stock y niveles óptimos de calidad. CUATRECASAS, en este artículo propone una metodología donde se implementa Lean Manufacturing en una empresa de servicios, con el fin de poner a prueba la eficacia de las técnicas Lean, obteniendo como resultado un trabajo exitoso, cuyas conclusiones son que el compromiso de la dirección de la empresa es el factor más importante, que los trabajadores disfruten ser parte de una planificación estructurada y en el proceso de la toma de decisiones, pero sobre todo que el entrenamiento de los trabajadores es un aspecto clave para el éxito⁸.

Desde otra perspectiva de Lean, se tiene que KOBAYASHI, Kaoru; FISHER, Ron y GAPP, Rod en marzo del 2008, manifiestan mediante un estudio exploratorio basado en la investigación de las diferentes maneras de aplicación de las 5S's para la mejora de los negocios en Japón, Reino Unido y Estados Unidos, que existen diferencias significativas en la forma en la que el concepto 5S's se ha

⁸CUATRECASAS, Lluís. Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of a variability of performance. In: International Journal of Production Economics. 2002. Volume 80. p.169.

aplicado bajo la filosofía Lean. En Japón, 5S's ha sido adoptado y aplicado como una filosofía o forma de vida, conllevando a una estrategia integral a través del cual se puede lograr la excelencia empresarial; mientras que en el Reino Unido y EE.UU, 5S's se ha implementado como una técnica o herramienta; es decir, los negocios en el Reino Unido y EE.UU proporcionan algún impacto a corto plazo, pero no ayudan en el desarrollo de una cultura organizacional. Por tanto, llegan a la conclusión de que independientemente de las diferencias del cómo es aplicado e implementado este concepto de las 5S's, puede perfectamente ser adoptado desde cualquier tipo de industria de acuerdo al alcance con el que se quiere llegar⁹.

Como aporte a la metodología que se quiere establecer, se destaca una investigación sobre el concepto de Lean que fue realizada por HERRON, Colin y BRAIDEN, Paul M en marzo 3 del 2006, donde mostraron el desarrollo de un modelo para dirigir y mejorar la productividad en un grupo de 15 empresas de manufactura, desarrollando este proyecto por medio de tres etapas claramente definidas, empezando por un análisis de las necesidades de productividad, lo que da una visión general de la condición actual de fabricación de la empresa, se identifican las medidas de productividad claves para la planta y forma la base para un estudio detallado de la eficiencia de producción, abordando los problemas de fabricación identificados a través de la aplicación de determinadas herramientas, enfocándose en el desarrollo de una nueva herramienta de diagnóstico para dirigir las intervenciones de la productividad; logrando demostrar que existe una relación entre los desperdicios identificados y las herramientas de manufactura esbelta que se eligen para eliminar dichos desperdicios, con el fin de aumentar la productividad en cada una de las empresas modelo¹⁰.

Con un modelo de propuesta diferente a la de los autores anteriores, se tiene el desarrollo de A, Deif en el año 2012, donde presenta la fabricación de una herramienta que complementa la filosofía de lean manufacturing, y trata de captar fuentes de variabilidad a través de la hora línea del proceso de producción. La nueva herramienta se llama "Variabilidad Asignación de Origen" (VSMII) y se dedica a la captura y reducción de la variabilidad; ya que las herramientas Lean sólo se centran en la reducción de tiempo y de material a través de técnicas que muy pocas veces capturan la variabilidad y tratan de eliminar sus diferentes fuentes. Para ello se analizó un proceso de producción de estampado de metales donde se desarrolló e implementó un plan de reducción de acuerdo al tipo de

⁹KAORU KOBAYASHI, Ron Fisher and ROD, Gapp. Business improvement strategy or useful tool? Analysis of the application of the 5S concept in Japan, the UK and the US. Marzo 2008.

¹⁰HERRON, Colin and BRAIDEN, Paul M. A methodology for developing sustainable quantifiable productivity improvement in manufacturing companies. Marzo 2006.

variabilidad encontrado en su respectivo diagnóstico. Finalmente, el autor rompe el paradigma de la manufactura esbelta trazándose retos, logrando conseguir óptimos resultados dentro de la producción, no sólo dando a conocer el poder de la reducción de la variabilidad, sino que también ofrece más herramientas integrales para capturar y controlar el problema VSMII, lo que hace que sea un modelo complejo donde cumple no solo el objetivo de eliminar los desperdicios sino que también mezcla el análisis de variabilidad con el fin de atacar de manera directa este factor¹¹.

Según el planteamiento que realizan los autores de los dos últimos artículos mencionados, logran demostrar con bases sólidas que el desarrollo de una metodología de Lean por medio de herramientas integrales puede llegar a conseguir un cambio en la gestión productiva basada en la mejora continua, donde la filosofía en la pirámide productiva se ha de cambiar el “haz” por el “hacemos”, incentivando a que todo el personal de la empresa se haga partícipe.

Con el fin de mostrar un modelo aplicativo desde el desarrollo del diagnóstico hasta la identificación y solución de problemas en una línea de producción, se tiene el estudio realizado por A.R. Rahani en el año 2012, quien desarrolló un caso en una industria automotriz del Japón, la cual tuvo en cuenta una serie de pasos, iniciando con un previo diagnóstico para identificar los posibles problemas que afectan el perfecto desarrollo de la línea de producción, abordando la eliminación de los residuos para mantener mejor el control de inventarios, mejorar la calidad del producto, y ser capaces de obtener un mejor control operacional. Después de la recopilación de los datos y la información proporcionada por el estudio de caso, se realizó un modelo simulación mejorando los puntos débiles encontrados previamente con el diagnóstico, partiendo de la implementación de herramientas de manufactura esbelta; continuando con un mapa mejorado de todos los procesos de manufactura identificando las mejoras en tiempos, calidad, costos, entre otros. Con este mapa se logró comparar el rendimiento esperado del sistema de inclinación, con respecto a la del sistema existente que está diseñado para reemplazar. Como conclusión a este caso de estudio, se logró identificar las ventajas que proporciona a una empresa, la implementación de Lean junto con el desarrollo de un mapa del estado futuro¹².

Con el fin de tener una visión amplia de la manufactura esbelta o la más conocida como la herramienta lean manufacturing desde diferentes perspectivas aplicadas a las industrias a nivel internacional, con el único fin de eliminar mudas y mejorar la productividad de las mismas, finalmente se toma como aporte a este estado del

¹¹DEIF, A. Assessing lean systems using variability mapping procedía CIRP. 2012. Volume 3. p.2.

¹²A.R, Rahani. Production flow analysis through value stream mapping: Alean manufacturing process case study. Muhammad al-Ashraf. 2012.

arte una investigación que aporta de manera estadística el impacto que genera la implementación y a su vez la no implementación de herramientas de mejora continua, ABLANEDO-ROSASA, José; ALIDAEEB, Bahram; MORENOC, Juan Carlos y URBINAD, Javier en el año 2010, quienes realizaron una investigación basada y orientada en una encuesta por entrevista aplicada en 20 organizaciones de negocios bien establecidos en el Estado de Hidalgo-México, que comprendía 33 preguntas totales, donde 14 de ellas estaban destinadas a recopilar información general de la empresa y las 19 restantes estaban enfocadas en información sobre la metodología de calidad de las 5S's; con este estudio se logró identificar la percepción y el impacto que generan las industrias en cuanto a la mejora de la calidad de sus procesos y productos basados en la filosofía de las 5s's de quienes la aplican y el porqué de las que no la aplican. Los resultados de esta investigación son motivación para métodos de estudio en pro de la implementación de este tipo de metodologías en sectores industriales y de servicios en otros estados de México¹³.

¹³ABLANEDO ROSASA, José; ALIDAEEB, Bahram; MORENOC, Juan Carlos and URBINAD, Javier. Quality improvement supported by the 5S, an empirical case study of mexican organizations. Diciembre 2010.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Conceptos generales

Para entender sobre la mejora de la productividad y los factores que lo afectan debemos tener claro los siguientes conceptos:

6.1.1. Productividad

Es la relación entre la cantidad de producción obtenida y el tiempo utilizado para su elaboración, con los mínimos recursos posibles y con cero defectos. Existe un modelo integrado que afecta la productividad de una empresa, y se pueden clasificar en internos y externos:

6.1.1.1. Factores internos: Son los factores que están sujetos al control de la empresa, estos se pueden clasificar en:

- **Producto:** Es un bien o servicio que ha tenido un proceso de transformación en un tiempo determinado, con el objetivo de finalizar en condiciones óptimas de uso para el cliente.
- **Planta y equipo:** Factor que hace parte de la empresa, básicamente es la estructura física donde se ubica la línea de producción, junto con la maquinaria y equipos que lo conforman.
- **Tecnología, materiales y energía:** Factores inmersos a una línea de producción, que son complemento de un proceso de producción y que son de ayuda para la transformación física y química de un producto.

6.1.1.2. Factores externos: Son los factores que están fuera de control de una empresa, estos se pueden clasificar en:

- **Económicos:** Factor controlado por el gobierno, pues es el encargado de administrar una política de precios en el mercado nacional.
- **Demográficos y sociales:** Factor relacionado con los recursos naturales y renovables de un país, los cuales son administrados y vigilados por entidades públicas que protegen el medio ambiente.
- **Infraestructura pública:** Es un factor controlado por el estado, y es el encargado de mejorar todo lo relacionado con vías públicas e infraestructura social del país.

6.1.2. Eficacia

Es la relación entre la capacidad de cumplir la producción planeada, con los recursos disponibles en un tiempo determinado.

6.1.3. Eficiencia

Es la relación entre la capacidad de cumplir con la producción planeada, con los mínimos recursos y tiempos, logrando optimizar dicho proceso.

6.2. Gráficas de Calidad y/o productividad¹⁴

Existen muchas técnicas para dar solución a problemas, pero lo ideal es hacer uso de algunas herramientas básicas que ayuden al manejo de datos con el fin de resolver problemas de calidad y/o productividad, para este tipo de análisis se puede usar:

6.2.1. Hojas de verificación y/o recopilación de datos

Es un formato diseñado para recopilar datos de factores o características previamente establecidas, con el fin de describir resultados de inspecciones, evaluaciones, revisiones u opiniones de clientes, proveedores o trabajadores. La hoja de verificación es el punto de partida en la mayoría de los procesos de solución de problemas.

6.2.2. Diagrama de pastel

Forma gráfica de visualizar por medio de una torta el número de veces que se repite un atributo o característica, como resultado de un estudio, su resultado se presenta en porcentaje.

6.2.3. Diagrama de barras

Forma gráfica de visualizar por medio de un gráfico de columnas rectangulares el número de veces que un atributo se repite dentro de un conjunto de variables establecidas en un estudio determinado.

¹⁴GUAJARDO GARZA, Edmundo. Administración de la calidad total: conceptos y enseñanzas de los grandes maestros de la calidad. México: Editorial Pax México, 2003. p.147.

6.3. Generalidades del Lean Manufacturing

6.3.1. Definición de Lean¹⁵

Lean manufacturing es una filosofía de trabajo, que ayuda al mejoramiento continuo de un sistema de producción, basándose en la identificación y eliminación de todo tipo de desperdicios, los cuales se identifican como aquellos procesos y/o actividades que no agregan valor al proceso, o que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Los desperdicios o también llamados mudas son el exceso de almacenamiento, la sobreproducción, el tiempo de espera, transporte y movimientos innecesarios, defectos, rechazos y reprocesos.

6.3.2. Principios de Lean¹⁶

Los expertos también explican el sistema identificando cuáles son los principios sobre lo que se fundamenta la filosofía Lean. Algunos de estos principios son:

- Formar personas como líderes quienes sean los que asuman el sistema y lo enseñen a otros.
- Crear una organización con aprendizaje constante mediante la reflexión y la mejora continua.
- Identificar y eliminar actividades, funciones y/o procesos que no sean necesarios dentro de la línea de producción.
- Promover equipos y personas multidisciplinarios.
- Integrar funciones y sistemas de información.
- Obtener compromiso total por parte de la dirección y de todos los empleados con el modelo Lean.

A estos principios hay que añadir los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar:

- Crear un flujo de proceso continuo que visualice los problemas a la superficie.
- Utilizar el sistema “pull” para evitar la sobreproducción.

¹⁵HERNANDEZ MATÍAS, Juan Carlos y VIZÁN IDOIBE, Antonio. Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación. Madrid. 2013. p.10.

¹⁶Ibíd., p.19.

- Nivelar la carga de trabajo para equilibrar las líneas de producción.
- Estandarizar las tareas para implementar la mejora continua.
- Utilizar técnicas de control visual para la detección de problemas.
- Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas JIT.
- Conseguir la eliminación de defectos.

6.3.3. Beneficios de implementar Lean Manufacturing¹⁷

En la literatura técnica se habla de los grandes beneficios que deja la aplicación de metodologías lean en las empresas, por ello se ha indagado cuáles son las prácticas más nombradas para confirmar los beneficios.

Algunos de esos beneficios son el aumento de la productividad, la reducción de los costos y tiempos de producción, aumento de la flexibilidad y espacio libre (sin obstáculos), mejora en el ambiente laboral, equipos de trabajo más sólidos y eficientes.

6.4. Los 7 desperdicios

Desperdicio se considera todo aquello que está de más dentro de un proceso de producción y que no agregan ningún valor al mismo, ya sea recurso material, recurso humano, equipos y/o tecnología.

Bajo el concepto de Lean se identifican 7 desperdicios o también llamado mudas:

Exceso de almacenamiento: “Este tipo de desperdicio se considera la “raíz de los males”, debido a que hace referencia a tener una gran cantidad de material de las realmente necesarias, esto con el fin de satisfacer necesidades inmediatas”¹⁸.

Sobreproducción: “Es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. Este tipo de despilfarro abre las puertas a otras clases de despilfarro”¹⁹.

¹⁷HERNANDEZ MATÍAS, Juan Carlos y VIZÁN IDOPE, Antonio. Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación. Madrid. 2013. p.116.

¹⁸Ibíd., p.22.

¹⁹Ibíd., p.23.

Tiempo de espera: “Hace referencia al tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo”²⁰.

Transporte y movimientos innecesarios: “Es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario”²¹.

Defectos, rechazos y reprocesos: El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria aunque significa una gran pérdida de productividad porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales²².

6.5. Herramientas de Lean

6.5.1. Value Stream Mapping (VSM)²³

El VSM o mapa de la cadena de valor, es una herramienta gráfica de análisis que permite visualizar los procesos de producción de una organización y que va desde el proveedor hasta el cliente, con el objetivo de encontrar oportunidades de mejora que logren un impacto positivo sobre toda la cadena productiva y no en procesos aislados. Los íconos y símbolos usados para representar en la cadena de producción son simples, ya que manejan un lenguaje común para poder identificar cuáles son las operaciones, los transportes y la información.

El VSM facilita ver de manera panorámica cuáles son las actividades que no aportan valor al proceso y dónde se localizan los mayores focos de desperdicios, con el fin de poder eliminarlos y aumentar eficientemente dicho proceso de producción.

²⁰HERNANDEZ MATÍAS, Juan Carlos y VIZÁN IDOPE, Antonio. Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación. Madrid. 2013. p.24.

²¹Ibíd., p.25.

²²Ibíd., p.26.

²³Ibíd., p. 90.

La elaboración del VSM se hace mediante la recolección de datos e información, después de ello, se empieza a dibujar mediante íconos el proceso desde que empieza el proceso con el proveedor hasta que el producto es entregado al cliente final, añadiendo a este mapa indicadores de tiempo, producción y medidas de rendimiento que permitan visualizar y cuantificar a la vez cuál es el estado de la empresa.

El rastreo de la producción se realiza en tres etapas: estado actual (se estudia el proceso de producción en condiciones actuales, identificando cuáles son las actividades que agregan y no agregan valor al mismo), estado futuro (se analizan mediante técnicas de análisis los resultados obtenidos en el estado actual, con el fin de mejorar principalmente en las actividades que no agregan valor) y finalmente, el estado ideal (se plantea gráficamente un estado ideal mejorado a largo plazo, si no existiese actividades que no agreguen valor en el proceso).

6.5.2. 5S²⁴

Las 5s es una metodología nacida en Japón que tiene como objetivo cambiar los hábitos en los puestos de trabajo para mejorar las condiciones de la empresa a través de la organización, orden y limpieza. Las 5S están basadas en 5 palabras en japonés que comienzan por la letra S:

Seiri (Clasificar): Consiste en clasificar y eliminar todos aquellos elementos innecesarios que están haciendo uso de espacio dentro de su puesto de trabajo, con el fin de evitar estorbos y ser foco de despilfarro.

Seiton (Ordenar): Organizar aquellos elementos que en el anterior paso se clasificó como necesario, definiendo su ubicación en un lugar estratégico cerca de su puesto de trabajo, con el objetivo de facilitar su búsqueda y retorno a su lugar inicial.

Seiso (Limpiar): Consiste en limpiar el entorno que rodea el puesto de trabajo, eliminando así los focos de suciedad.

Seiketsu (Estandarizar): Esta fase consiste en fortalecer y consolidar con compromiso las metas asumidas en las 3 primeras S, esto mediante la ejecución de un procedimiento continuo que permitan que la organización, el orden y la limpieza sean los factores fundamentales en una empresa.

²⁴HERNANDEZ MATÍAS, Juan Carlos y VIZÁN IDOPE, Antonio. Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación. Madrid. 2013. p.38.

Shitsuke (Disciplina): Se refiere a construir hábitos mediante la estandarización de métodos y/o procedimientos, y que a su vez ésta sea aceptada dentro de una aplicación normalizada como una cultura de autodisciplina por parte de todos los miembros de la organización.

6.5.3. Mantenimiento Productivo Total²⁵

Sistema de Gestión compuesto por acciones ordenadas y una metodología específica para eliminar las pérdidas y el despilfarro de los sistemas productivos para contribuir al logro de los objetivos estratégicos a través de: la productividad, los costos, el desarrollo del talento humano, innovación tecnológica, calidad, seguridad y disciplina en el trabajo.

Los principales resultados son:

- Cero averías.
- Cero defectos de calidad.
- Cero accidentes.

6.5.4. Kanban²⁶

Se denomina KANBAN a un sistema diseñado para programar y controlar de manera sincronizada la producción, la idea consiste en tirar la producción (sistema pull) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, mediante el uso de unas tarjetas.

El uso de esta herramienta garantiza una producción en cantidades exactas en el momento adecuado, además de una alta calidad en los productos fabricados.

²⁵ORREGO CHANSI, Wilson Eliécer. Notas de clase. Universidad del Valle. Palmira. 2013.

²⁶HERNANDEZ MATÍAS, Juan Carlos y VIZÁN IDOPE, Antonio. Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación. Madrid. 2013. p.75.

6.5.5. Eficacia Global del Equipo (OEE)²⁷

El OEE es un indicador de Eficacia Global de los Equipos que engloba todas las pérdidas que puede generar un equipo, permitiendo identificar y priorizar acciones de mejora del mismo, debido a que éstas pérdidas hacen que el tiempo efectivo del proceso se reduzca y, por ende, también se minimiza la producción alcanzada.

El OEE es posible mediante la combinación de tres elementos asociados a cualquier proceso de producción:

- **Disponibilidad:** Tiempo que el equipo está operando realmente reflejando las pérdidas (averías o paradas),
- **Rendimiento:** Durante el tiempo que ha estado funcionando, cuánto ha fabricado (bueno y malo) respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo ideal.
- **Calidad:** Producción obtenida sin cero defectos generada.

Para conocer la eficacia real de un equipo, se hace mediante la ecuación 1:

Ecuación 1

OEE = Disponibilidad * Tasa de rendimiento * Tasa de calidad

6.6. Simulación²⁸

La simulación es una herramienta con la que cuenta un analista para estudiar un sistema, con el fin de facilitar la toma de decisiones y mejora de los procesos; se usa con frecuencia en los estudios de sistemas de producción por sus grandes ventajas en cuanto a los impactos que se pueden lograr permitiendo al analista ver cómo se puede comportar un modelo generado bajo diferentes escenarios, sin necesidad de llevarlos a la realidad.

Para construir un modelo de simulación se debe tener en cuenta varios elementos importantes para el éxito de los resultados, en el caso del software PROMODEL®, los elementos a identificar son localizaciones y entidades.

²⁷GONZÁLEZ, Alonzo. Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo) en Contribuciones a la Economía. 2009.

²⁸GARCÍA DUNNA, Eduardo, GARCÍA REYES, Heriberto y CÁRDENAS BARRÓN, Leopoldo: "Simulación y análisis de sistemas con promodel" Primera Edición, PEARSON EDUCACIÓN, México. 2006. p. 3.

- **Localizaciones:** Son todos aquellos lugares en los que la pieza puede detenerse para ser transformada o esperar hacerlo
- **Entidades:** Es la representación de los flujos de entrada a un sistema, este es el elemento responsable de que el estado cambie.

6.7. Distribución de planta

La distribución de una planta debe integrar numerosas variables interdependientes. Una buena distribución reduce al mínimo posible los costos no productivos, como el manejo de materiales y el almacenamiento, mientras que permite aprovechar al máximo la eficiencia de los trabajadores²⁹.

Uno de los métodos para realizar una distribución por proceso es el SLP (Systematic Layout Planing) “Planeación Sistemática de la distribución de Instalaciones”, método que utiliza una técnica poco cuantitativa al proponer distribuciones con base en la conveniencia de cercanía entre los departamentos³⁰.

²⁹IICA, Sarh. Taller para la preparación de proyectos de inversión. México. 1988. p. 259.

³⁰BACA URBINA, Gabriel. Evaluación de proyectos. 4 Edición. México. 2001. p.110.

7. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

El presente trabajo de grado se realiza mediante el estudio de un problema de producción en una empresa metalmecánica en las áreas de moldeo y fusión eléctrica, con el fin de desarrollar un diseño metodológico basado en la filosofía Lean para el logro de la mejora productiva en estas áreas.

En primera instancia, se estudiará y definirá qué información clave es necesaria tener y se iniciará un proceso de recopilación de datos, de modo, que permita tener mayor certidumbre sobre los antecedentes del área objeto de estudio. Con el análisis de lo anterior, se busca reafirmar necesidades establecidas y con ello fijar pautas y/o caminos que debe abordar el trabajo de grado como tal; después se entrará a conocer en detalle el sistema que conforma esta empresa, ya que el mejoramiento de la productividad depende en mayor medida de los factores que lo conforman y la manera en cómo estos trabajan alrededor del mismo, lo cual se hace importante distinguir e identificar en estos tres principales factores: los puestos de trabajo, los recursos que se utilizan y el medio ambiente que los rodea, con el objetivo de caracterizar el flujo del proceso; ya que en este trabajo de grado se analizará solo algunos factores internos como producto, materiales y equipos, por la disponibilidad de la información que ofrece la empresa.

Para la caracterización del proceso de producción se plantea el uso de la herramienta de análisis VSM, la cual permitirá dejar a simple vista las inconsistencias y principales problemas que presenta el proceso, y para lo cual es necesario recolectar información existente y en otros casos levantar la información inexistente, tal como tiempos de producción, tiempos perdidos, historial de accidentes, pedidos, entre otros; esta información es base para la realización del diagnóstico actual del área estudio.

Realizando el análisis soportado en el uso del VSM, podrán vislumbrarse aquellos aspectos que deben mejorarse para lograr cambios positivos en el proceso de producción, para lo cual se plantearán propuestas de cómo lograr las mejoras. Para las soluciones, se plantearán desde el enfoque lean, para lo cual existe diversas herramientas para enfrentar los problemas identificados.

Después de la elección de las herramientas se procede a elaborar un diseño metodológico que sirva de guía para mejorar no sólo esta área elegida, sino cualquier área de producción de cualquier empresa para minimizar tiempos perdidos, mejorar el tiempo de respuesta ante los clientes y reducir tiempos muertos y movimientos innecesarios por parte de los empleados; pues se evidencia que con una línea de producción eficiente, la productividad de la planta incrementa, ya que se logra producir con los recursos mínimos posibles, se

obtiene un producto de alta calidad y se logra entregar a tiempo el pedido al cliente.

Una vez elaborado el diseño metodológico para la mejora productiva, se procede a diseñar un estado deseado enfocándose en las mejoras posibles del estado inicial, mapeándolo en un VSM futuro. Para ello, se realiza una simulación a través de un software llamado PROMODEL®, con el fin de visualizar las mejoras productivas a las que se puede llegar si se hace la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing.

8. EMPRESA METALMECÁNICA OBJETO DE ESTUDIO³¹

Ospina, Mariano definió la empresa de estudio como una empresa Vallecaucana, especializada desde 1934 en la fundición de materiales ferrosos (hierro y acero) y múltiples aleaciones derivadas, resistentes al desgaste, la abrasión y el calor, lo que le permite ofrecer soluciones integrales de ingeniería, manufactura y mantenimiento a múltiples sectores de la industria nacional e internacional, distribuyendo sus productos a las diferentes ciudades del país y exportando a países como Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Sudáfrica, Alemania, España, Ecuador, Venezuela, Perú, Argentina, Costa Rica, Guatemala, República Dominicana, Honduras y Trinidad y Tobago.

Según la política de la empresa, su orientación está dirigida al cliente y a las necesidades del mercado permitiéndole desarrollar soluciones particularizadas con altos estándares de efectividad. Cuenta con Certificación Internacional BASC y con un Departamento de Control de Calidad en el que Ingenieros y Técnicos en diferentes disciplinas confirman que la calidad esté asegurada en las actividades productivas, logísticas y administrativas.

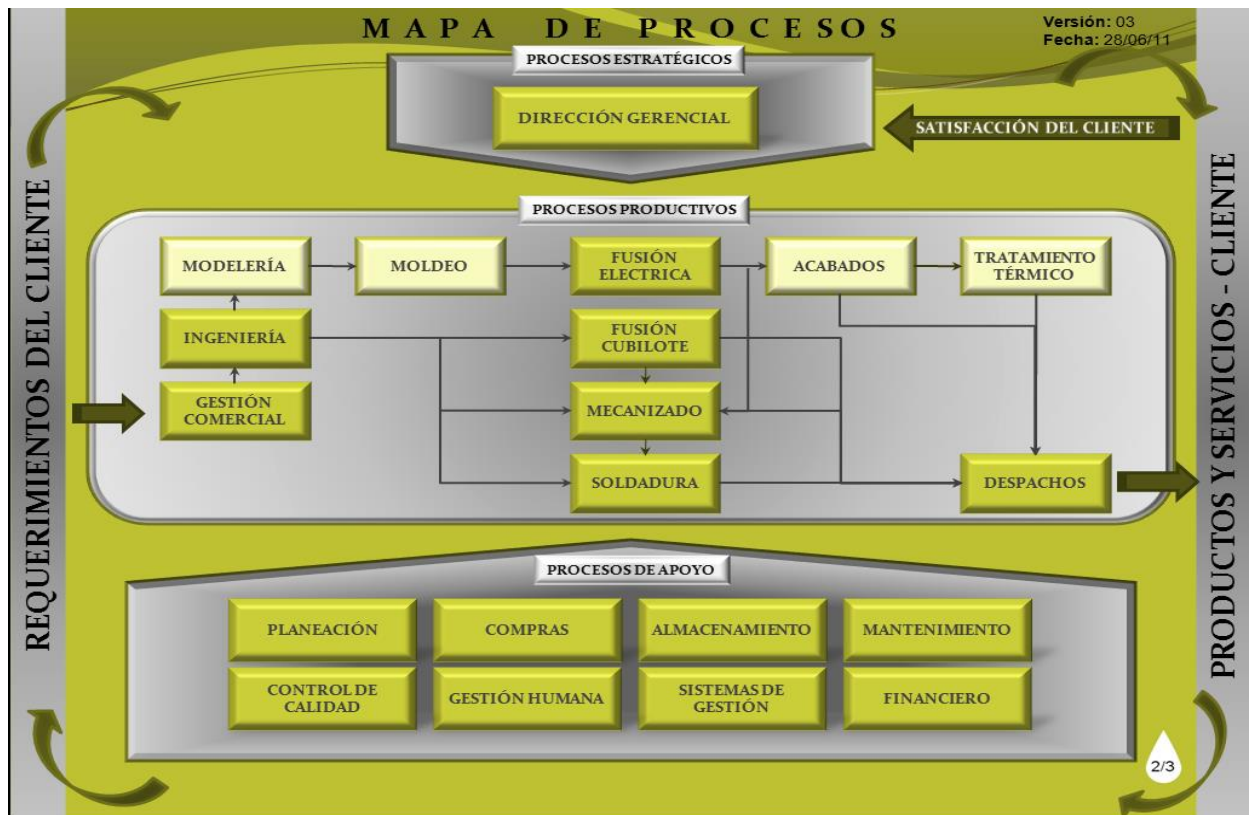
8.1. Mapa de procesos

La empresa objeto de estudio cuenta con 5 familias de producción: azucarera, cementera, siderúrgica, minera y química.

En el gráfico 1 se muestra el mapa de procesos, donde se puede observar tanto los procesos estratégicos, productivos y de apoyo que conforman todo el sistema administrativo y operativo de la empresa estudio.

³¹OSPINA, Mariano. Jefe de fundiciones. Yumbo - Valle del Cuaca. Observación inédita. 2013.

Gráfico 1: Mapa de procesos de la empresa objeto de estudio.



Fuente: Empresa objeto de estudio.

8.2. Antecedentes del área objeto de estudio

El proyecto se desarrolla en el área de fusión y moldeo de una empresa metalmeccánica, para ello se estudian los indicadores de producción e índices de rechazo de productos en proceso y productos terminados que se tienen en la empresa para verificar que ésta es un área crítica dentro de la empresa, y analizar de qué manera esto afecta el nivel de productividad en la producción.

Estas estadísticas de rechazo por defecto y no conformidad, muestran que afectan de manera directa uno de los factores de la productividad, como lo son los recursos, debido a que el hecho de que una pieza finalice su proceso con algún defecto o con una no conformidad, tiene el riesgo de ser rechazada por el cliente; situación que genera que la empresa tenga que invertir tiempo adicional en recurso en mano de obra, insumos, energía y tiempo para poder realizar de nuevo la pieza defectuosa. Posiblemente la pieza inicialmente rechazada por defecto no se pierda, se puede volver a fundir y reutilizarse; pero esto lleva a un sobrecosto a

la empresa, pues está teniendo que usar doblemente los recursos que se pueden ahorrar si este tipo de desperdicio se evita.

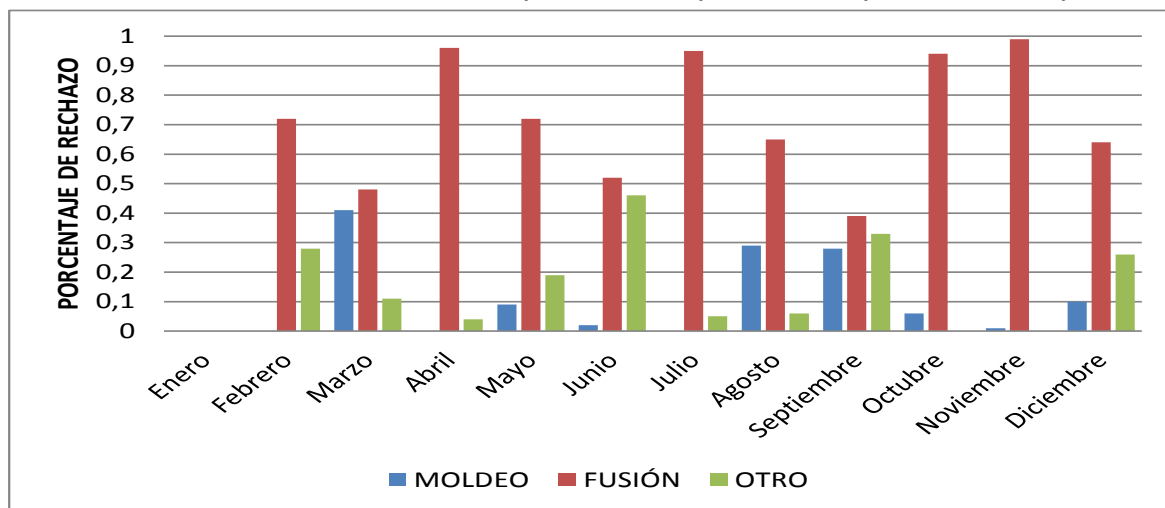
Para ello se obtuvo información consolidada e histórica del año 2012 de índice de rechazo por defecto por área, acumulado de rechazos por área y unidades no conformes del último semestre del 2012 discriminado por área.

La información soporte para la elección del área objeto de estudio es la siguiente:

8.2.1. Índice de rechazo por defecto

De acuerdo al gráfico 2 que corresponde a la información histórica del año 2012 en cuanto al índice de rechazo por defecto, muestra que el área de fusión durante todo el año es la que más rechazos presenta por defecto, especialmente en los meses de abril, julio, octubre y noviembre, por otro lado, el área de moldeo presenta un índice alto de defectos en comparación con otras áreas como modelo, mecanizado y acabado en los meses de marzo, agosto y septiembre.

Gráfico 2: Índice de rechazo por defecto (% rechazo por área 2012).

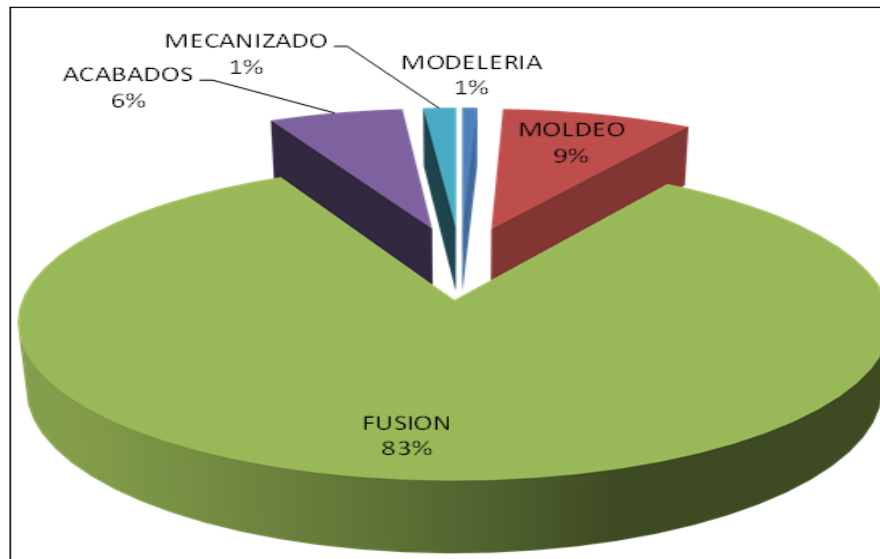


Fuente: Adaptado de datos originales de la empresa.

8.2.2. Acumulado de rechazo por áreas

Según la información representada en el gráfico 3, muestra de nuevo que del total de los acumulados por rechazos, el área fusión es el que más rechazos tuvo en el 2012, con un 83%, seguido con el área de moldeo con un 9%

Gráfico 3: Acumulado de rechazos por área 2012.

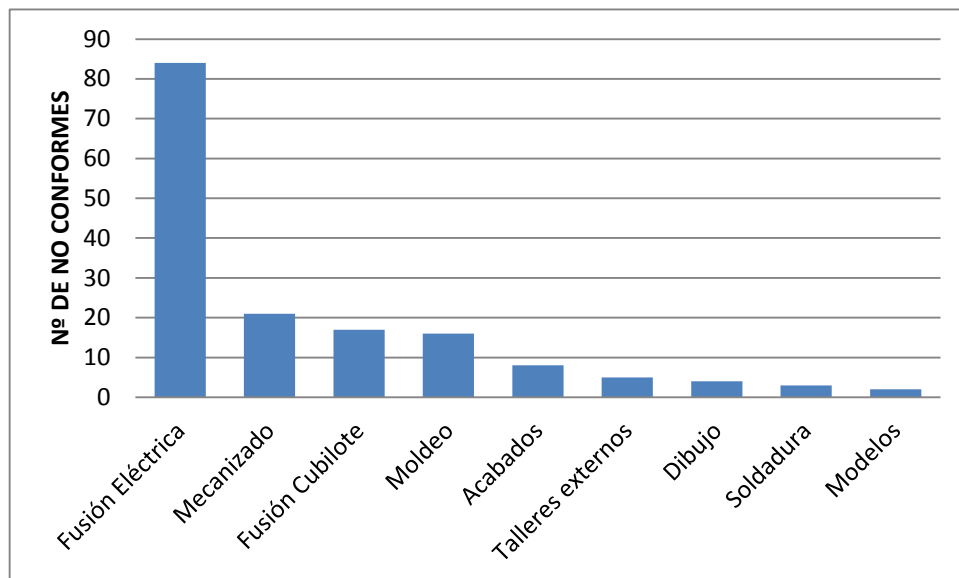


Fuente: Adaptado de datos originales de la empresa.

8.2.3. No conformidad

El gráfico 4 revela que el área de fusión eléctrica es la que mayor número de unidades no conformes obtuvo de manera acumulada en el 2012, comparado con áreas como mecanizado, moldeo, acabados y otras.

Gráfico 4: Unidades no conformes por área del 2012.



Fuente: Adaptado de datos originales de la empresa.

De acuerdo a la información revisada sobre los antecedentes en cuanto a los índices de rechazos y no conformidades en el área de moldeo y fusión del año 2012, se puede clasificar como causales de re-procesos y tiempos perdidos en el sistema, debido a que si uno de los factores en este caso el de los recursos se ve afectado, hace que el modelo integrado de factores de la productividad de la empresa se vea afectado también de manera negativa.

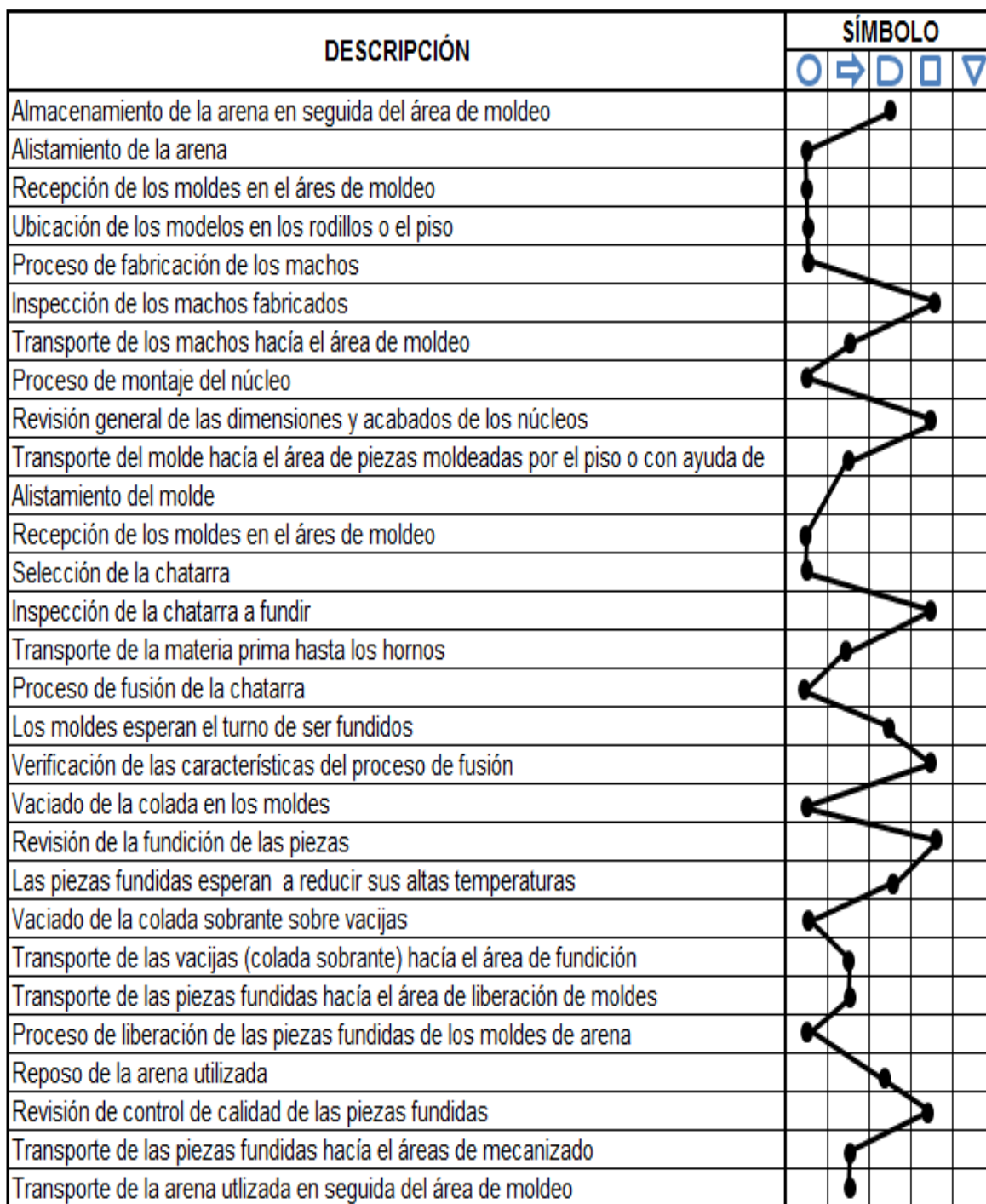
8.3. Proceso operativo del área de fundición

El cursograma analítico y el diagrama de flujo del proceso de producción del área de fundición se presentan en los gráficos 5 y 6, respectivamente, para visualizar de manera dinámica el proceso que estamos estudiando.

En el gráfico 5 del cursograma analítico, se puede observar las operaciones de manera discriminada desde que el alistamiento de los moldes hasta el transporte de la pieza fundida hacía el área de mecanizado; en este cursograma se pueden identificar que hay 11 operaciones, 7 transportes, 4 esperas y 6 inspecciones.

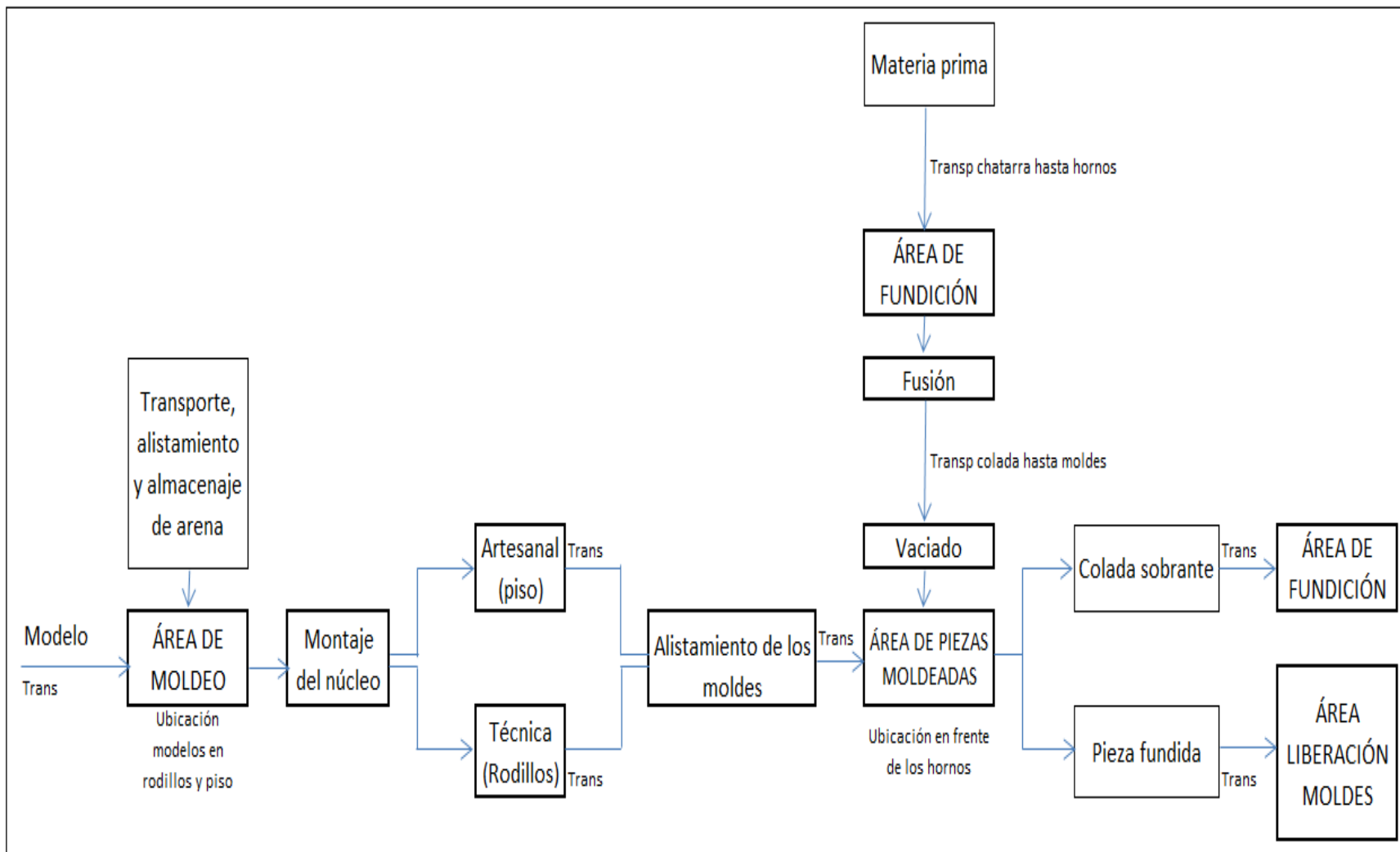
En el gráfico 6, se puede observar el diagrama de cómo es el proceso de producción desde que entra el modelo al área de moldeo hasta el transporte de la pieza fundida hacía el área de liberación de moldes; en este gráfico, también se puede visualizar más fácilmente cuáles actividades se pueden realizar de manera paralela y cuáles son las entradas de materia prima e insumos.

Gráfico 5: Cursograma analítico del proceso de fundición en hierro.



Fuente: Adaptado de datos originales de la empresa.

Gráfico 6: Diagrama de Flujo del área fusión y moldeo de la empresa objeto de estudio.



Fuente: Adaptado de datos originales de la empresa. Elaborado en Excel.

9. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Se realizó un diagnóstico del estado actual de la empresa objeto de estudio teniendo en cuenta los datos históricos de índices de rechazos y piezas no conformes en primera instancia, debido a que se logró identificar que el nivel de rechazo y no conformidad que se maneja en estas áreas está afectando la productividad, generando reprocesos y tiempos perdidos; por tanto, se empieza con la recopilación de datos históricos y el levantamiento de los inexistentes, con el fin de analizar esta información e identificar la relación que existe con la productividad de la línea de producción, posteriormente se realiza trabajo de campo con los operarios e ingenieros encargados de las áreas de moldeo y fusión para conocer cómo es el trabajo de ellos dentro de cada proceso y finalmente, se realizan visitas de forma continua para conocer cómo es el proceso de producción, especialmente el de moldeo y fusión eléctrica; con el objetivo de empezar a identificar los problemas que están afectando el proceso productivo.

Dentro del diagnóstico se espera conocer, para el área de estudio, las condiciones en cuanto a organización, estrategias de planeación, cumplimiento de entregas, nivel de accidentalidad, reprocesos, inactividad y distribución de planta, para analizar la relación que existe entre éstos y los factores que afectan la productividad.

Mediante el levantamiento de datos, el uso del OEE como uno de los indicadores de medida parcial de la productividad y como medida de desempeño de los equipos, y de herramientas como el VSM lo que se busca es recopilar toda la información de manera explícita para conocer las condiciones en las que actualmente se encuentra produciendo la empresa.

Por tanto, se realiza una evaluación de los puestos de trabajo para observar las condiciones de cada uno de estos en cuanto a organización, ya que en un principio se pudo analizar que hay piezas de producto en proceso y producto terminado que están siendo rechazadas por ser no conformes dentro del análisis de control de calidad que se les practica, por tanto, se busca con esta evaluación identificar el nivel de relación que existe como factor puesto de trabajo al rendimiento de la productividad como tal; además para verificar cómo es el entorno laboral y la motivación personal.

El análisis de la distribución de planta se realiza con el fin de conocer si el área de fundición se encuentra con una distribución adecuada y si existen problemas de orden general que afecten el nivel de productividad del área; los diagramas de accidentalidad y cumplimiento de entregas se realizan con el objetivo de indagar qué relación directa tiene esta problemática con la falta de productividad que existe en el proceso, además de conocer el manejo de las órdenes de trabajo versus la capacidad y disponibilidad de la producción en algún momento dado, y el

mapa de la cadena de valor, se hace con el fin de graficar el flujo del proceso identificando que partes del mismo están presentando desperdicios y reprocesos, que hacen que la producción solo se limite a lo necesario, sin tener la capacidad de producir más de lo pedido.

9.1. Evaluación

Como parte de los factores que en este caso están afectando la productividad de las áreas de moldeo y fusión son la disponibilidad de los equipos y la organización de los puestos de trabajo, se quiere empezar a evaluar el estado de los puestos de trabajo, por ello se ha optado por realizar una evaluación de estos, la cual se elaboró con el formato del pilar 2 de mantenimiento autónomo (ANEXO 1), esta evaluación se hizo para el área de moldeo y fusión eléctrica, los resultados se tomaron de una media de 15 trabajadores que realizaron dicha evaluación, y por otro lado la autora del presente trabajo como persona externa a la empresa, con el objetivo de comparar resultados.

La evaluación se realizó únicamente para los tres primeros ítems de la misma, debido a que en la empresa no se tiene actualmente actividades estandarizadas; el formato está diseñado para que arroje un resultado ponderado de manera porcentual, el cual permite realizar un análisis de cada actividad evaluada.

Los tres primeros ítems evalúan aspectos relacionados con máquinas, materiales, métodos, mano de obra y medio ambiente; el resultado individual de cada ítem se pondera al final para obtener un resultado total de valoración del estado actual del proceso de fundición, calificado desde dos ángulos distintos.

9.1.1. Resultado de la evaluación

A continuación se muestra los resultados de la auditoría que se realizó a las áreas de moldeo y de fusión eléctrica.

- **Área de moldeo:**

De acuerdo a la evaluación realizada, se deduce que en la tabla 1 y gráfico 1 del resultado de la auditoría en el área de moldeo, se obtuvo una calificación de 80% por los operarios y 75.56% por el estudiante en actividades de desalojo de elementos y/o materiales que no son necesarios en el proceso, 78.89% por los operarios y 75.56% por el estudiante en organización e identificación de elementos necesarios para facilitar las operaciones, y 84.44% por los operarios y 85.56% por el estudiante en la práctica de actividades de limpieza para la detección de

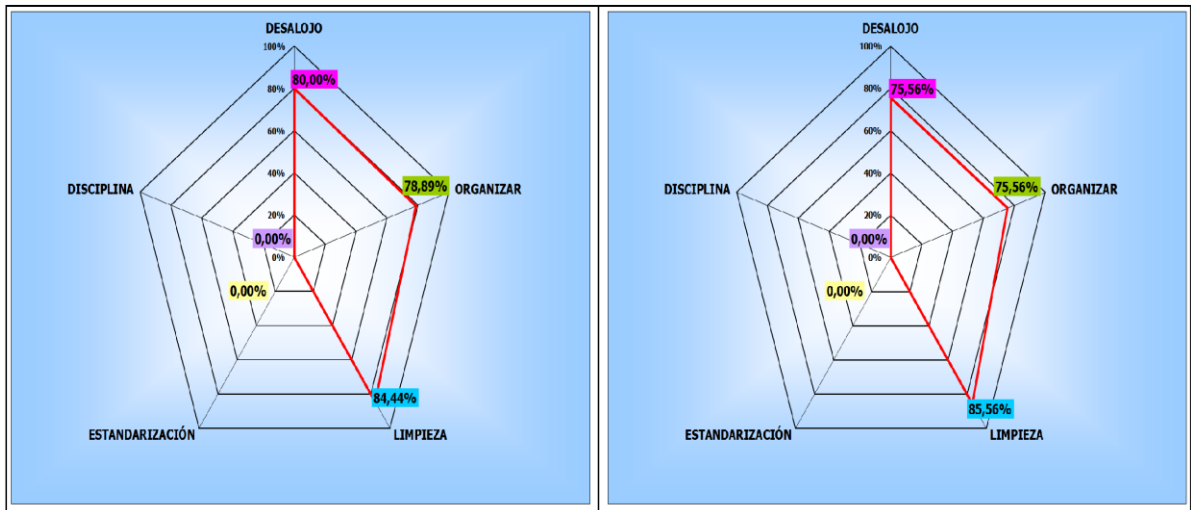
anormalidades; hay que resaltar que las actividades de estandarización y limpieza son del 0% porque en la empresa aún no se tienen estándares de los hábitos de organización, orden y limpieza, y tampoco disciplina en cuanto a controles visuales. El puntaje total de 5S's para el área de moldeo es de 50.93% dado por los operarios y 49.53% dado por el estudiante; de acuerdo a los resultados obtenidos, se considera que ambas evaluaciones son inaceptables, pues no están en un rango entre 80% y 100%, esto es evidenciado en falencias, falta de compromiso y debilidades en las actividades de desalojo, orden y limpieza, pero sobre todo en la aplicación de un estándar y una disciplina (siendo estas las actividades principales que han afectado el promedio final de la evaluación, porque sus resultados son del 0%), lo que hace que el nivel de productividad sea bajo debido a que la no estandarización de los procesos hace que no exista una disciplina que ayude a que la planta produzca en óptimas condiciones.

Tabla 1: Resultado de la evaluación en el área de moldeo.

OPERARIOS			
Evaluación Total	5S's		
5 Ms	DESALOJO	ORGANIZAR	LIMPIEZA
Maquinas	84,00%	72,00%	84,00%
Materiales	85,00%	85,00%	80,00%
Métodos e información	86,67%	100,00%	100,00%
Personas	80,00%	80,00%	90,00%
Entorno de trabajo y medio ambiente	65,00%	65,00%	75,00%
TOTAL	80,00%	78,89%	84,44%
ESTUDIANTE (PERSONA EXTERNA)			
Evaluación Total	5S's		
5 Ms	DESALOJO	ORGANIZAR	LIMPIEZA
Maquinas	72,00%	64,00%	88,00%
Materiales	80,00%	75,00%	80,00%
Métodos e información	80,00%	100,00%	100,00%
Personas	80,00%	70,00%	90,00%
Entorno de trabajo y medio ambiente	70,00%	75,00%	75,00%
TOTAL	75,56%	75,56%	85,56%

Fuente: Formato adaptado de ORREGO CHANSI, Wilson Eliécer. Notas de clase. Universidad del Valle. Palmira. 2013

Gráfico 7: Gráfico tipo Radar del resultado de la evaluación en el área de moldeo



Fuente: Formato adaptado de ORREGO CHANSI, Wilson Eliécer. Notas de clase. Universidad del Valle. Palmira. 2013.

▪ Área de fusión:

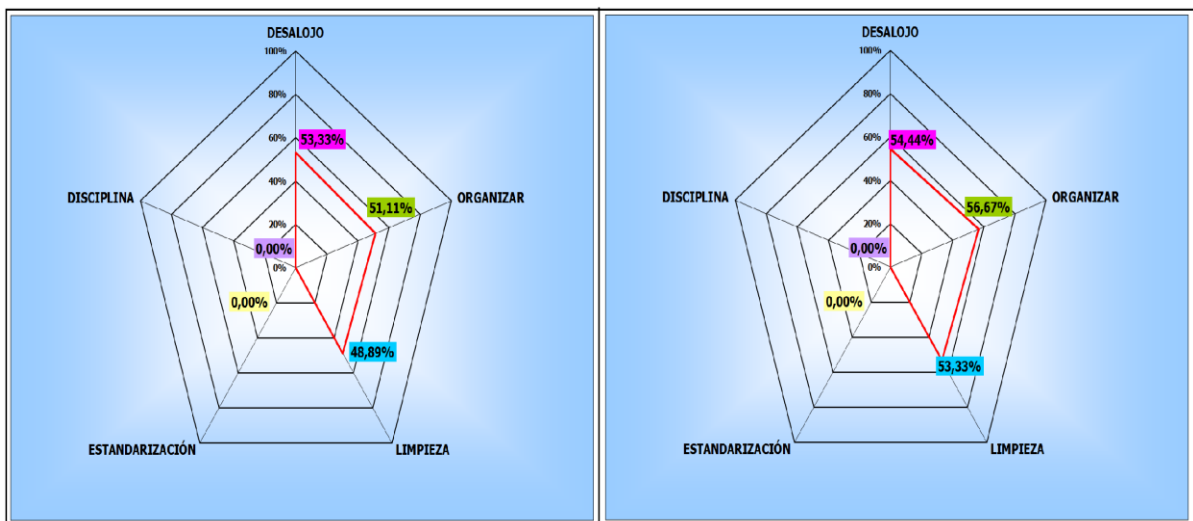
En el área de fusión los resultados de la evaluación mostrados en la tabla 2 y gráfico 8 fueron mucho más bajos, además de que en esta área tampoco se tiene un estándar de organización, orden y limpieza, ni disciplina en dichas actividades. Por tanto, los resultados son de 53.33% por los operarios y 54.44% por el evaluador externo en las actividades de desalojo y clasificación de elementos necesarios para el proceso, 51.11% por los operarios y 56.67% por el evaluador externo en las actividades propias para la identificación y organización de elementos necesarios en la producción y finalmente 48.89% por los operarios y 53.33% por el evaluador externo en labores de limpieza para detectar anomalías. En este caso los puntajes finales de la evaluación de 5S's para esta área es de 32.09% por los operarios y 34.42% por el estudiante, valores porcentuales inaceptables pues tampoco se encuentran en el rango de aceptabilidad.

Tabla 2: Resultado de la evaluación en el área de fusión.

OPERARIOS			
<u>Evaluación Total</u>	5S's		
5 Ms	DESALOJO	ORGANIZAR	LIMPIEZA
Maquinas	48,00%	48,00%	48,00%
Materiales	60,00%	55,00%	50,00%
Métodos e información	60,00%	60,00%	60,00%
Personas	70,00%	60,00%	50,00%
Entorno de trabajo y medio ambiente	40,00%	40,00%	40,00%
TOTAL	53,33%	51,11%	48,89%
ESTUDIANTE (PERSONA EXTERNA)			
<u>Evaluación Total</u>	5S's		
5 Ms	DESALOJO	ORGANIZAR	LIMPIEZA
Maquinas	44,00%	60,00%	48,00%
Materiales	60,00%	55,00%	60,00%
Métodos e información	53,33%	46,67%	60,00%
Personas	70,00%	80,00%	60,00%
Entorno de trabajo y medio ambiente	55,00%	50,00%	45,00%
TOTAL	54,44%	56,67%	53,33%

Fuente: Formato adaptado de ORREGO CHANSI, Wilson Eliécer. Notas de clase. Universidad del Valle. Palmira. 2013.

Gráfico 8: Gráfico tipo Radar del resultado de la evaluación en el área de fusión.



Fuente: Formato adaptado de ORREGO CHANSI, Wilson Eliécer. Notas de clase. Universidad del Valle. Palmira. 2013.

Se logra identificar en las áreas de alistamiento de moldes, moldes sueltos, matachera, pintura de machos y fundición de piezas, que no se encuentran cerca algunos materiales de insumo necesarios para el funcionamiento continuo de las operaciones, sino que se encuentran lejos haciendo que el proceso incremente los tiempos muertos por la lejanía de los mismos; por otro lado, las herramientas no se encuentran ubicadas en un lugar específico con demarcación sino que el operario que la utilice la deja en cualquier sitio, ocasionando desorden en las áreas de trabajo y tiempo perdido para el operario que tenga que ir en búsqueda de la herramienta que necesite.

Además, en las rutas que utilizan los operarios para desplazarse de una estación a otra, en ocasiones se encuentran obstaculizadas por la entrada de insumos o materia prima como la chatarra o el traslado de la misma hacia los hornos, haciendo que haya una contaminación cruzada desencadenando tiempos de espera para los operarios y riesgos de accidentes.

Cabe resaltar que se evidenció que en la empresa existe una dificultad en cuanto a la falta de prácticas normativas, específicamente, en el registro de información y manejo de indicadores de tiempos perdidos, registro de fallas, calidad de las piezas procesadas, accidentalidad, fechas de pedidos, fechas de entrega, lo que hace que la mejora continua sea más difícil.

En cuanto a la limpieza del área de trabajo, los operarios además de recoger desperdicios de gran tamaño y limpiar de manera rápida y externa las áreas donde están las máquinas, manifiestan que sienten poca motivación por la limpieza de sus puestos de trabajo considerando que este tipo de producción no adapta un control sobre las fuentes de contaminación y deterioro acelerado.

La empresa no cuenta con el hábito de mostrar de manera visual por medio de cartelera informativa los índices de productividad especialmente en las áreas de moldeo y fusión, ni tampoco manejan una planificación de mantenimientos preventivos con un horario establecido.

9.2. Distribución de planta

Como análisis de uno de los factores de la gestión de la productividad que se pueda controlar desde la empresa misma, se tiene la planta de producción, y para un análisis de él se realiza un diagnóstico de la distribución de planta actual, usando la técnica SLP, el cual proporciona una visión en conjunto sobre las relaciones existentes entre las áreas del proceso de moldeo y fusión, es decir, que con este método se puede verificar si las relaciones entre las distintas áreas requeridas para el desarrollo del proceso productivo son las adecuadas o no.

Para ello se emplea la simbología internacional dada en la tabla 3.

Tabla 3: Simbología del método SLP “Planeación Sistemática de la Distribución de Instalaciones”

LETRA	ORDEN DE PROXIMIDAD	NÚMERO DE LÍNEAS
A	Absolutamente necesario	4
E	Especialmente importante	3
I	Importante	2
O	Normal	1
U	No importante	0
X	Indeseable	1 ondulada
XX	Muy indeseable	2 onduladas

Fuente: BACA URBINA, Gabriel. Evaluación de proyectos. 2001.

La restricción que se define para el proceso productivo, es que los procesos que estén relacionados con manejo de materia prima o elementos de alto riesgo se deben mantener alejados de los elementos más pequeños o más débiles para evitar el daño de los mismos, y evitar el contacto de materias primas e insumos con el área de la recuperadora de arena para evitar el deterioro o contacto con este producto.

De acuerdo al diagrama de relación de actividades presentada en el gráfico 9, se puede decir que las áreas se encuentran distribuidas de manera adecuada dentro del espacio disponible, a excepción de las áreas de inventario de materia prima (chatarra), debido a que cuentan con dos espacios para almacenar esta chatarra, lo que hace que en el área de inventario número 4 se inicie el proceso de guardado y si esta área se satura, se sigue transportando dicho inventario hasta el área número 9; también se logró visualizar que en el área número 1 de inventario de chatarra se han presentado deslizamiento, choques y golpes por parte de los empleados con la chatarra, ya que este espacio es reducido.

1	MATACHERA Y PINTURA DE MACHOS	
2	MEZCLADORA DE ARENA	I
3	ALISTAMIENTO DE MOLDES	A A
4	INVENTARIO DE CHATARRA #1	E U
5	INVENTARIO DE MOLDES	X U U
6	FUSIÓN	U E X U
7	VACIADO DE PIEZAS	O A U X X E
8	INVENTARIO DE PRODUCTO TERMINADO	A A I U U X A XX
9	INVENTARIO DE CHATARRA #2	A A U U A U E A
10	RECUPERADORA DE ARENA	I E O O U

Después del diagrama de relación, se construye el diagrama de hilos que se presenta en el gráfico 10 a partir del código de proximidad y se hace a partir de los datos obtenidos, se procede a graficar la relación entre actividades, ubicando los espacios y áreas dentro de la planta.

El gráfico de relación de actividades y el gráfico de diagrama de hilos, muestran la relación que existe entre las actividades propias del proceso estudiado, más no deja evidenciar las fallas de contaminación cruzada que puede existir entre operarios por la búsqueda de insumos o elementos necesarios para el desarrollo continuo de sus actividades dentro del proceso productivo; lo que hace que no sea

claro que esta relación entre áreas sea la mejor dentro de la planta para ayudar a la mejora de la productividad.

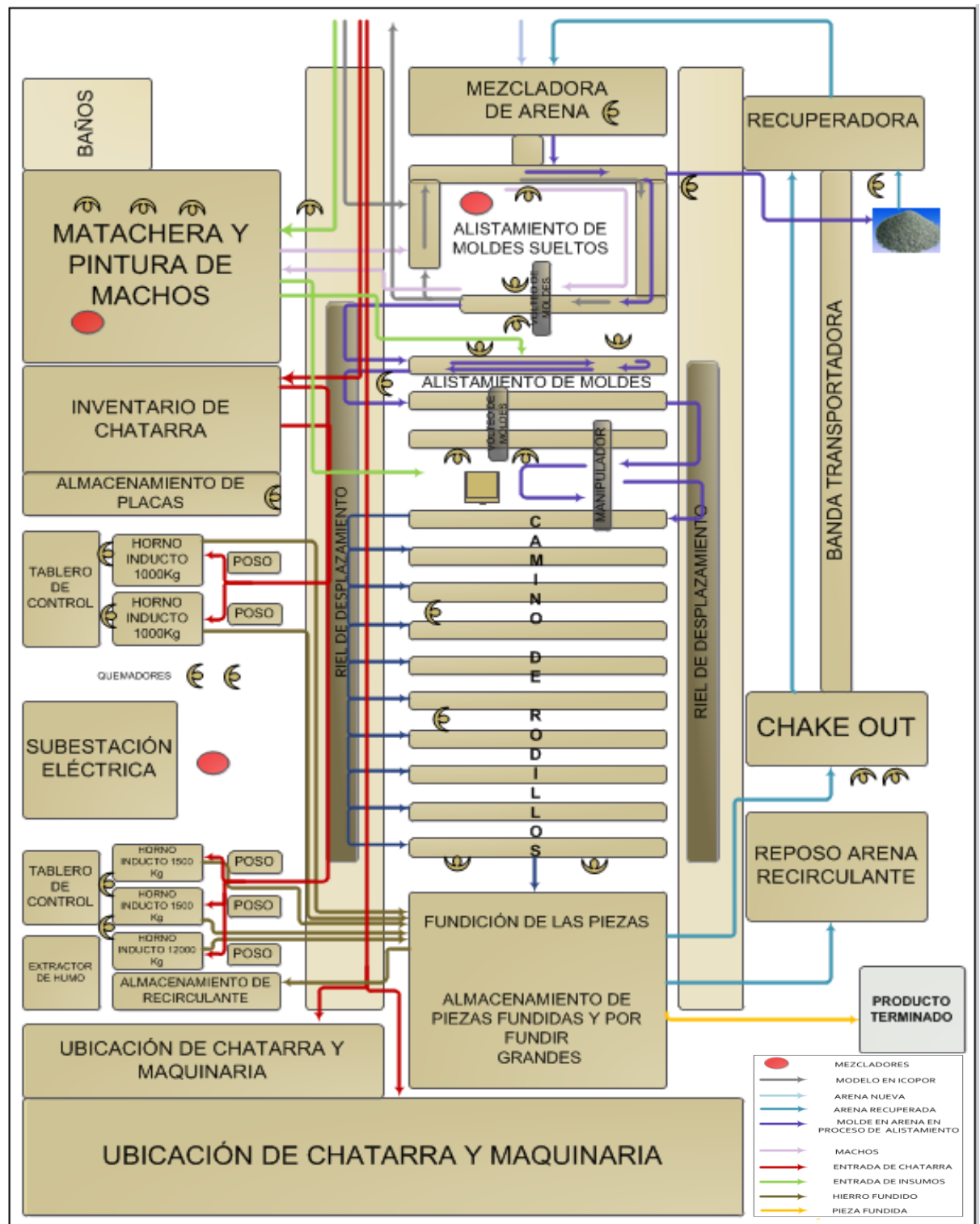
Por tanto, se decide graficar la distribución de planta de las áreas moldeo y fusión de la empresa para hacer un diagnóstico más profundo, con esto se logra identificar que existe una contaminación cruzada en los pasillos de la planta, eso se debe a que no hay una ubicación estratégica de los insumos y materia prima, la cual es causa de desplazamientos largos e ineficaces por parte de los operarios para ir en búsqueda de dichos materiales, además incrementa el nivel de riesgo de los accidentes y tiempos perdidos que perfectamente pueden usarse en producción. Como evidencia de esta mala ubicación de la chatarra en varias partes de la planta se tiene que los operarios y supervisores de las áreas estudiadas manifiestan que “el volumen de materia prima usada en cada proceso es alto, motivo por el cual toda esta chatarra no cabe en el primer espacio que se ve en el gráfico 11, por eso es que se vio en la necesidad de arrumar y arrumar cada vez más de manera forzada en ese mismo espacio lo que ha ocasionado regueros de la misma sobre el área de desplazamiento, obstaculizando el paso seguro de los empleados; añadiéndole que como ya no hubo espacio para dicho arrume, ubicaron un espacio en la parte trasera de la planta para ubicar el resto de la chatarra que no cabe en el lugar inicial”.

Esta mala ubicación de la chatarra en dos puntos de la planta hace que el proceso no sea efectivo, debido a que estas dos áreas están retiradas entre sí, generando tiempos muertos ya que hace que un operario tenga que desplazarse en varios sentidos para ir en búsqueda de esta materia prima, además una de estas áreas tiene un tamaño reducido, lo que hace que en ocasiones este espacio sobrepase la capacidad de inventario poniendo en riesgo de accidente a los empleados.

Desde otro punto de vista, las bitácoras reportadas por los trabajadores manifiestan el continuo desorden en que conviven a diario y la mala organización de las herramientas que utilizan para sus actividades en el proceso de producción, por no tener un lugar específico y demarcado para su ubicación, por lo que ha generado que los operarios ubiquen sus herramientas de trabajo sobre cualquier espacio, incluso en sitios no aptos para ello, arriesgándose a sufrir accidentes por caídas de elementos.

La mala organización en los puestos de trabajo y la no estandarización de los procesos está afectando el rendimiento de la línea de producción y la calidad de los productos, lo que a su vez hace que la productividad sea baja.

Gráfico 11: Distribución de planta del área de moldeo y fusión de la empresa objeto de estudio.



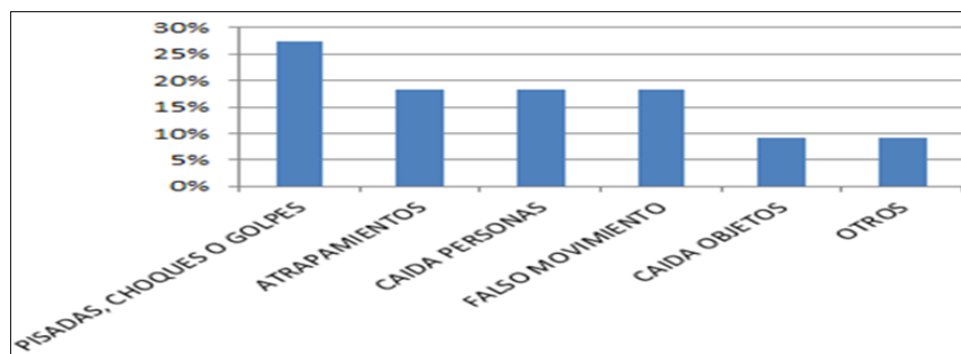
Fuente: Adaptado de la empresa objeto de estudio. Elaborado en Microsoft Visio.

Como parte integral de este estudio, se ha procesado los datos históricos de accidentalidad y las causas para las áreas de fusión y moldeo en el año 2012.

De acuerdo a la información suministrada por el gráfico 12, podemos deducir que el 27% del total de accidentes en el 2012 en las áreas objeto de estudio, se debe a pisadas, choques y golpes, seguidas de atrapamientos, caída de personas y falsos movimientos, con un 18% de representación en cada una.

Por tanto, una mala organización en las áreas de trabajo y el continuo movimiento de los operarios por toda el área se puede considerar como motivo de accidentes, además que en términos totales de tiempo de duración de los accidentes de trabajo (reporte y atención inmediata) dio 2.8 horas (tiempo que no agregó valor al proceso, porque este tiempo no fue usado para laborar), afectando de manera directa uno de los factores de la productividad como es la disponibilidad.

Gráfico 12: Accidentalidad en las áreas de fusión y moldeo en el 2012.



Fuente: Adaptado de la empresa objeto de estudio.

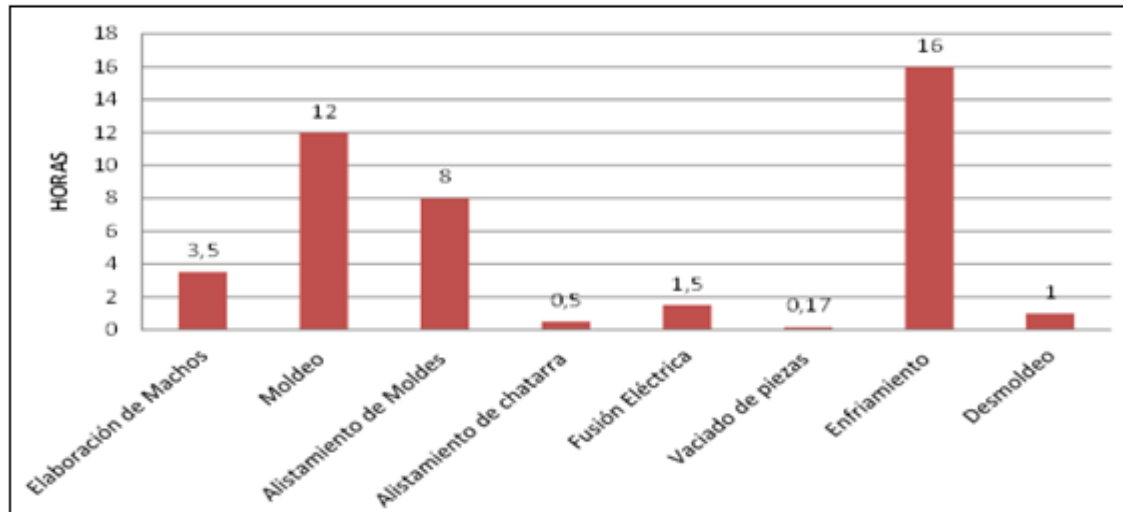
9.3. Value Stream Mapping Actual

La situación inicial de las actividades a lo largo del proceso de producción que agregan y no agregan valor al producto terminado en el área de moldeo y fusión se ha dibujado mediante una herramienta Lean, donde se busca reflejar lo que se desarrolla en el piso de la planta en cuanto al flujo de valor para determinado producto o familia de productos, y se expone a continuación en los gráficos 13 y 14, realizado en base a la técnica VSM y que se muestra resumido para facilitar su lectura.

En el gráfico 13 se muestra el caso de producción de una de las piezas más representativas del proceso según el jefe de producción de la empresa: “cuchara de mineros” con un peso aproximado de 1783 kg, este caso se presenta para mostrar el flujo físico de materiales en todo el proceso de producción, siendo este

un caso donde sigue un flujo continuo de producción desde que llega el modelo al área de moldeo hasta que la pieza fundida es desmoldada para pasar al proceso de mecanizado, es decir, como la pieza es de aproximadamente 1.5 toneladas de peso, se quiere mostrar que las piezas de este peso aproximado cumplen con el requerimiento de capacidad de al menos un horno eléctrico, por ende, el proceso es continuo hasta la fusión de la pieza.

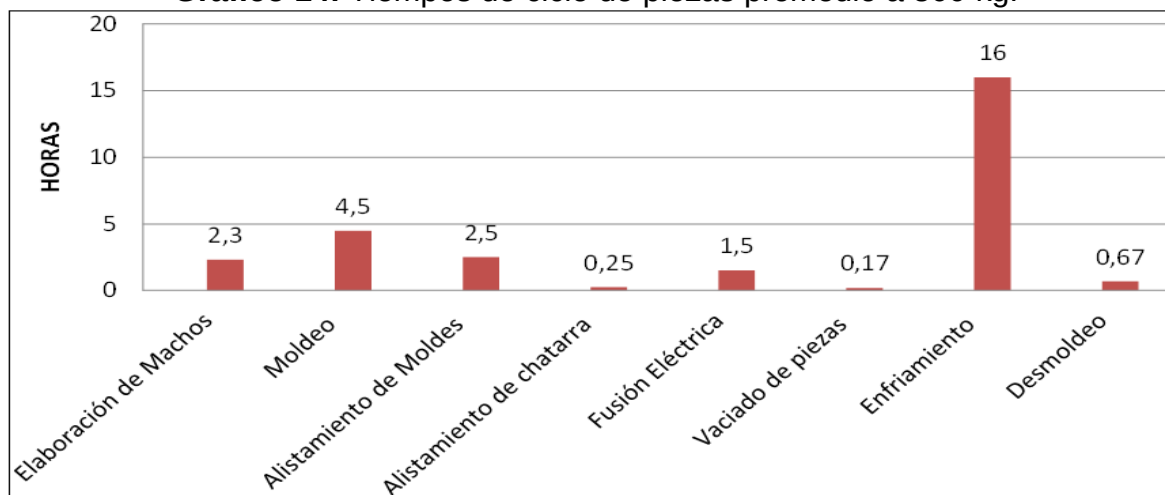
Gráfico 13: Tiempos de ciclo de piezas promedio a 1783 kg.



Fuente: Adaptado de la empresa objeto de estudio.

El gráfico 14, es otro de los casos más representativos dentro del proceso de producción, ya que posee un tamaño promedio más pedido por los clientes, son piezas de aproximadamente 800kg; tipo de pieza que tiene casi la mitad de la capacidad del horno más pequeño, razón por la cual el tiempo de espera para fundir es mayor que el caso anterior, debido a que ésta pieza debe esperar por lo menos al moldeo de una pieza similar que sea complemento de capacidad de un horno para poder ser fundida.

Gráfico 14: Tiempos de ciclo de piezas promedio a 800 kg.



Fuente: Adaptado de la empresa objeto de estudio.

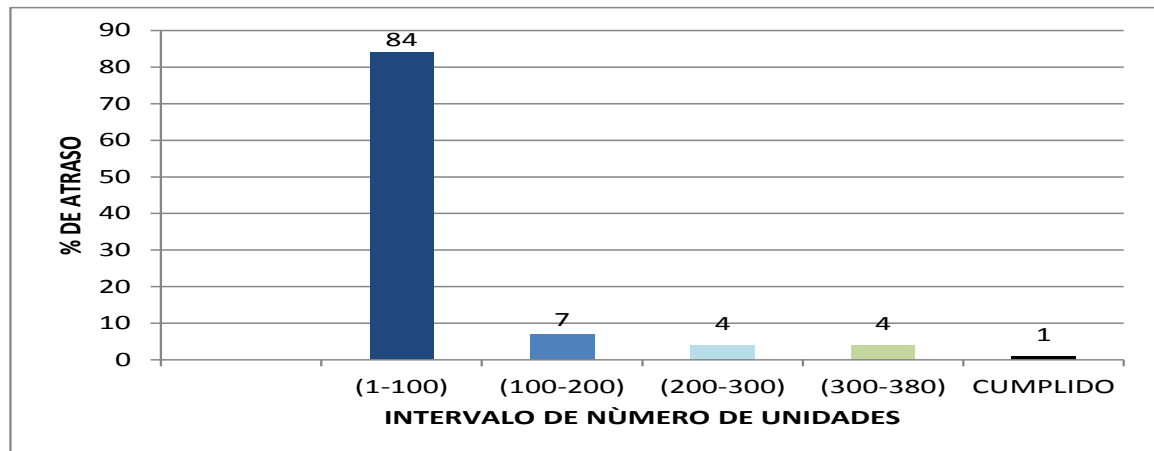
En cuanto a la demanda, se evaluaron datos de los pedidos de los dos primeros meses del año 2013 de la empresa objeto de estudio. Cabe resaltar que estos productos no tienen pronóstico alguno debido a que el comportamiento de ventas es variable. Estos datos permitieron calcular el promedio de la demanda mensual, obteniendo 20 piezas de 1783kg y entre 3 y 4 piezas de 800kg.

La planeación de la producción se realiza de acuerdo a los tamaños de las piezas pedidas, teniendo en cuenta que manejan producción FIFO (primera en entrar, primera en salir), es decir, el proceso empieza cuando el departamento de planeación recibe la información del departamento de gestión comercial, priorizando de acuerdo al tamaño del pedido y las fechas de entrega, con el objetivo de hacer entregas oportunas.

Como información adicional para el mapa de la cadena de valor actual, se tiene el porcentaje de cumplimiento de entrega de pedidos del producto terminado.

Según el gráfico 15, la empresa en el 2012 y 2013 presentó un 99% de incumplimiento en la entrega de los pedidos totales a sus clientes; según la investigación, los motivos principales por que se presentan estos retrasos en la entrega oportuna de los pedidos son la falta de planeación por parte del área encargada, y una mala comunicación entre el departamento de ventas y el departamento de producción, pues el departamento de ventas se dedica a vender y a comprometerse en unas fechas a la entrega de dichos productos sin antes verificar si el departamento de producción tiene la disponibilidad y capacidad de producir dichos pedidos para la fecha a la que se comprometieron.

Gráfico 15: Cumplimiento de pedidos año 2012-2013.



Fuente: Adaptado de la empresa objeto de estudio.

En los VSM graficados existe un tiempo en días que se puede visualizar entre el proceso de Gestión Comercial y Planeación, éste es el tiempo en que se demora la orden de pedido desde el departamento comercial al de planeación de producción, tiempo que se convierte en días de retraso de la entrega del producto terminado; para nuestros casos estudio, en el proceso de las piezas de 1783 kg el tiempo de espera es de 48 días y para las piezas de 800kg es de 55 días.

Los tiempos perdidos identificados dentro del proceso de fusión y moldeo, se tomaron de acuerdo a la recolección de información durante 3 meses consecutivos del año 2013, la cual se presenta en la tabla 4 y 5, donde se pudo identificar que en el área de fusión, del tiempo total de producción, el 31% es tiempo muerto por causas de filtración del horno, que hace que la fundición no se realice en condiciones adecuadas; y en el proceso de moldeo, del tiempo total de producción, el 13% es tiempo que no agrega valor a la producción, por falta de disponibilidad del puente grúa y movimientos innecesarios por parte del operario.

Ecuación 2:

$$\% \text{ Tiempo perdido} = \frac{\text{Tiempo perdido total}}{\text{Tiempo producción total}} * 100$$

Tabla 4: Tiempos de producción y tiempos perdidos en el proceso de moldeo.

PROCESO DE MOLDEO						
	SEMANA	# PIEZAS MOLDEADAS	# DÍAS	#HORAS/SEMANA	Tiempo perdido por semana (HORAS)	Horas trabajadas por semana
jun-13	23	238	5	95	14,5	80,5
	24	190,33	5	80	2	78
	25	165,33	6	96	10,66	85,34
	26	146,46	6	88	0	88
jul-13	27	180,33	5	72	4,66	67,34
	28	89,25	6	96	0	96
	29	153,97	6	96	6,33	89,67
	30	114,25	5	80	8	72
ago-13	31	160,16	6	96	16	80
	32	165,89	6	88	23	65
	33	218,86	6	96	13,5	82,5
	34	189,2	5	80	16	64
	35	272,2	6	96	19,5	76,5
		2284,23	73	1159	134,15	1024,85

Fuente: Elaboración propia.

$$\% \text{ Tiempo perdido} = \frac{134,15 \text{ Horas}}{1024,85 \text{ Horas}} * 100 = 13\%$$

Tabla 5: Tiempos de producción y tiempos perdidos en el proceso de fusión.

PROCESO DE FUSIÓN						
	SEMANA	KG FUNDIDOS	# DÍAS	#HORAS/SEMANA	Tiempo perdido por semana (horas)	Horas trabajadas por semana
jun-13	23	30.167	4	56	0	56
	24	60.074	4	64	3	61
	25	205.681	6	98	0	98
	26	179.081	5	88	0	88
jul-13	27	44.234	5	72	0	72
	28	188.687	6	112	0	112
	29	167.366	6	104	6,1	97,9
	30	45.178	5	72	48,5	23,5
ago-13	31	230.580	6	104	68	36
	32	152.762	4	68	21,44	46,56
	33	189.041	5	84	28	56
	34	147.720	5	72	64	8
	35	204.180	5	92	16	76
		1.844.753	66	1086	255,04	830,96

Fuente: Elaboración propia.

$$\% \text{ Tiempo perdido} = \frac{255,04 \text{ Horas}}{830,96 \text{ Horas}} * 100 = 31\%$$

Por medio de la información recolectada, se calcula la capacidad de producción de acuerdo a la ecuación 3, teniendo en cuenta el tiempo de producción disponible a lo largo de un mes de trabajo, y el tiempo de ciclo que marca el ritmo del proceso productivo que está definido por las actividades del proceso de moldeo.

Para ello, se hace el cálculo de la capacidad de producción para los procesos de las piezas con 1783 kg y 800kg, y que en este caso se toman los tiempos óptimos de producción, teniendo en cuenta que la jornada laboral va en dos turnos diarios de 8 horas (16 horas diarias – 6:00 am a 2:00pm y 2:00 pm a 10:00pm), de lunes a sábado.

Ecuación 3:

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{\text{Tiempo total disponible para producir}}{\text{Tiempo del ciclo del proceso}}$$

Tiempo total disponible para producir = 16 horas diarias * 6 días por semana * 4 semanas
--

- Pieza de 1783kg

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{384 \text{ horas/mes}}{12 \text{ horas/unidad}}$$

Capacidad de producción = 32 unidades/mes

- Pieza de 800kg

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{384 \text{ horas/mes}}{4,5 \text{ horas/unidad}}$$

Capacidad de producción = 85 unidades/mes

Por tanto la capacidad promedio de producción diaria según los cálculos anteriores para piezas de tamaño 1783kg y 800kg son de 1.3 y 3.5 piezas, respectivamente.

Finalmente, “Mapping The Total Value Stream” de Nash & Poling en el 2008 manifiestan la importancia de calcular el takt time, pues este es “el ritmo al que cliente demanda un producto de un determinado proceso”³².

³²NASH, Mark A. and POLING, Sheila R. Mapping the total value stream: A comprehensive guide for production and transactional processes. New York: Taylor & Francis Group, 2008. p.69.

Por tanto, el takt time para el proceso de fusión y moldeo se calcula de acuerdo a la ecuación 4, tanto para las piezas de 1783kg como las de 800kg, respectivamente:

Ecuación 4:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo Neto disponible de Producción}}{\text{Demanda del Producto}}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{384 \text{ horas/mes}}{20 \text{ unidades/mes}} = 19,2 \text{ hora / unid}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{384 \text{ horas/mes}}{4 \text{ unidades/mes}} = 96 \text{ hora / unid}$$

De lo anterior se infiere que de acuerdo al tiempo neto disponible, sin pérdida mínima de tiempo, la producción de las piezas de peso aproximado de 1783 kg y 800kg es óptimo de acuerdo a la capacidad de producción y la demanda promedio mensual de sus clientes.

A continuación se calcula el takt time real de la producción por medio de la ecuación 5, para ello se toma el tiempo neto disponible de producción y se le resta el tiempo perdido, lo que para estos casos sería que del total de tiempo de producción en moldeo, el 13% es tiempo perdido; pero, para el proceso de fusión, del 100% del tiempo de producción, el 31% es tiempo muerto.

Ecuación 5:

$$\text{Takt Time Real} = \frac{\text{Tiempo Neto disponible de Producción} - \text{Tiempo perdido}}{\text{Demanda del Producto}}$$

$$\text{Takt Time Real} = \frac{384 \text{ horas/mes} - (384 \cdot 0.44) \text{ horas/mes}}{20 \text{ unidades/mes}} = 10,75 \text{ hora / unid}$$

$$\text{Takt Time Real} = \frac{384 \text{ horas/mes} - (384 \cdot 0.44) \text{ horas/mes}}{4 \text{ unidades/mes}} = 53,76 \text{ hora / unid}$$

De acuerdo a los resultados anteriores, se puede inferir que el ritmo real de producción para las piezas de 1783 kg es de 10,75 horas por unidad producida, mientras que el ritmo real de producción de las piezas de 800 kg es de 53,76 horas por unidad producida.

Finalmente, el tiempo muerto que presentan el proceso de producción, hace que se deje de producir 168.96 horas mensuales por cada tamaño de producción, y aunque con este tiempo takt time es factible cumplir con la demanda, se deja de aprovechar tiempo valioso que sirve para producir más, logrando incrementar el nivel de clientes potenciales posibles.

9.4. Cálculo del indicador de eficacia global del equipo (OEE)

Para el cálculo del indicador de eficacia global se utilizó la información de tiempos de producción y tiempos perdidos de las tablas 4 y 5, y unidades rechazadas en los mismos meses, información relacionada y consolidada en la tabla 6.

Hay que tener en cuenta que la capacidad instalada de los 3 hornos eléctricos (1.000Kw, 1.500Kw y 3.000Kw) es de 17 toneladas/ciclo, lo que es igual a 2.428,89 kg/ciclo.

Tabla 6: Tiempos muertos y de producción, unidades producidas y rechazadas del año 2013.

FUSIÓN		MOLDEO	
TIEMPO DE CARGA (horas)	TIEMPO MUERTO (horas)	TIEMPO DE CARGA (horas)	TIEMPO MUERTO (horas)
1086	255,04	1159	134,15
RECHAZO (Unidades)		RECHAZO (Unidades)	
JUNIO	8.439	JUNIO	0,5
JULIO	14.567	JULIO	13
AGOSTO	22.988	AGOSTO	9
TOTAL	45.994	TOTAL	22,5
PRODUCCIÓN (Unidades)		PRODUCCIÓN (Unidades)	
JUNIO	475.003	JUNIO	740,1
JULIO	676.046	JULIO	698
AGOSTO	693.704	AGOSTO	846,2
TOTAL	1.844.753	TOTAL	2.284
Pn IDEAL (Unidades)		Pn IDEAL (Unidades)	
JUNIO	743.243	JUNIO	693
JULIO	1.127.009	JULIO	849
AGOSTO	767.532	AGOSTO	695
TOTAL	2.637.784	TOTAL	2.237

Fuente: Elaboración propia.

La metodología desarrollada para el cálculo del OEE abarca tres factores que se muestra en la tabla 7.

Tabla 7: Factores para el cálculo del OEE.

FACTOR	DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN
Disponibilidad	La Disponibilidad resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo por el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo.	$D = \frac{\text{Tiempo de carga} - \text{Tiempo Muerto}}{\text{Tiempo de carga}}$
Rendimiento	El Rendimiento resulta de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido.	$R = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción Ideal}}$
Calidad	la Calidad resulta de dividir las piezas buenas producidas por el total de piezas producidas incluyendo piezas retrabajadas o desechadas	$Q = \frac{\text{Unidades Producidas} - \text{Unidades Rechazadas}}{\text{Unidades Producidas}}$

Fuente: Formato adaptado de ORREGO CHANSI, Wilson Eliécer. Notas de clase. Universidad del Valle. Palmira. 2013.

En la tabla 8 se muestra el cálculo del indicador de eficacia global de las áreas de moldeo y fusión, obteniendo un resultado de 89.41% y 52.18%, respectivamente. Esto significa que de cada 100 piezas buenas que en las áreas podían haber producido, sólo han producido 89 piezas en moldeo y 52 piezas en fusión, lo que conlleva a determinar que salen más piezas moldeadas que las que salen del área de fusión, es decir, que existe un cuello de botella en el área de fusión, haciendo que la producción y por ende el producto final se atrase.

Tabla 8: Resultado del OEE de la situación actual.

			OEE
FUSIÓN	DISPONIBILIDAD	77%	52,18%
	RENDIMIENTO	70%	
	CALIDAD	98%	
MOLDEO	DISPONIBILIDAD	88%	89,41%
	RENDIMIENTO	102%	
	CALIDAD	99%	

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular el OEE Global del proceso de producción de las áreas de moldeo y fusión, se usa la ecuación 6:

Ecuación 6:

$$\text{OEE Global} = \left(\prod_{i=1}^n D_i * \text{Min} (R_i)_{1 \rightarrow n} * \sum (\text{Productos defectuosos/ producción total}) \right)$$

$$\text{OEE Global} = (0,77*0,88)*(0,70)*(0,983)$$

$$\text{OEE Global} = 46,62\%$$

Por tanto, la capacidad de producción real de la planta en el proceso de moldeo y fusión es de 14.92 unidades por mes para las piezas de 1783kg y de 39.63 unidades por mes para las piezas de 800kg.

- Pieza de 1783kg

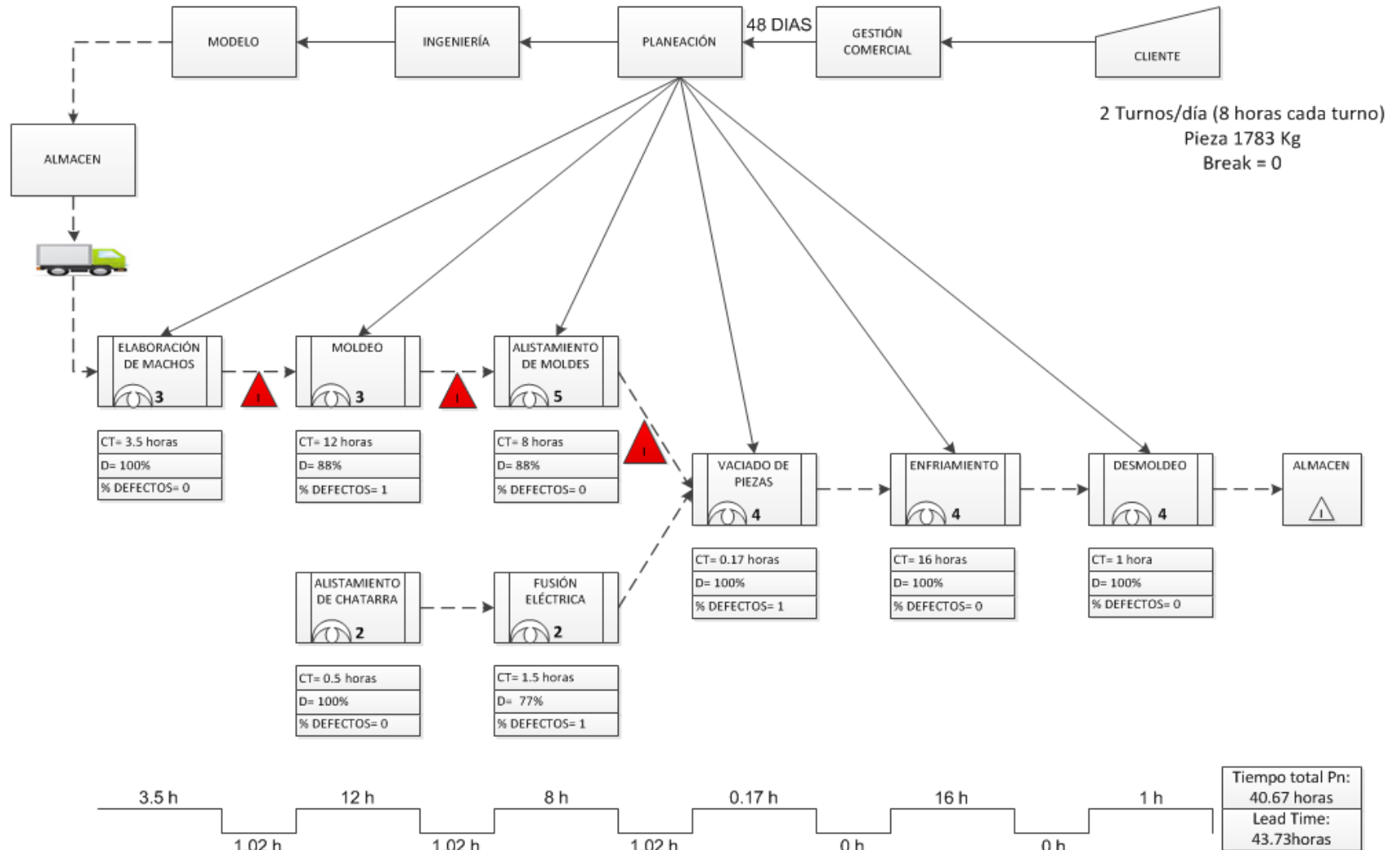
$\text{Capacidad de producción Real} = \frac{32 \text{ Unidades}}{\text{Mes}} * 46,62\% = 14,92 \text{ Unid / Mes}$

- Pieza de 800kg

$\text{Capacidad de producción Real} = \frac{85 \text{ Unidades}}{\text{Mes}} * 46,62\% = 39,63 \text{ Unid / Mes}$

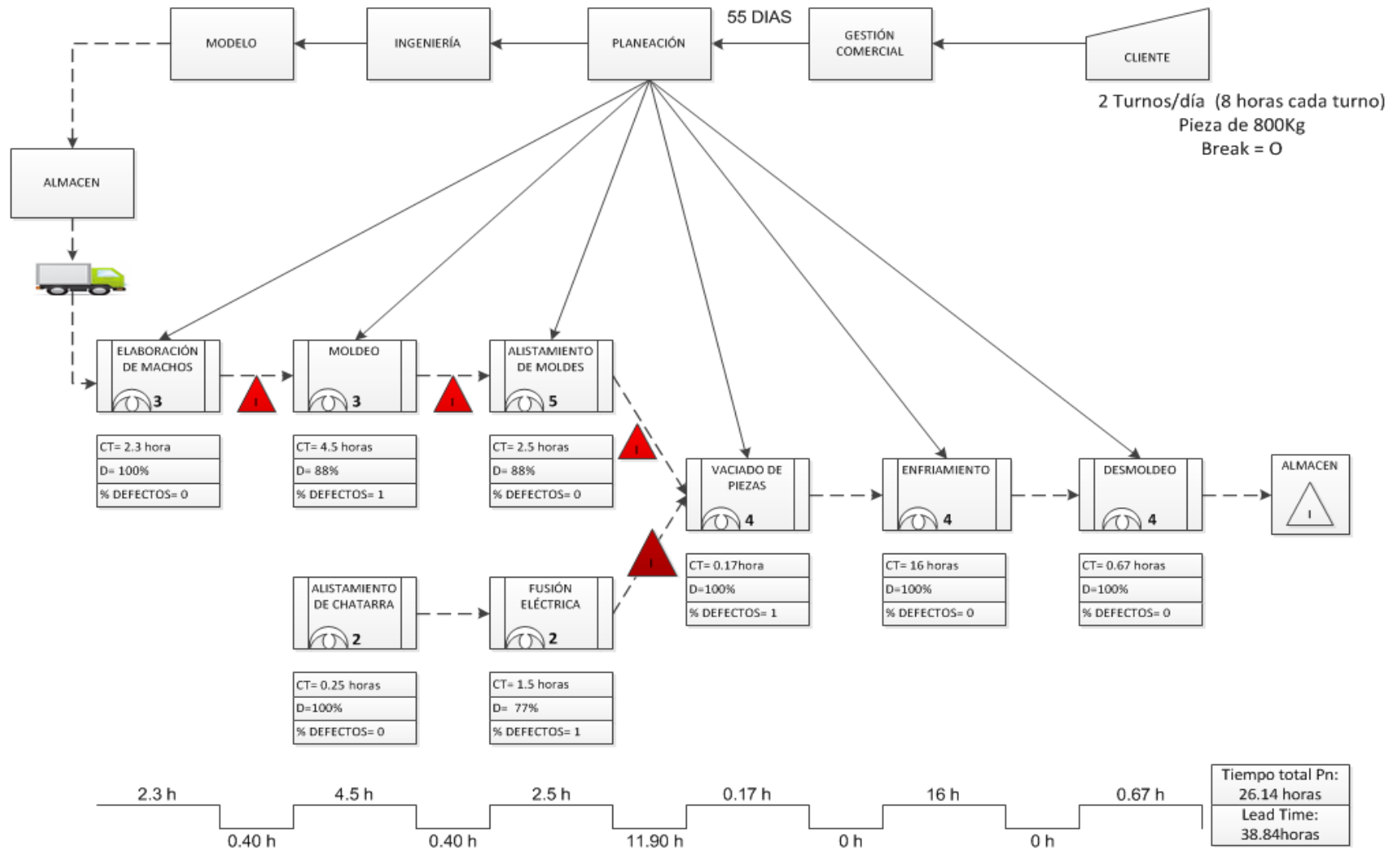
En los gráficos 16 y 17, se representa el VSM actual donde se contabilizan los tiempos de producción y espera de piezas de 1783kg y 800kg, en estos gráficos se visualiza desde que el cliente hace el pedido a gestión comercial, pasando esta información por las áreas de planeación, ingeniería y modelo, aquí estos modelos quedan en espera que el área de moldeo las solicite para iniciar su proceso y pasarla al área de fusión eléctrica, donde una vez terminado su proceso de fusión, enfriamiento y desmoldeo pasa a almacén en tiempo de espera que otra área de la empresa la solicite para seguir con su proceso.

Gráfico 16: VSM Actual pieza de 1783 kg.



Fuente: Autoría propia. Elaborado en Microsoft Visio.

Gráfico 17: VSM Actual pieza de 800 kg.



Fuente: Autoría propia. Elaborado en Microsoft Visio.

De acuerdo con los aspectos analizados (organización de puestos de trabajo, planeación, cumplimiento de entregas, nivel de accidentalidad, inactividad y distribución de planta) y su respectivo análisis dentro del diagnóstico general de la planta de producción, se puede concluir que la empresa objeto de estudio tiene un proceso de producción con alta variabilidad, pues es un proceso en el que se hace difícil controlar los tiempos de producción por la variedad de productos y por el tipo de proceso que se maneja que es manual.

En la empresa se identificaron aspectos positivos y negativos propios tanto del proceso de producción, como de la planeación y desempeño de los equipos, y a estos sumados la comunicación entre departamentos; en primera instancia, se evidenció que la empresa tiene un nivel bajo en limpieza, orden y organización de sus puestos y herramientas de trabajo por parte de los empleados, tanto de los operativos como de los administrativos, y el cual ha sido uno de los aspectos negativos más notorios y ha sido causa principal de los mayores accidentes presentados en estas áreas de la empresa, ya que el estudio arrojó que los accidentes más frecuentes son por pisadas, choques y golpes con las mismas herramientas y equipos, información que se logró evidenciar en el gráfico 12.

Por otro lado, se identificó que la empresa tiene dificultad para ubicar los inventarios de materia prima e insumos, no tienen una ubicación estratégica de éstos que les permita disminuir al máximo tiempos muertos y recorridos inoficiosos, información que se evidenció en el gráfico 10; allí mismo se puede observar que la empresa actualmente cuenta con 3 mezcladores manuales de arena, los cuales no se usan de manera correcta, estos equipos sólo hacen uso de espacio y ayuda a generar desorden en la planta, pues los operarios por su comodidad y facilidad lo usan para poner sus herramientas de trabajo.

El mapa de la cadena de valor se realizó mediante la herramienta value stream mapping, lo que permitió que esta herramienta dejara visualizar el piso de la planta de producción de una manera gráfica sencilla, donde muestra el camino de la línea de producción con sus respectivos tiempos de producción, tiempos muertos e inventarios de productos en proceso, además se puede visualizar el flujo de información entre áreas y el número de operarios en cada estación de trabajo, dejando en evidencia cuáles son las áreas que forman los cuellos de botella, tanto en producción como en flujo de información.

El VSM fue la herramienta clave que ayudo a identificar que los retrasos en flujo de información está entre gestión comercial y planeación, y en lo que compete a las áreas de estudio de moldeo y fusión es la pérdida de tiempo principalmente en esta última área, como consecuencia de las fallas en los equipos como los hornos eléctricos y el puente grúa, afectando la disponibilidad de los equipos.

Se identificó que un problema latente en esta empresa es la falta de comunicación por parte de los administrativos propios de gestión comercial hacía planeación, causas que no se investigaron a fondo para dejar abierto el tema a una futura investigación, pues el alcance del trabajo está en analizar causas dentro del área objeto de estudio que son moldeo y fusión.

El OEE Global, nos permitió evidenciar que la producción de las piezas de tamaño promedio a 1780 kg no es el mejor en el área de fusión, ya que su indicador arrojó un 52,18% y los indicadores de clase mundial dicen que un buen nivel de eficacia en el proceso es sobre el 85% según el libro de CRUELLES RUIZ, José Agustín, publicado en el 2010; mientras que el área de moldeo muestra un buen indicador, con un 89,41%, pero hay que mejorar la disponibilidad; pues con el tiempo real que están produciendo actualmente se puede aumentar el nivel de producción para poder aumentar el nivel de ventas y suplir la necesidad de más clientes en el mercado.

El OEE como uno de los indicadores de productividad, también deja a flote que los puntos a mejorar para incrementar la eficacia total de la producción son la disponibilidad y el rendimiento de los equipos; pues la calidad ha sido un punto a favor en el proceso de fundición.

Finalmente, en el VSM graficado para las piezas de 1783kg el proceso de producción más largo es el de moldeo, por tanto se puede decir que es el “cuello de botella”, mientras, que en el caso del VSM de las piezas de 800kg el proceso más crítico es el de fusión, pues es el “cuello de botella”, debido a que este molde es de tamaño más pequeño que el de la capacidad del horno, lo que ocasiona una espera para iniciar el proceso de fusión, pues se debe tener otra pieza de igual o mayor tamaño para fundir, ocasionando retrasos y tiempos perdidos en el proceso.

Se concluyó que el proceso de enfriamiento no es el cuello de botella, debido a que en esta área se pueden ubicar hasta 3 piezas de gran tamaño de manera simultánea, razón por la cual no va a generar tiempos de espera ni retrasos en los procesos hacía atrás.

Por tanto, hay que identificar cuáles son las herramientas adecuadas que implementándose ayuden no sólo a eliminar las mudas dentro del proceso productivo, sino a mejorar el ambiente y el aspecto físico de la planta; estas herramientas deben básicamente enfocarse en mejorar la organización y limpieza de los puestos de trabajo, la comunicación entre departamentos, la disponibilidad de los equipos y finalmente con ello se logra el objetivo principal de toda empresa, y es el de cumplir a sus clientes en calidad y tiempo.

El análisis de mejora se estudia en el proceso de piezas de peso aproximado a 1783 kg y no del proceso de las piezas de 800kg, ya que después del análisis de información de los pedidos por parte de los clientes (información privada de la

empresa) se logró identificar que las piezas más pedidas en la empresa son las de un tamaño promedio a los 1780 kg.

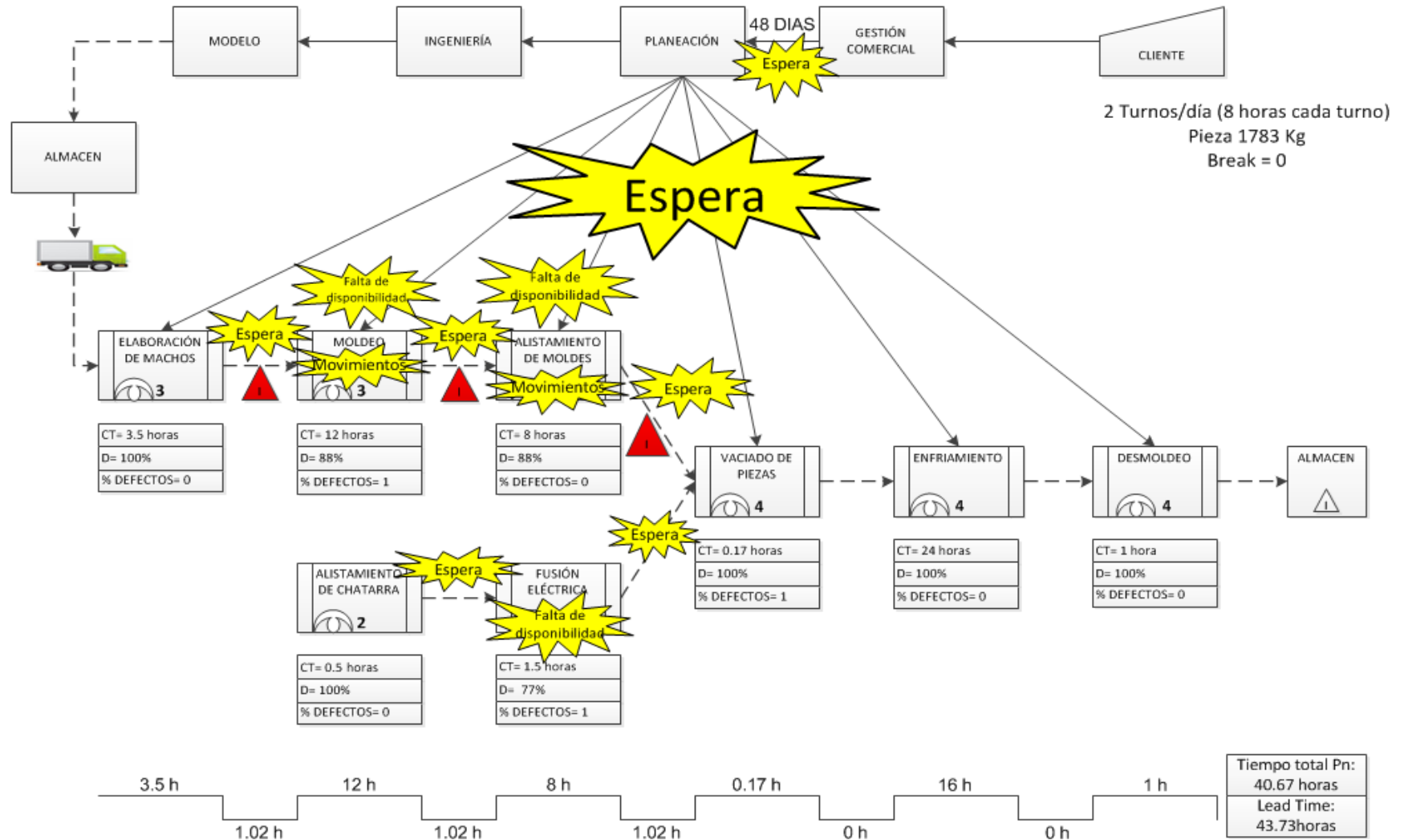
9.5. Necesidades de mejora

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual de las áreas de moldeo y fusión, se procede a identificar y analizar las oportunidades de mejora que se puedan implementar logrando impactar los principales problemas identificados en el literal anterior.

En el gráfico 18 se observa que las principales fallas dentro del proceso de producción se encuentran las esperas, la falta de disponibilidad y los movimientos innecesarios, haciendo que el proceso mismo tenga retrasos y tiempos muertos. Además se identifica que el tiempo de entrega del pedido desde el área de gestión comercial a planeación es de 48 días, tiempo que empieza a considerarse como retraso para el proceso, y esto se pudo evidenciar por la mala comunicación entre áreas.

Además en el gráfico se identifica las necesidades de mejora para el VSM de productos con peso aproximado a 1873 kg con el fin de empezar a buscar alternativas que ayuden a que la planta sea más productiva, logrando eliminar tiempos de espera por la falta de tableros donde se ubiquen las herramientas de trabajo y estanterías para los insumos y materias primas, movimientos innecesarios por la inadecuada ubicación y acumulación de chatarra en el primer almacén de este tipo de materiales, y finalmente, el inventario de productos en proceso por falta de disponibilidad de los equipos de trabajo.

Gráfico 18: Identificación de oportunidades de mejora en el proceso de producción de piezas de 1783 kg.



Fuente: Autoría propia. Elaborado en Microsoft Visio.

10. PLANTEAMIENTO DE PROPUESTAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

En esta etapa, se hace la elección y desarrollo de las propuestas de mejora productiva que permitan mejorar la línea de producción en cuanto a tiempos de espera, movimientos innecesarios, nivel de inventario y estandarización de procesos, identificando cual de estas mudas no está generando valor al proceso.

El objetivo es eliminar procedimientos, herramientas y/o equipos que no agreguen valor al proceso productivo.

Como ya se identificaron los principales desperdicios o mudas en el proceso de producción, se plantearán herramientas que mejor se adapten para atacar directamente la muda, con el fin de eliminarla o reducirla al máximo.

Para ello se muestra en la tabla 9, los tipos de desperdicios encontrados, las causas y su posible aplicación de herramienta Lean para contrarrestar las causas.

Tabla 9: Tipos de desperdicios hallados en el área objeto de estudio.

TIPO DE DESPERDICIO	CAUSAS	HERRAMIENTA LEAN PROPUESTA
Espera	No se tiene un mecanismo establecido para solicitud de información, abastecimiento de materia prima y/o solicitud del producto terminado de la estación anterior.	Tarjetas Kanban
	Dependencia de la disponibilidad de los equipos y maquinarias	Tarjetas Kanban
	No se cuenta con un sitio de ubicación de las herramientas, por tanto los operarios ubican las herramientas donde les caiga cuando terminan su uso, y esto hace que otro operario que la necesite para su uso tenga que salir en búsqueda de ella ocasionando tiempo adicional.	5 S's
Movimientos Innecesarios	No existe lugar estandarizado para la ubicación de las herramientas, haciendo que el operario se desplace por toda la planta en búsqueda de las mismas.	5S's
	Acumulación de chatarra en el camino de paso de los operadores, haciendo que el personal se tenga que desplazar por otros sitios disponibles y con desalojo de materiales para evitar accidentes.	5S's
	Limitado espacio en el primer almacén de materias primas (chatarra), haciendo que el operario se desplace en varios sentidos para ir en búsqueda de esta materia prima	5S's
	No existe una estantería ubicada estratégicamente en la planta para la ubicación de los insumos, ocasionando que los operarios salgan en búsqueda de dichos insumos en algún lugar que haya habido espacio donde los ubicaron.	5S's
Inventario	Los tiempos de ciclo de la operación no están estandarizados, generando cuellos de botella.	Standar Work
	Dependencia de disponibilidad del puente grúa para el movimiento de las piezas grandes	Mantenimiento Productivo Total Tarjetas Kanban

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 9, se identifica que la herramientas Lean adecuada para eliminar los tiempos de espera y movimientos innecesarios por causa de desorden en los puestos de trabajo y la inadecuada acumulación de materia prima en algunas áreas, es la herramienta 5S's, debido a que esta le ayudará a la planta a ponerse en condiciones de orden y limpieza, y las tarjetas Kanban, que servirán como método de ayuda para la solicitud de información, materia prima e insumos en el tiempo indicado, logrando disminuir tiempos de espera por inventario faltante.

En cuanto al stock de inventarios por falta de disponibilidad de equipos o maquinaria, se propone la herramienta de TPM "Mantenimiento Productivo Total", que es la herramienta que ayuda a que los equipos estén en condiciones óptimas de uso para el proceso de producción, con el objetivo de diseñar programas de mantenimientos preventivos que ayudarán a que estos estén disponibles en cualquier momento, y finalmente, para que todo proceso funcione mejorando continuamente y al mismo tiempo evite inventarios innecesarios, se propone usar la herramienta Standar Work , que es la encargada de estandarizar los procesos adecuados para que se lleve un control continuo del mismo.

Para el presente trabajo, se desarrollará una propuesta metodológica para una mejora productiva teniendo en cuenta la aplicación de una herramienta de Lean Manufacturing: 5 S's, ya que con el análisis anterior, ésta es la herramienta que más ayudará a la empresa a eliminar la presencia de las mudas, además de ser el paso inicial para empezar a organizar los puestos de trabajo e identificar más fácilmente otras posibles dificultades dentro del proceso; hay que aclarar que en la elaboración del VSM futuro se ubicarán algunas tarjetas kanban en sitios estratégicos de la planta de producción con el fin de mostrar que ésta también es una opción viable para ayudar a reducir desperdicios, pero la aplicación de esta herramienta no se estudiará en este trabajo.

Por tanto, se realizará un diseño metodológico paso a paso para el desarrollo de mejoras continuas aplicando la herramienta 5S's teniendo en cuenta bibliografía estudiada para casos similares, y adaptando el paso a paso a las necesidades evidenciadas en la empresa.

10.1. Value Stream Mapping Futuro

En el gráfico 19 se visualiza el mapa de la cadena de valor del estado deseado, enfocado en mejoras aplicadas bajo la filosofía Lean Manufacturing, especialmente la herramienta 5S's y mostrando la ubicación de algunas tarjetas Kanban.

El VSM futuro se diseña para mostrar cuáles son las áreas que se deben trabajar para mejorar la eficacia del proceso de producción, para eso se mostraran en nubes la herramienta que ayudará al área de trabajo a eliminar o disminuir la muda, se ubicarán estratégicamente las tarjetas Kanban (producción, señal y retirada), con el fin de mejorar el flujo de información y de producción.

El proceso deseado inicia con el pedido del cliente en el área de gestión comercial, área que espera el kanban de retiro del área de planeación para transmitir la información de dicho pedido; después de la recepción del pedido de producción en el área de planeación ésta pasa la información pertinente al área de ingeniería que una vez procesada allí pasa al área de modelos para iniciar con la elaboración del modelo donde finalmente el modelo terminado pasa a almacén para quedar a espera de un Kanban de señal por parte del área moldeo para seguir su proceso de producción.

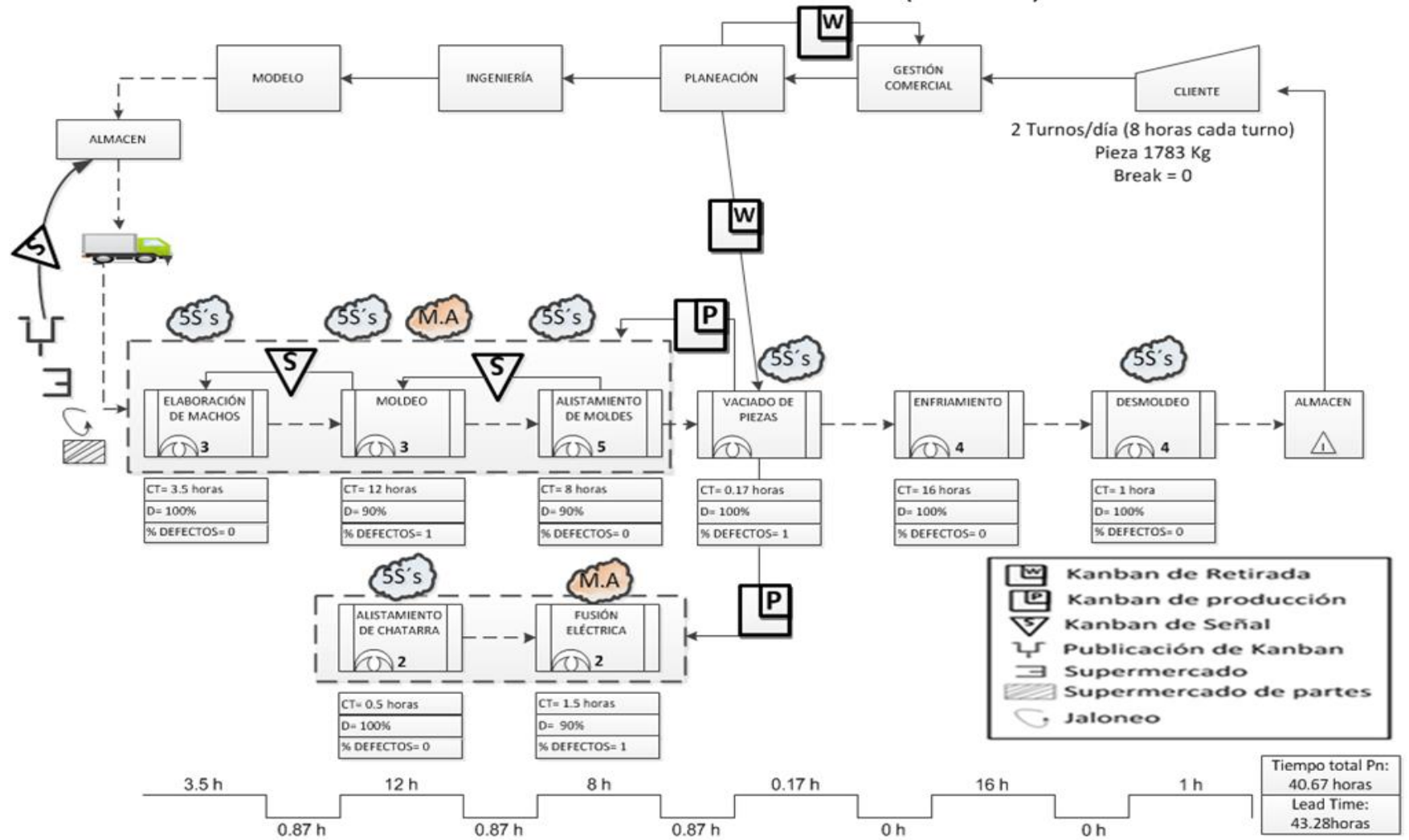
Del mismo modo, cuando la información de recepción de pedido se encuentra en planeación, ésta queda en espera de un Kanban de retiro por parte del área de vaciado de piezas – área que lleva el ritmo de la producción-, para así enviar un Kanban de producción de forma simultánea hacia el área de fusión para iniciar su proceso de alistamiento de chatarra y fusión eléctrica, y hacia el área de moldeos – área que internamente envía Kanban de señal desde alistamiento de moldes hacia moldeo, y moldeo una vez recibida la información envía la señal a elaboración de machos-; en este momento es donde el proceso de moldeo jalonea con un Kanban de señal el modelo que se encuentra en inventario en el almacén, para seguir con el flujo del proceso de manera normal sin interrupción alguna.

Allí es donde el modelo pasa por elaboración de machos, moldeo, alistamiento de moldes, y al área de vaciado de piezas llega de manera simultánea con la fusión del hierro y/o acero para ser fundida; posteriormente, se lleva hacia el área de enfriamiento. Una vez cumplido su ciclo de enfriamiento, se lleva a desmoldeo y finalmente la pieza fundida se deja en el almacén como se muestra en el gráfico 19.

Este proceso simulado inyectando la posible aplicación de tarjetas Kanban y mejoras en las áreas de trabajo mediante herramientas como 5S's y Mantenimiento autónomo, nos permite visualizar una mejora productiva a nivel tanto de planeación como de producción, haciendo que el proceso lleve un flujo normal sin riesgo a paradas inoficiosas.

Posteriormente, se simula el mismo estado deseado, eliminando los tiempos perdidos de manera tal que se llegue a cumplir con al menos en el indicador mundial de disponibilidad (90%), esto es posible con la implementación de la metodología de mejora continua descrita en el presente trabajo.

Gráfico 19: Value Stream Mapping Futuro (DESEADO).



Fuente: Autoría propia. Elaborado en Microsoft Visio.

10.2. Diseño Metodológico para la mejora productiva de un área de producción

El diseño metodológico que se va plantear debe considerar que la implementación de las herramientas lean tiene como objetivo eliminar todas aquellas actividades que no agreguen valor al proceso y por otro lado producir con cero defectos en el mínimo tiempo posible.

De acuerdo a lo anterior, el diseño metodológico busca atacar de manera directa los puestos de trabajo, los recursos que se utilizan para la línea de producción y el medio ambiente interno que rodea la empresa estudio.

Dadas las características en términos de identificación de mudas y su posible aplicación de herramienta lean en el proceso actual de producción, se desarrolla un diseño metodológico para el área de fundición, por considerarse como área crítica dentro de la empresa.

El diseño metodológico para la mejora productiva de un área de producción se realiza bajo los siguientes pasos:

Paso 1: Diagnosticar el área de implementación

El objetivo en este paso es conocer la situación actual del área de moldeo y fusión, con el fin de planear las actividades a realizar; para ello se debe:

- Analizar el proceso de producción desde la entrada del modelo hasta el transporte de la pieza fundida al área de almacenamiento.
- Identificar cuáles son las herramientas, maquinarias y equipos necesarios dentro del proceso de producción.
- Observar todos los movimientos que realiza el operario en cada una de las estaciones de trabajo.
- Identificar las relaciones internas y delimitaciones de las estaciones de trabajo dentro de cada área.
- Reconocer cuáles son las actividades que agregan valor al proceso, cuáles son las esperas y cuáles son los motivos que generan esas esperas.
- Evidenciar mediante fotografías las áreas de trabajo que considere que se encuentren sucias, desordenadas, llenas de elementos innecesarios y con falta de delimitación del área misma.

- Realizar estudios de tiempo y analizar los métodos de trabajo usados en cada una de las 2 áreas.
- Auditar en períodos continuos (cada 2 meses) para verificar si hay cambios en el proceso de producción, con el objetivo de involucrarlo en el proceso de mejora continua.
- Finalmente, después del reconocimiento de la zona, proceder a diseñar un tablero de exhibición donde publique la manera actual de cómo se encuentra las áreas de moldeo y fusión, además de provisionar un espacio dentro del mismo tablero donde se pueda publicar continuamente las actividades a realizar, los responsables y la información que refleje poco a poco las mejoras logradas.

El resultado de este paso está en visualizar el proceso de manera general e identificar las mudas presentadas en cada estación de trabajo.

Paso 2: Identificación de las mudas o desperdicios

Como paso primordial, la empresa debe empezar a identificar cuáles son las mudas principales que están afectando de manera directa los factores de la productividad; para ello se debe usar medidas de desempeño que permitan calcular de manera porcentual el nivel de desperdicio que está generando, y que a su vez sirva tanto como indicador de mejora, como para priorizar la muda encontrada de acuerdo al impacto que esta genera; como medidas de desempeño para estas áreas se deben usar:

1. % de productos defectuosos: Se calcula dividiendo el número de piezas defectuosas sobre el número total de piezas producidas, esta medida de desempeño se relaciona con la productividad, ya que indica los reprocesos y los largos tiempos de espera entre procesos.
2. % de productos reprocesados: Se calcula dividiendo el número de piezas reprocesadas sobre el número total de piezas producidas, este porcentaje indica que hay reprocesos y que son generados en la mayoría de los casos por falta de mantenimiento preventivo de las máquinas y equipos.
3. % de órdenes no atendidas a tiempo: Se calcula dividiendo el número de órdenes no atendidas a tiempo sobre el número total de órdenes en un tiempo determinado, esta es una medida que permite establecer el nivel de cumplimiento de las entregas de pedidos a los clientes.

4. % tiempo perdido: Se calcula dividiendo el tiempo perdido calculado en unidad de minutos sobre el tiempo total de producción calculado en la misma unidad de minutos, esta medida de desempeño permite identificar cuáles son los tiempos improductivos dentro del proceso, logrando identificar los factores que los afectan como movimientos innecesarios de los operarios, esperas por falta de disponibilidad de equipos y falta de comunicación entre departamentos.

Paso 3: Elección de herramientas lean que impacten en la mayoría de las mudas identificadas

Una vez priorizadas las mudas identificadas, se empieza por relacionarlas con las herramientas lean que mejor se adecue, con el fin de disminuir o eliminar dicho desperdicio, considerando las características particulares del tipo de empresa y los factores que la afectan.

Por ello es que hoy día, la ingeniería aporta una serie de herramientas lean que son de ayuda para la eliminación de los 7 tipos de desperdicios, algunos de estos son el mantenimiento productivo total para los casos de esperas y disponibilidad de los equipos por averías y falta de mantenimiento de los mismos. Para el caso de los tiempos muertos por movimientos innecesarios e inadecuada ubicación de las herramientas de trabajo está las 5S's y para un control de inventarios y manejo correcto de información entre áreas están las tarjetas Kanban.

En las áreas de moldeo y fusión eléctrica se encontraron que las principales mudas son las esperas y los movimientos innecesarios, por lo que en el VSM de mejoras se logra identificar que la herramienta más adecuada para ayudar a eliminar este tipo de desperdicio es la herramienta 5S's.

Paso 4: Toma de conciencia desde los Altos mandos

La innovación comienza en la mente, por ello se considera el aspecto principal a la hora de enfocarse en la revolución de la conciencia de la gente; ya que el concepto de mejorar la producción no significa ir de manera directa a la fábrica o a las máquinas para hacer mejor las cosas, el enfoque está en comenzar con cambiar la mentalidad de la gente.

Por tal motivo, para mejorar los aspectos negativos de la empresa se debe tomar conciencia de la importancia que es para la empresa el mejorar y/o cambiar la cultura con la que se viene trabajando, con el fin de buscar técnicas básicas que ayuden a eliminar desperdicios y aumentar la productividad, pero esto es posible si esta revolución mental empieza desde la parte superior, pues es la manera de que este cambio cultural llegue más fácilmente a la gerencia media y finalmente a los operarios.

Para empezar a fomentar esta toma de conciencia y cambio cultural, la alta gerencia debe tomar compromisos como:

- Capacitar al personal de las áreas de moldeo y fusión sobre los principios y técnicas de las 5S's y el mantenimiento autónomo.
- Celebrar seminarios en grupos de estudios conformados por cada área de trabajo, donde puedan examinar y evaluar las condiciones de trabajo de otras empresas que pertenezcan al mismo sector.
- Conformar un equipo líder, que esté en la capacidad de implementar las 5S's en sus áreas de trabajo.
- Ser partícipe en la evaluación del progreso de la implementación de las 5S's en cada una de las áreas.
- Involucrarse de manera activa en las auditorías internas para verificar la evolución.

El resultado de este paso es que la empresa en su totalidad tome conciencia de cambiar su cultura de trabajo, además de conocer las expectativas tanto de los empleados como del equipo líder en cuanto a la mejora continua, y así mismo poder identificar los indicadores de desempeño que se quieren alcanzar. El compromiso por parte de la alta dirección no es por un tiempo determinado, por el contrario, es un deber que se debe asumir por tiempo indefinido dentro de la organización.

Paso 5: Informar y sensibilizar al personal involucrado acerca de la implementación de la herramienta de mejora

El objetivo es transmitir y divulgar a todo el personal que opera en las áreas de moldeo y fusión sobre las actividades de mejoras que se llevarán a cabo, en qué consisten, cuáles son los objetivos y metas que se quieren alcanzar, y cuáles serán los beneficios que pueden obtener.

Cada uno de los empleados debe tener claro cuál es su rol dentro de las actividades a realizar, sobre lo que tiene que hacer, cómo y en qué momento. Para ello se debe hacer evaluaciones periódicas a los operarios acerca de temas como mejora continua y control interno del trabajo que desempeña cada uno.

El resultado de este paso es reducir la probabilidad de un fracaso en la implementación de la herramienta por falta de motivación, conocimiento y participación por parte de los empleados.

Paso 6: Implementación de las herramientas lean

La implementación de las herramientas lean se da cuando el proceso de diagnóstico finaliza concluyendo con la identificación de las mudas que están afectando el proceso de producción y a su vez la productividad del sistema, y después de relacionarlas con las herramientas más adecuadas que ayuden a minimizar los desperdicios.

Para una correcta implementación de herramientas de mejora continua, inicialmente se tiene que haber tomado conciencia del cambio cultural que se va hacer y posteriormente tener apoyo y participación en el proceso tanto de los altos, como medios y bajos mandos.

Desde el análisis general interno de la empresa, se está seguro que probablemente se van a encontrar productos defectuosos si la planta de producción está llena de basura o de partes que no agregan valor al proceso productivo, o si las máquinas y herramientas están con polvo o grasa se va generar un retraso en la producción, o en el peor de los casos que la moral de los trabajadores sean tan baja que no les importe trabajar en la suciedad.

Por tales motivos es que antes de empezar cualquier tipo de implementación de mejoras dentro de una planta de producción, se debe tener limpio y ordenado las áreas de trabajo, por lo que hay que empezar con la implementación de un método básico como es el de las 5S's, ya que el objetivo de este paso es implementar una herramienta lean que ayude a disminuir las mudas que presenta actualmente las áreas de moldeo y fusión, por lo que hay que poner la planta en orden mediante cada una de las siguientes etapas y respetando el orden de cada una:

SEIRI (clasificar): Separar lo necesario de lo que no lo es y desechar lo inservible. Para lograr el cumplimiento de este punto se presenta el gráfico 20.

- Hacer inventario de las cosas útiles en cada una de las estaciones de trabajo tanto del área de moldeo como de fusión y registrarlo en el formato de inventario útil (ANEXO 2).

- Identificar y documentar un listado de las herramientas o equipos que no agregan valor al proceso de producción del área de fusión y moldeo.
- Clasificar los implementos inútiles, desechar lo que no tiene valor y vender lo que tiene valor y pueda ser reutilizado por alguien externo (ANEXO 3).

Gráfico 20 : Diagrama de flujo para la clasificación de objetos.



Fuente: Manual de implementación programa 5S's. VARGAS RODRIGUEZ, Héctor.

SEITON (organizar): Ubicar lo necesario en un lugar fácilmente accesible. Esto se hace situando los implementos útiles según criterios de seguridad/calidad/eficacia.

- Seguridad: Que no haya riesgo de caída, movimiento o interrupción de movimiento.
- Calidad: Evitar que no haya procesos de oxidación, golpes, mezclas y/o deterioro.
- Eficacia: Minimizar el tiempo perdido.

Considerando lo anterior, se debe identificar un lugar estratégico y cercano a todas las áreas de trabajo necesarias donde se ubique las herramientas e insumos que usan los operarios para sus actividades diarias, con el objetivo de evitar desorden, desplazamientos largos, pérdida de las mismas y accidentes de trabajo.

Del mismo modo, se deben delimitar las áreas de trabajo con el fin de no sobrepasar los límites permitidos para la ubicación sobre todo en las áreas de inventario, facilitando el control de elementos que obstruyen el paso de los operarios por las vías, evitando así los accidentes de trabajo.

SEISO (limpieza): Mantener el sitio de trabajo limpio conservando la clasificación y orden de los elementos. El proceso de implementación se debe apoyar en un programa de entrenamiento y suministro de elementos necesarios para su realización por parte de la alta dirección, como también el tiempo requerido para su ejecución. Para ello la persona encargada de su puesto de trabajo debe:

- Limpiar semanalmente las instalaciones y eliminar lo que no es higiénico.
- Localizar los lugares difíciles de limpiar y buscar una solución.
- Identificar las causas de la suciedad y darle solución en la medida de lo posible.
- Eliminar las fuentes de contaminación.
- Identificar el exceso de material en las áreas de trabajo y ponerlo en su lugar, con el objetivo de evitar caídas de los mismo y posibles accidentes laborales.

SEIKETSU (estandarizar): Crear hábitos para conservar el lugar de trabajo en condiciones perfectas de organización, orden y limpieza. Esta etapa tiende a conservar lo que se ha logrado aplicando a la práctica de las 3S's anteriores. Para lograr un estándar se debe elaborar un reglamento en conjunto entre el equipo de trabajo, la Alta Dirección y los operarios para el cumplimiento de las primeras 3S's, donde plasmen compromisos a cumplir sobre las condiciones adecuadas en que van a mantener cada uno de los puestos de trabajo, cada cuánto el equipo auditor va realizar auditorías internas y cuáles serán las sanciones pertinentes para cada persona encargada de su puesto en caso de que no cumpla con el compromiso adquirido con anterioridad.

SHITSUKE (disciplina): La práctica de la disciplina pretende lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados; la disciplina es importante porque sin ella la implementación de las primeras 4S's se deteriora rápidamente. Para un control continuo del trabajo realizado se debe:

- Documentar el procedimiento de cómo realizar la limpieza de su puesto de trabajo, de acuerdo a las condiciones de producción en que opera cada uno.
- Identificar las personas que tienen la disposición de colaborar con la implementación de las 5S's y enseñar normas, guías y procedimientos necesarios para que se documenten y sean los encargados de hacer un control visual periódico, para el mejoramiento continuo de las áreas de trabajo.

Para mantener un control continuo de los pasos anteriores, después de la primera implementación, se debe hacer auditorías internas en cada una de las áreas implementadas con el fin de sostener en la línea del tiempo las mejoras logradas hasta ahora, y a su vez permite identificar a tiempo las falencias que se presenten en el proceso.

El resultado de este paso es limpiar y poner en orden los puestos de trabajo.

Paso 7: Mejora Continua

El objetivo es llevar una retroalimentación periódica de cada una de las etapas de las 5S's para identificar falencias y aplicar mejoras en el proceso. Para ello:

- Una vez implementada cada una de las etapas de las 5S's en las áreas de moldeo y fusión, teniendo en cuenta la aplicación de los pasos anteriores, evalúe los resultados obtenidos mediante la comparación de indicadores como porcentaje de tiempo muerto, nivel de accidentalidad, nivel de satisfacción del operario, ambiente laboral, cumplimiento de producción, entre otras.
- Documente los resultados de los indicadores de mejoramiento después de la implementación de las 5S's, y evalúe los mismos indicadores cada 3 meses durante un año y si las mejoras se evidencian cada vez más, para el período anual siguiente, evalúe y compare indicadores en un lapso de 6 meses.
- Registre y evidencie las actividades de mejoras desarrolladas en las áreas de moldeo y fusión, haciéndolas públicas en la cartelera de exhibición; con el objetivo de que los trabajadores conozcan el trabajo de mejoras del resto de sus compañeros.
- Recolecte y registre las opiniones y sugerencias de los empleados de la empresa tanto a nivel operativo como administrativo sobre el avance de la implementación de esta herramienta de Lean Manufacturing e incentive a sus trabajadores.

11. SIMULACIÓN

En el presente caso de estudio, el tipo de simulación a usar es bajo el concepto de simulación de eventos discretos, pues este tipo de simulación permite mediante un conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas integrar el comportamiento de un sistema cuando se presenta un evento determinado, el objetivo de este modelo consiste en comprender, analizar y mejorar las condiciones de operación relevantes del proceso de producción de fundición de la empresa objeto de estudio.

Para el caso objeto de estudio de la cadena de valor actual y deseado, se simula mediante el software de simulación PROMODEL® estudiantil, el cual es un software con la capacidad suficiente para ingresar el número de variables a estudiar, permitiendo evaluar dichas variables, analizarlas y dejarlas modificar para plantear mejoras.

11.1. Simulación del estado actual

Para la simulación del estado actual y el estado futuro, se trabajó bajo el supuesto de que por cada entrada al proceso se cuenta con una disponibilidad de 100 unidades de chatarra en la entrada de materia prima y 100 unidades en la entrada de los modelos, supuesto que se maneja, ya que con el tiempo de producción no se van agotar estos recursos.

11.1.1. Elementos del modelo de simulación

Para construir un modelo de simulación se debe tener en cuenta varios elementos importantes, en el caso del software PROMODEL®, los elementos a identificar son localizaciones y entidades³³.

- **Localizaciones:** Son todos aquellos lugares en los que la pieza puede detenerse para ser transformada o esperar hacerlo. Para el caso estudio, las localizaciones son elaboración de machos, moldeo, alistamiento de moldes,

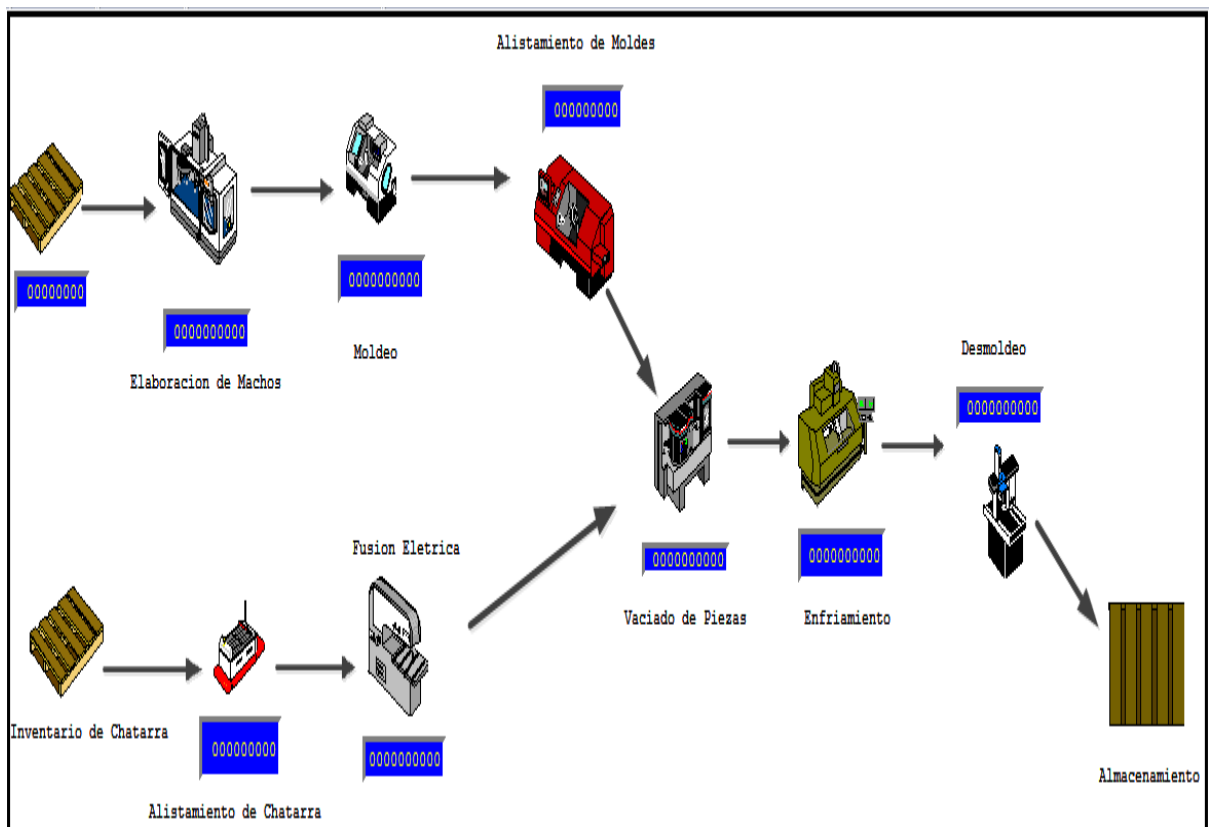
³³GARCÍA DUNNA, Eduardo, GARCÍA REYES, Heriberto y CÁRDENAS BARRÓN, Leopoldo. Simulación y análisis de sistemas con PROMODEL. México: Pearson Educación, 2006. p. 3.

alistamiento de chatarra, fusión eléctrica, vaciado de piezas, enfriamiento y desmoldeo.

- **Entidades:** Es la representación de los flujos de entrada a un sistema, este es el elemento responsable de que el estado cambie. Para el caso estudio, se manejan 3 entidades: unidades de modelos, chatarra y molde fundido.

En el gráfico 21 se presenta el modelo de la situación actual realizado en el software PROMODEL®.

Gráfico 21 : Modelo de la situación actual.



Fuente: Autoría propia. Elaborado en PROMODEL.

Los datos de entrada en el modelo de la situación actual se presentan en la tabla 10:

Tabla 10: Tiempos de inactividad en los procesos de producción de la situación actual.

PROCESO	TIEMPO DE ACTIVIDAD (Horas)	PROCESOS	TIEMPO INACTIVO (Horas)
Elaboración de machos	3,5	Elaboración de machos - Moldeo	1,02
Moldeo	12	Moldeo - Alistamiento de moldes	1,02
Alistamiento de moldes	8	Alistamiento de moldes - Vaciado de piezas	1,02
Alistamiento de chatarra	0,5	Alistamiento de chatarra - Fusión eléctrica	0,31
Fusión Eléctrica	1,5	Fusión eléctrica - Vaciado de piezas	0,31
Vaciado de piezas	0,17		
Enfriamiento	16		
Desmoldeo	1		

Fuente: Adaptado de datos originales. Autoría propia.

El área de enfriamiento tiene capacidad de ubicación de 3 piezas de manera simultánea de tamaño aproximado a 1780 kg.

11.1.2. Resultados de la situación actual

Después de la simulación del estado actual de la empresa objeto de estudio, se obtuvo los resultados presentados en las tablas 11, 12 y 13.

Tabla 11: Resultado de la simulación de la situación actual.

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Elaboracion de Machos	384,00	1,00	29,00	744,83	0,94	1,00	1,00	93,75
Moldeo	384,00	1,00	28,00	702,73	0,85	1,00	1,00	85,40
Alistamiento de Moldes	384,00	1,00	27,00	470,98	0,55	1,00	1,00	55,19
Alistamiento de Chatarra	384,00	1,00	26,00	30,00	0,03	1,00	0,00	3,39
Fusion Eletrica	384,00	1,00	26,00	132,60	0,15	1,00	0,00	14,96
Vaciado de Piezas	384,00	1,00	26,00	28,80	0,03	1,00	0,00	3,25
Enfriamiento	384,00	3,00	26,00	940,29	1,06	2,00	1,00	35,37
Desmoldeo	384,00	1,00	25,00	60,00	0,07	1,00	0,00	6,51
Almacenamiento	384,00	100,00	25,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Área de Modelos	384,00	999999,00	1600,00	10596,73	735,88	1571,00	1571,00	0,07
Inventario de Chatarra	384,00	999999,00	1700,00	11360,60	838,24	1674,00	1674,00	0,08

Fuente: Resultados arrojados por PROMODEL.

Tabla 12: Resultado de la simulación de la situación actual.

Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Elaboracion de Machos	384,00	26,43	0,00	6,25	0,00	67,32	0,00
Moldeo	384,00	85,40	0,00	14,60	0,00	0,00	0,00
Alistamiento de Moldes	384,00	55,19	0,00	44,81	0,00	0,00	0,00
Alistamiento de Chatarra	384,00	3,39	0,00	96,61	0,00	0,00	0,00
Fusion Eletrica	384,00	10,16	0,00	85,04	4,80	0,00	0,00
Vaciado de Piezas	384,00	1,15	0,00	96,75	2,10	0,00	0,00
Desmoldeo	384,00	6,51	0,00	93,49	0,00	0,00	0,00

Fuente: Resultados arrojados por PROMODEL.

Tabla 13: Resultado de la simulación de la situación actual.

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
Modelo	0,00	1574,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chatarra	26,00	1674,00	12817,20	37,20	0,00	120,00	12660,00
Molde Fundido	25,00	1,00	12016,80	183,60	18,60	2440,20	9374,40

Fuente: Resultados arrojados de PROMODEL.

11.1.3. Análisis de los resultados de la situación actual

Para un tiempo de simulación de un mes (384 horas), se tiene como resultado que:

- En promedio entran 29 modelos mensualmente al área de elaboración de machos con un promedio de 744.83 minutos entre piezas para iniciar el proceso de fundición, de los cuales en el tiempo total de 384 horas, sólo resultan 25 piezas totalmente fundidas; las restantes 4 piezas continúan en proceso (1 en elaboración de machos, 1 en moldeo, 1 en alistamiento de moldes y 1 en enfriamiento).
- En el área de enfriamiento, durante todo el proceso de producción en un mes, sólo permanecen dos piezas de manera simultánea; aunque la capacidad es para 3 piezas, no se logra esto, debido a que cuando la pieza 3 ingresa al área, la pieza 1 ya ha salido para el área de desmoldeo.
- Del total de la capacidad en las áreas de trabajo, elaboración de machos es la que mayor porcentaje de utilización tiene, con un 93.75%, seguido del área de moldeo con un 85.40% y alistamiento de moldes con un 55.19%; entre las más bajas en utilización está vaciado de piezas con 3.25%, seguido de alistamiento

de chatarra con un 3.39% y desmoldeo con un 6.51%; resultados que tienen tendencia similar a algunos de los tiempos de ciclo presentados en el gráfico 13, donde se muestra, por ejemplo, que las áreas de moldeo y alistamiento de moldes son áreas con mayor tiempo de trabajo (por ello con mayor porcentaje de uso), mientras que las áreas de alistamiento de chatarra y vaciado de piezas son las que menos tiempo de ciclo presentan).

- En cuanto al tiempo de ocio, las áreas con mayor holgura son vaciado de piezas con un 96.75%, alistamiento de chatarra con un 96.61%, desmoldeo con un 93.49%, seguido de fusión eléctrica con un 85.04%; de las áreas con menos tiempo de ocio está, elaboración de machos con un 6.25%, moldeo con un 14.60% y alistamiento de moldes con un 44.81%.
- Las áreas de fusión eléctrica y vaciado de piezas, tienen un 4.8% y 2.1%, respectivamente, de tiempo en espera del proceso que les antecede.
- Elaboración de machos, es la única área que tiene un tiempo de espera para que la pieza pase a su proceso siguiente, por tanto se considera que tiene 67.32% de tiempo bloqueado.
- El tiempo promedio total de movilización entre estaciones de trabajo es de 183.60 minutos (3.06 horas).
- El tiempo promedio de bloqueo en el proceso de producción es de 9374.40 minutos (156.24 horas).
- El tiempo promedio total de operación es de 2440.20 minutos (40.67 horas).

La productividad de la línea de producción se está viendo afectada de manera negativa actualmente por los tiempos de espera que hay en las áreas de fusión eléctrica y vaciado de piezas, además del tiempo bloqueado que representa en el área de elaboración de machos; lo que hace que estos sean tiempos que no se están aprovechando para añadir valor al proceso de producción.

11.2. Simulación del estado futuro (deseado)

El estado propuesto parte de aplicar la metodología 5S's en las áreas que necesitan organización y que se busca disminuir tiempos perdidos y esperas que están generando acumulación de inventario y retrasos en los tiempos de producción, se aplica con el fin de aumentar la disponibilidad en dichas áreas de trabajo.

La estimación de la reducción de los tiempos perdidos entre áreas de trabajo se calculó nivelando la disponibilidad de las áreas de moldeo, alistamiento de moldes y fusión eléctrica a un 90% (indicador de clase mundial).

Por tanto, para tener una disponibilidad del 90% se tiene que disminuir el tiempo perdido a por lo menos 11% en fusión y 11% en moldeo, debido a que con esta reducción se obtendrá una ganancia en tiempo de producción lo cual hace que la productividad llegue al 90% en ambas áreas.

Para obtener una disponibilidad del 90% se hace el siguiente cálculo matemático:

- Área de fusión eléctrica:

Tiempo de producción ideal = 1.086h/trimestre.

Tiempo perdido = 255,04h/trimestre.

Horas trabajadas = 830,96h/trimestre

Disponibilidad actual = $(1.086\text{h/trim} - 255,04\text{h/trim}) / (1.086\text{h/trim}) * 100 = 77\%$

% Tiempo perdido = $(255,04\text{h/trim}) / (830,96\text{h/trim}) * 100 = 31\%$

Para que la disponibilidad sea del 90% se tiene que:

$90\% = (1.086\text{h/trim} - X) / (1.086\text{h/trim})$

Despejando X = 108,6h/trim

Obteniendo:

Tiempo perdido = 108,6h/trimestre

Horas trabajadas = 977,4h/trimestre

% Tiempo perdido = $(108,6\text{h/trim}) / (977,4\text{h/trim}) * 100 = 11\%$

Por tanto para que la disponibilidad sea del 90% en el área de fusión eléctrica, el tiempo perdido debe ser de 108,6 horas por trimestre y trabajar 977,4 horas por trimestre.

- Área de moldeo

Tiempo de producción ideal = 1.159h/trimestre.

Tiempo perdido = 134,15h/trimestre.

Horas trabajadas = 1.024,85h/trimestre

Disponibilidad actual = $(1.159\text{h/trim} - 134,15\text{h/trim}) / (1.159\text{h/trim}) * 100 = 88\%$

% Tiempo perdido = $(134,15\text{h/trim}) / (1.024,85\text{h/trim}) * 100 = 13\%$

Para que la disponibilidad sea del 90% se tiene que:

$90\% = (1.159\text{h/trim} - X) / (1.159\text{h/trim})$

Despejando X = 115,9h/trim

Obteniendo:

Tiempo perdido = 115,9h/trimestre

Horas trabajadas = 1.043,1h/trimestre

% Tiempo perdido = $(115,9\text{h/trim}) / (1.043,1\text{h/trim}) * 100 = 11\%$

Por tanto para que la disponibilidad sea del 90% en el área de moldeo, el tiempo perdido debe ser de 115,9 horas por trimestre y trabajar 1.043,1 horas por trimestre.

En cuanto a la distribución de planta, ésta no se ve afectada por el modelo propuesto, pues sólo se necesita es reducir tiempos a partir de la organización y limpieza de puestos de trabajo, y la disminución de los accidentes laborales; aunque el estudio de la distribución de planta nos permitió identificar que la relación entre áreas son las adecuadas pues no hay probabilidad de contacto de elementos de alto riesgo con los de bajo riesgo.

Los datos de entrada de la situación deseada se presentan en la tabla 14.

Tabla 14: Resultado de la simulación de la situación deseada.

PROCESO	TIEMPO DE ACTIVIDAD (Horas)	PROCESOS	TIEMPO INACTIVO (Horas)
Elaboración de machos	3,5	Elaboración de machos - Moldeo	0,87
Moldeo	12	Moldeo - Alistamiento de moldes	0,87
Alistamiento de moldes	8	Alistamiento de moldes - Vaciado de piezas	0,87
Alistamiento de chatarra	0,5	Alistamiento de chatarra - Fusión eléctrica	0,11
Fusión Eléctrica	1,5	Fusión eléctrica - Vaciado de piezas	0,11
Vaciado de piezas	0,17		
Enfriamiento	16		
Desmoldeo	1		

Fuente: Adaptado de datos originales. Autoría propia.

El área de enfriamiento tiene capacidad de ubicación de 3 piezas de manera simultánea de tamaño aproximado a 1780 kg.

11.2.1. Resultados de la situación futura

Después de la simulación del estado actual de la empresa objeto de estudio, se obtuvo los resultados que se presentan en la tabla 15, 16 y 17.

Tabla 15: Resultado de la simulación de la situación deseada.

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Elaboracion de Machos	384,00	1,00	29,00	744,83	0,94	1,00	1,00	93,75
Moldeo	384,00	1,00	28,00	711,73	0,86	1,00	1,00	86,49
Alistamiento de Moldes	384,00	1,00	27,00	480,00	0,56	1,00	0,00	56,25
Alistamiento de Chatarra	384,00	1,00	27,00	30,00	0,04	1,00	0,00	3,52
Fusion Eletrica	384,00	1,00	27,00	186,18	0,22	1,00	1,00	21,82
Vaciado de Piezas	384,00	1,00	26,00	16,80	0,02	1,00	0,00	1,90
Enfriamiento	384,00	3,00	26,00	950,45	1,07	2,00	1,00	35,75
Desmoldeo	384,00	1,00	25,00	60,00	0,07	1,00	0,00	6,51
Almacenamiento	384,00	100,00	25,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Area de Modelos	384,00	999999,00	1600,00	10594,61	735,74	1571,00	1571,00	0,07
Inventario de Chatarra	384,00	999999,00	1700,00	11351,98	837,60	1673,00	1673,00	0,08
Zona 1	384,00	999999,00	27,00	360,00	0,42	1,00	0,00	0,00

Fuente: Resultados arrojados de PROMODEL.

Tabla 16: Resultado de la simulación de la situación deseada.

Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Elaboracion de Machos	384,00	26,43	0,00	6,25	0,00	67,32	0,00
Moldeo	384,00	86,49	0,00	13,51	0,00	0,00	0,00
Alistamiento de Moldes	384,00	56,25	0,00	43,75	0,00	0,00	0,00
Alistamiento de Chatarra	384,00	3,52	0,00	96,48	0,00	0,00	0,00
Fusion Eletrica	384,00	10,55	0,00	78,18	11,27	0,00	0,00
Vaciado de Piezas	384,00	1,15	0,00	98,10	0,75	0,00	0,00
Desmoldeo	384,00	6,51	0,00	93,49	0,00	0,00	0,00

Fuente: Resultados arrojados de PROMODEL.

Tabla 17: Resultado de la simulación de la situación deseada.

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
Modelo	0,00	1574,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chatarra	26,00	1674,00	12665,70	13,20	0,00	480,00	12172,50
Molde Fundido	25,00	1,00	11869,80	156,60	6,60	2440,20	9266,40

Fuente: Resultados arrojados de PROMODEL.

11.2.2. Análisis de los resultados de la situación deseada

Para un tiempo de simulación de un mes (384 horas) y aplicando las posibles mejoras en reducción de tiempos muertos entre áreas, se obtiene como resultado que:

- En promedio, al proceso de fundición entran 29 modelos al área de elaboración de machos, de los cuales en el tiempo de producción de un mes, sólo 25 piezas fundidas salen al área de almacenamiento; las 4 piezas restantes continúan en proceso (1 en elaboración de machos, 1 en moldeo, 1 en fusión eléctrica y 1 en enfriamiento).
- En el área de enfriamiento permanecen 2 piezas de manera simultánea, pues sucede que cuando una tercera pieza entra la 1 ya ha cumplido con el tiempo de enfriamiento, por tanto pasa al área de almacenamiento.
- Las áreas de mayor porcentaje de utilización son elaboración de machos con 93.75%, moldeo con 86.49% y alistamiento de moldes con 56.25%; mientras que las áreas con menos utilización son vaciado de piezas con 1.90%, alistamiento de chatarra con 3.52%, seguido de desmoldeo con 6.51%.

- Las áreas con mayor tiempo de ocio son vaciado de piezas con 98.10%, alistamiento de chatarra con 96.48% y desmoldeo con 93.49%; mientras que las áreas con menos tiempo de ocio son elaboración de machos con 6.25%, moldeo con 13.551% y alistamiento de moldes con 43.75%.
- Las áreas que están en espera de que llegue producto en proceso son fusión eléctrica y vaciado de piezas, con un porcentaje de tiempo de 11.27% y 0.75%, respectivamente.
- El área de elaboración de machos tiene un porcentaje de bloqueo del 67.32%.
- El tiempo total de movilización de piezas entre áreas es de 156.60 minutos (2.61 horas).
- El tiempo promedio de espera es de 6.60 minutos (0.11 horas).
- El tiempo promedio de bloqueo en el proceso de producción es de 9266.40 minutos (154.44 horas).
- El tiempo total de operación es de 2440.20 minutos (40.67 horas).

En la tabla 18 se presenta el cuadro comparativo de los resultados de la simulación del estado actual y del estado simulado (futuro), donde se puede evidenciar mejoras porcentuales en utilización de áreas, reducción de tiempo ocioso en algunas áreas de producción y reducción en tiempos promedios en bloqueos y movilización entre áreas.

Tabla 18: Cuadro comparativo de los resultados de la simulación del estado actual y simulado.

INDICADOR	RESULTADOS		
	ACTUAL	SIMULADO	% MEJORA
Entrada de modelos al proceso	29	29	0,00
Salida de piezas fundidas	25	25	0,00
Piezas en enfriamiento	2	2	0,00
% Utilización del área elaboración de machos	93,75%	93,75%	0,00
% Utilización del área elaboración de moldeo	85,40%	86,49%	1,26
% Utilización del área alistamiento de moldes	55,19%	56,25%	1,88
% Utilización del área vaciado de piezas	3,25%	1,90%	-71,05
% Utilización del área alistamiento de chatarra	3,39%	3,52%	3,69
% Utilización del área desmoldeo	6,59%	6,51%	-1,23
% Tiempo de ocio en área vaciado de piezas	96,75%	98,10%	1,38
% Tiempo de ocio en área alistamiento de chatarra	96,61%	96,48%	-0,13
% Tiempo de ocio en área desmoldeo	93,49%	93,49%	0,00
% Tiempo de ocio en área fusión eléctrica	85,04%	78,18%	-8,77
% Tiempo de ocio en área elaboración de machos	6,25%	6,25%	0,00
% Tiempo de ocio en área moldeo	14,60%	13,51%	-8,07
% Tiempo de ocio en área de alistamiento de moldes	44,81%	43,75%	-2,42
Tiempo promedio total de movilización entre áreas de trabajo	3,06 horas	2,61 horas	-17,24
Tiempo promedio de bloqueo en el sistema de producción	156,24 horas	154,44 horas	-1,17
Tiempo promedio total de operación	40,67 horas	40,67 horas	0,00

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a las mejoras deseadas en cuanto a la reducción del tiempo perdido – por medio de la aplicación de herramientas Lean-, nivelando la disponibilidad a un 90% se obtiene resultados favorables en cuanto a la reducción de tiempos de ocio, tales como en el área de fusión eléctrica reduciéndose en un 8.77%, seguido del área de moldeo y alistamiento de moldes con reducciones de 8.07% y 2.42%, respectivamente, generando una disminución en el tiempo promedio de movilización entre áreas de trabajo de 27 minutos al igual que en el tiempo promedio de bloqueo en el sistema de producción con 108 minutos.

De la misma forma se calculó el indicador de Eficacia Global tanto en el área de fusión como moldeo del estado deseado, y los resultados se pueden ver en la tabla 19.

Tabla 19: Resultados del OEE del estado deseado.

			OEE
FUSIÓN	DISPONIBILIDAD	90%	61,37%
	RENDIMIENTO	70%	
	CALIDAD	98%	
MOLDEO	DISPONIBILIDAD	90%	91,00%
	RENDIMIENTO	102%	
	CALIDAD	99%	

Fuente: Elaboración propia.

Aunque el OEE no es exactamente la medición de la productividad, si es una herramienta que se puede usar para medirla, pues el OEE como indicador refleja que también se están aprovechando los recursos relacionados con los equipos en la línea de producción (tiempo disponible, capacidad del equipo y materia prima) a lo largo de determinado tiempo de trabajo, de modo que un OEE del 100% indica que el tiempo de operación disponible fue aprovechado al máximo, lo mismo que la tasa de producción prevista y sin productos defectuosos.

El resultado del cálculo del OEE después de la simulación en las áreas de moldeo y fusión es de 91,00% y 61,37%, respectivamente, comparado con el 89,41% para moldeo y 52,18% para fusión del estado inicial, lo que indica que la implementación de herramientas lean impacta directamente sobre los factores de la productividad como los puestos de trabajo, los recursos que se utilizan y el medio ambiente, generando mejoras en tiempos de espera, tiempos muertos, tiempos de bloqueos y tiempos de producción, que es lo que finalmente se busca con la mejora de la productividad, y es producir más en menos tiempo.

12. CONCLUSIONES

Después de la investigación de casos, se logró identificar que hay pocos sobre implementación o estudios de herramientas Lean aplicados a plantas de producción como las abordadas en este trabajo, por ello, la importancia de poder mostrar que las herramientas de mejora continua también aplican a este tipo de empresa.

Gracias al estudio de campo que se realizó por 1 año en la empresa y el estado del arte, se logró identificar el camino a seguir mediante el desarrollo de un diseño metodológico bajo la filosofía Lean, que le permitirá a la planta de producción empezar a eliminar las mudas más críticas y así identificar qué herramientas seguir aplicando con el objetivo de mejorar la Eficacia Global de la Empresa.

Se concluye que a pesar de encontrar muchos equipos dentro una planta de producción, no todos están en funcionamiento y terminan ocupando espacio valioso, pues los están usando para ubicar aquellas herramientas que los operarios en su momento dejen de usar, generando desorden y aumentando la probabilidad de un accidente de trabajo.

Se concluye que el proceso de recolección de información es uno de los principales inconvenientes para poder hacer diagnósticos en empresas que nunca han tenido cultura o hábitos de organización, orden, limpieza y controles de mejoras continuas; en el caso de la empresa estudio, aún no tienen la cultura definida de documentar para estandarizar procesos, por ello se vio la necesidad de hacer trabajo de campo que permitieran conocer de cerca el proceso de producción e interactuar con todo tipo de personal dentro de la planta, realizando entrevistas y encuestas a los mismos; además de ir en búsqueda de la persona encargada del proceso en estudio para recolectar la información que tuviese en físico y nos la pudiera soportar.

Para lograr un diagnóstico acertado del desempeño o comportamiento del proceso productivo de una planta es necesario conocer de principio a fin el proceso de producción, soportar con datos reales la situación actual de la empresa y hacer uso de diversas herramientas de análisis para detectar falencias y sus causas raíces, para que la mejora implementada sea la más acertada, pues los resultados obtenidos muestran que con la aplicación de Lean ayuda a mejorar los tiempos de respuesta ante los clientes.

La realización del mapa de la cadena de valor del estado actual permitió identificar de manera gráfica las principales falencias que se presentan en las áreas de moldeo y fusión, logrando a su vez detectar cuáles son las herramientas correctas que se pueden aplicar con el fin de eliminar las mudas que hacen que la línea de producción no sea la más óptima.

De acuerdo a las principales mudas que se identificó, se desarrolla un diseño metodológico bajo la filosofía Lean que permita una mejora productiva en las áreas de moldeo y fusión, estos pasos permitirán que en una implementación se empiece a estandarizar los procesos y a disciplinar la planta en general, haciendo que la empresa produzca más con el fin de llegar a nuevos mercados.

A demás, se puede afirmar que dentro de los problemas con mayor relevancia encontrados en la empresa estudio, está la baja disponibilidad de los equipos por la ausencia de mantenimiento autónomo de los mismos, haciendo que el proceso se retrase en su tiempo normal de producción; motivo que puede extrapolarse a muchas empresas en condiciones similares.

El diseño metodológico lo componen pasos sencillos que ayudan a que la empresa empiece a tomar conciencia de cambiar la cultura en pro de mejorar la producción y el ambiente de trabajo, además la herramienta principal que se propone para empezar a eliminar los desperdicios es la 5S's, ya que se considera que para que una empresa empiece a mejorar sus niveles de productividad, primero debe tener ordenada y limpia la planta de producción, y un equipo de trabajo comprometido con su trabajo.

Finalmente, el análisis de las mejoras que se proponen en el presente documento se realizó mediante una herramienta de simulación llamada "PROMODEL®", herramienta tipo estudiantil que permitió obtener resultados con visión de análisis que lograran mostrar mejoras en tiempos perdidos y de producción, con el fin de incentivar la empresa para que haga posible la aplicación de este diseño metodológico.

BIBLIOGRAFÍA

ABLANEDO ROSASA, José; ALIDAEEB, Bahram; MORENOC, Juan Carlos and URBINAD, Javier. Quality improvement supported by the 5S, an empirical case study of mexican organizations. Diciembre 2010.

A.R, Rahani. Production flow analysis through value stream mapping: Alean manufacturing process case study. Muhammad al-Ashraf. 2012.

ARRIETA, Juan Gregorio, BOTERO, Victoria Eugenia y ROMANO, María Jimena. Benchmarking sobre manufactura esbelta en el sector de la confección en la ciudad de Medellín. Colombia. 2010.

BACA URBINA, Gabriel. Evaluación de proyectos. 4 Edición. México. 2001.

BONILLA, Carlos Andrés, jefe de fusión eléctrica. Entrevista realizada el 20 de octubre de 2012 en Yumbo - Valle del Cuaca. Entrevistador: Zamara Gil Valencia.

CUATRECASAS, Lluís. Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of a variability of performance. In: International Journal of Production Economics. 2002. Volume 80.

DEIF, A. Assessing lean systems using variability mapping procedía CIRP. 2012. Volume 3.

GARCÍA DUNNA, Eduardo, GARCÍA REYES, Heriberto y CÁRDENAS BARRÓN, Leopoldo: "Simulación y análisis de sistemas con promodel" Primera Edición, PEARSON EDUCACIÓN, México. 2006.

GONZÁLEZ, Alonzo. Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo) en Contribuciones a la Economía. 2009.

GRILLO, Alfredo y MALDONADO, Silvia. Análisis de competitividad de las cadenas productivas en la Provincia de Mendoza. Mendoza. 2004.

GUAJARDO GARZA, Edmundo. Administración de la calidad total: conceptos y enseñanzas de los grandes maestros de la calidad. México: Editorial Pax México, 2003.

HERNANDEZ MATÍAS, Juan Carlos y VIZÁN IDOPE, Antonio. Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación. Madrid. 2013.

HERRON, Colin and BRAIDEN, Paul M. A methodology for developing sustainable quantifiable productivity improvement in manufacturing companies. Marzo 2006.
IICA, Sarh. Taller para la preparación de proyectos de inversión. México. 1988.

KAORU KOBAYASHI, Ron Fisher and ROD, Gapp. Business improvement strategy or useful tool? Analysis of the application of the 5S concept in Japan, the UK and the US. Marzo 2008.

MATEUS GAVIRIA, Erika. "5S's Un método eficaz para el éxito de la organización y productividad empresarial". {En línea}. {16 noviembre de 2013} disponible en: (www.metalactual.com/revista/26/admin_5s.pdf).

NASH, Mark A. and POLING, Sheila R. Mapping the total value stream: A comprehensive guide for production and transactional processes. New York: Taylor & Francis Group, 2008.

ORREGO CHANSI, Wilson Eliécer. Ingeniero Mecánico. Asesorías durante noviembre de 2012 a mayo del 2014 en Palmira y Cali -Valle.

OSORIO VALENCIA, José Édgar. Gestión financiera empresarial: contextos y casos colombianos. Bogotá: editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2006.

OSPINA, Mariano. Ingeniero Metarúrgico, jefe de fundiciones. Entrevista realizada en los meses de febrero, marzo, junio, agosto, septiembre, noviembre del 2013 en Yumbo - Valle del Cuaca. Entrevistador: Zamara Gil Valencia.

RAMIREZ GIL, Johana. "Metalurgia le apuesta el mercado centroamericano". {En línea}. {20 enero de 2015} disponible en: (www.elmundo.com/portal/noticias/economia/metalurgia_le_apuesta_al_mercado_centroamericano.php#otras_noticias)

TAPPING, Don; LUYSTER, Tom & SHUKER, Tom. Value Stream Management. Eight steps to planning, mapping and sustaining Lean improvements. 2002.

ANEXOS

ANEXO 1



EVALUACIÓN DE 5S's PILAR 2 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO



FECHA:	ÁREA:	JEFE DE SECCIÓN:	AUDITOR:	AUDITADO:
		LÍDER DEL EQUIPO:	MÁQUINA:	PROX. AUDITORÍA:

1	No cumple lo establecido
2	Identifica algunas actividades, pero no toma acción correctiva
3	Están Identificadas todas las actividades pero solo se realizó algunas actividades correctivas
4	Están detectadas todas las actividades y faltan unas pocas por corregir
5	Todas las actividades han sido detectadas y corregidas

5S's	SM's	Elementos a Evaluar	Puntaje	Puntaje Anterior	Observaciones
1. DESALDOJO Realizar listado de objetos y materiales, definir cuáles son necesarios e innecesarios y clasificarlos de acuerdo a la frecuencia de uso.	Máquina	Cuerpo de la Máquina Interno - Externo (Unidades, guardas, bases y escaleras, barandas)			
		Herramientas, elementos de medición y control (Herramientas manuales, medidores, instrumentos, galgas, patrones, elementos para manejo de insumos, lubricante, solventes)			
		Equipos auxiliares (Bombas de aire, de tintas, equipos de apoyo y de prealistamiento, carros y mesa hidráulicas)			
		Servicios auxiliares (Energía, gas, vapor, sistemas de secado, enfriamiento y calefacción, iluminación, aire comprimido, paneles eléctricos)			
		Periféricos (Mesas de trabajo, computadores, archivos, sillas, armarios, extintores y elementos de aseo, ventiladores)			
	Materiales	Materias Prima (tinta, rollos, bancos, cores, goma, pegantes, herrajes, argollas)			
		Materiales de Empaque (Goma, corrugado, cinta, etiquetas)			
		Material Semiprocesado			
		Producto terminado			
	Métodos e Información	Papelería (Formatos y elementos de oficina)			
		Documentos en medio físico (Procedimientos, bitácora, cartelera y registros)			
	Personas	Documentos digitales (Carpetas y archivos digitales en servidores y en el PC, Software)			
		Presentación Personal y Elementos Personales (Uso de la dotación y de los Elementos de Protección Personal, carteras y bolsos, lockers, cajones)			
		Elementos de cafetería (Utensilios de cafetería, alimentos en el sitio)			
	Entorno de trabajo y Medio Ambiente	Generación y control de polvo (Extractores, filtros)			
		Generación y control de contaminantes líquidos (Fugas, derrames, colectores, trampas, filtros)			
		Generación y control de Desperdicios y Basuras (Tarros y basureras, sistemas de tirillas, virutas, aserrín, desperdicios)			
		Generación y control de Contaminación visual (Almanaques, fotos, adornos, avisos y cuadros)			

P-SP-005

01/07 Rev.01

EVALUACIÓN DE 5S's PILAR 2 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO



FECHA:	ÁREA:	JEFE DE SECCIÓN:	AUDITOR:	AUDITADO:
		LÍDER DEL EQUIPO:	MÁQUINA:	PROX. AUDITORÍA:

1	No cumple lo establecido
2	Identifica algunas actividades, pero no toma acción correctiva
3	Están identificadas todas las actividades pero solo a realizado algunas actividades correctivas
4	Están detectadas todas las actividades y faltan unas pocas por corregir
5	Todas las actividades han sido detectadas y corregidas

2. ORGANIZAR Identificar, ordenar y demarcar los elementos necesarios de modo que se puedan ubicar y usar fácilmente.	Máquina	Cuerpo de la Máquina			
		Interno - Externo (Unidades, guardas, bases y escaleras, barandas)			
		Herramientas, elementos de medición y control (Herramientas manuales, medidores, instrumentos, galgas, patrones, elementos para manejo de insumos, lubricante, solventes)			
		Equipos auxiliares (Bombas de aire, de tintas, equipos de apoyo y de prelistamiento, carros y mesa hidráulicas)			
		Servicios auxiliares (Energía, gas, vapor, sistemas de secado, enfriamiento y calefacción, iluminación, aire comprimido, paneles eléctricos, ventiladores)			
	Materiales	Periféricos (Mesas de trabajo, computadores, archivos, sillas, armarios, extintores y elementos de aseo)			
		Materias Prima (tinta, rollos, bancos, goma, pegantes, herrajes, argollas)			
		Materiales de Empaque (Goma, corrugado, cinta, etiquetas)			
		Material Semiprocado			
		Producto terminado			
	Métodos e Información	Papelería (Formatos y elementos de oficina)			
		Documentos en medio físico (Procedimientos, bitácora, cartelera y registros)			
		Documentos digitales (Carpets y archivos digitales en servidores y en el PC, Software)			
	Personas	Presentación Personal y Elementos Personales (Uso de la dotación y de los Elementos de Protección Personal, carteras y bolsos, lockers, cajones)			
		Elementos de cafetería (Utensilios de cafetería, alimentos en el sitio)			
	Entorno de trabajo y Medio Ambiente	Generación y control de polvo (Extractores, filtros)			
		Generación y control de contaminantes líquidos (Fugas, derrames, colectores, trampas, filtros)			
		Generación y control de Desperdicios y Basuras (Taros y basureras, sistemas de tirillas, virutas, aserrín, desperdicios)			
		Generación y control de Contaminación visual (Almanaques, fotos, adornos, avisos y cuadros)			

EVALUACIÓN DE 5S's PILAR 2 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO



FECHA:	ÁREA:	JEFE DE SECCIÓN:	AUDITOR:	AUDITADO:
		LÍDER DEL EQUIPO:	MÁQUINA:	PROX. AUDITORÍA:

1	No cumple lo establecido
2	Identifica algunas actividades, pero no toma acción correctiva
3	Están Identificadas todas las actividades pero solo a realizado algunas actividades correctivas
4	Están detectadas todas las actividades y faltan unas pocas por corregir
5	Todas las actividades han sido detectadas y corregidas

3. LIMPIAR Realizar limpieza para detectar anomalías	Máquina	Cuerpo de la Máquina Interno - Externo (Unidades, guardas, bases y escaleras, barandas)			
		Herramientas, elementos de medición y control (Herramientas manuales, medidores, instrumentos, galgas, patrones, elementos para manejo de insumos, lubricante, solventes)			
		Equipos auxiliares (Bombas de aire, de tintas, equipos de apoyo y de prelistamiento, carros y mesa hidráulicas)			
		Servicios auxiliares (Energía, gas, vapor, sistemas de secado, enfriamiento y calefacción, iluminación, aire comprimido, paneles eléctricos)			
		Periféricos (Mesas de trabajo, computadores, archivos, sillas, armarios, ventiladores, extintores y elementos de aseo)			
	Materiales	Materias Prima (tinta, rollos, bancos, cores, goma, pegantes, herrajes, argollas)			
		Materiales de Empaque (Goma, corrugado, cinta, etiquetas)			
		Material Semiprocesado			
		Producto terminado			
	Métodos e Información	Papejería (Formatos y elementos de oficina)			
		Documentos en medio físico (Procedimientos, bitácora, cartelera y registros)			
		Documentos digitales (Carpetas y archivos digitales en servidores y en el PC, Software)			
	Personas	Presentación Personal y Elementos Personales (Uso de la dotación y de los Elementos de Protección Personal, carteras y bolsos, lockers, cajones)			
		Elementos de cafetería (Utensilios de Cafetería, alimentos en el sitio)			
	Entorno de trabajo y Medio Ambiente	Generación y control de polvo (Extractores, filtros)			
		Generación y control de contaminantes líquidos (Fugas, derrames, colectores, trampas, filtros)			
		Generación y control de Desperdicios y Basuras (Tarros y basureras, sistemas de tirillas, virutas, aserrín, desperdicios)			
		Generación y control de Contaminación visual (Almanaques, fotos, adornos, avisos y cuadros)			

Fuente: Notas de clase Ing. Wilson Orrego, 2013

ANEXO 2

INVENTARIO ÚTIL

Responsable: _____ Fecha: _____

Máquina, herramienta, equipo o insumo	Nombre	Cantidad	Área de ubicación	Estado (Bueno/malo)

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3

LISTADO DE DESALOJO

Fecha: _____
Área: _____

Responsable: _____

Planeado ☐
Ejecutado ☐

Materiales, Equipos, Maquinarias	Razón de desalojo	Reutilizable	Precio (\$)	Responsable del desalojo	Semana			
					1	2	3	4

TOTAL

Fuente: Elaboración propia.