

**DISEÑO DEL VSMM (VALUE STREAM MACRO MAPPING), EXTENDIDO COMO METODOLOGÍA
PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE ENTREGA DE UNA EMPRESA DE MANUFACTURA CERRADA
CON PRODUCCIÓN DISCRETA EN LA MEDIANA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.**

Realizado por:

ANDRÉS FELIPE CARDONA MARTÍNEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE MINAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN
MEDELLÍN
2022**

DISEÑO DEL VSMM (VALUE STREAM MACRO MAPPING), EXTENDIDO COMO METODOLOGÍA PARA
MEJORAR LOS TIEMPOS DE ENTREGA DE UNA EMPRESA DE MANUFACTURA CERRADA CON
PRODUCCIÓN DISCRETA EN LA MEDIANA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES DE
DISTRIBUCIÓN.

Realizado por:

ANDRÉS FELIPE CARDONA MARTÍNEZ

Tesis para optar al título de
Magíster en Ingeniería Administrativa

Director

MARTÍN DARÍO ARANGO SERNA. Ph. D.

Profesor Titular

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE MINAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN
MEDELLÍN
2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

Medellín, Octubre de 2022

Para CELESTE, sangre de mi sangre ... luz de mi vida!

Tabla de Contenido

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
1	INTRODUCCIÓN 13
2	ESTADO DEL ARTE..... 15
2.1	METODOLOGÍAS Y CONCEPTOS BÁSICOS 16
2.1.1	5'S..... 16
2.1.1.1	Separar 16
2.1.1.2	Organizar 16
2.1.1.3	Limpiar..... 16
2.1.1.4	Estandarizar 17
2.1.1.5	Seguimiento 17
2.1.2	Andon 17
2.1.3	Mapas de Valor (VSM)..... 17
2.1.3.1	VSM Actual 17
2.1.3.2	VSM Futuro..... 17
2.1.4	Kaizen 17
2.1.5	SMED 18
2.1.6	Manufactura Celular..... 18
2.1.7	TPM 18
2.1.8	Poka Yoke 18
2.1.9	Trabajo Estándar 18
2.1.10	Kanban..... 18
2.1.11	LEAN Accounting 19
2.1.12	Solución de Problemas 19
2.1.13	AMEF 19
2.2	OTROS CONCEPTOS..... 19
2.2.1	Producción Discreta: 19
2.2.2	Lean Six Sigma: 19
2.2.3	Value Stream Mapping (VSM) 19

2.2.4	Value Stream Macro Mapping (VSMM)	20
2.2.5	Cadena de Suministro	20
2.3	CONCEPTOS RELEVANTES	20
2.3.1	Tiempo de Ciclo	20
2.3.1.1	Tiempo de Ciclo Individual	20
2.3.1.2	Tiempo de Ciclo Total.....	20
2.3.1.3	Tiempo Takt.....	20
2.3.1.4	Tiempo de Valor Agregado.....	20
2.4	DEFINICIONES DE VALUE STREAM MAPPING (VSM) Y VALUE STREAM MACRO MAPPING (VSMM)	20
2.4.1	Aspectos básicos de un VSMM.....	22
2.4.1.1	Flujo de proceso	22
2.4.1.2	Flujo de información	22
2.4.1.3	Líneas de tiempo y distancias de viaje	23
2.4.2	El VSMM y sus símbolos.....	24
2.5	Modelos y Metodologías para la elaboración del VSM	25
2.5.1	Modelo de matriz de producto	25
2.5.1.1	Matriz de procesos de producción.....	25
2.5.1.2	Matriz de procesos traslacionales.....	25
2.5.2	Modelo de mapeo rápido o “alistar, apuntar, disparar”.....	26
2.5.3	Modelo “Socconini”.....	27
2.5.4	Metodologías Prácticas	28
2.5.5	Modelo para la elaboración de un VSM básico.....	33
2.5.6	Modelo para construir un Macro Mapa de Valor (VSMM)	34
2.6	REFERENTES EMPRESARIALES RECIENTES.....	37
2.6.1	Casos de Estudio.....	37
2.6.1.1	Empresa Manufacturera de Transformadores.....	37
2.6.1.2	Aplicación del VSM en una organización europea prestadora de servicio de mantenimiento de aviones	39
2.6.1.3	Mejoramiento en la Producción de Transformadores en una empresa tailandesa	41

3.1	Descripción Básica de un Transformador.....	43
3.1.1	Componentes principales a tener en cuenta en la fabricación de un transformador 44	
3.1.2	Tipos de Transformadores Fabricados por Rymel SAS.....	45
3.2	Descripción del sistema productivo para la realización del VSMM	46
3.3	Organigrama empresarial y aspectos relevantes en el sistema productivo de la empresa 50	
3.4	Metodología propuesta.....	52
3.4.1	Objetivos de la metodología propuesta	53
3.4.2	Reglas de la metodología	53
3.4.3	Fases de la metodología	54
4	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA	56
4.1	Divulgación y Motivación de la Iniciativa	56
4.2	Preparación y Diagnóstico Inicial	57
4.2.1	Formación en programa de 5's	57
4.2.2	Entrevistas cortas informales con los operarios	65
4.2.3	Recorrido no formal del proceso productivo	65
4.3	Descripción y Entendimiento del Proceso.....	66
4.3.1	Resultados “ejercicio de los 5 minutos”	66
4.4	Identificación de los Procedimientos	68
4.4.1	Resultados Ejercicio Relámpago de 30 Segundos	68
4.5	Recorrido del Proceso Productivo y VSMM Actual	70
4.5.1	VSMM's Actuales.....	71
4.5.1.1	Identificación Pareto (P-Q) Para la Elaboración del VSMM	71
4.5.1.2	Identificación Potencia Equivalente	72
4.5.1.3	Identificación del Takt Time	72
4.5.1.4	VSMM Actual para Transformadores Monofásicos y Trifásicos	77
4.6	Análisis de Información y Eventos Kaizen Sugeridos	81
4.7	Elaboración del VSMM futuro	84
4.8	Eventos Kaizen sugeridos	86
4.8.1	Eventos Kaizen Sección de Bobinados	86

4.8.1.1	Mejora Cortadora de Papel	86
4.8.1.2	Mejora Bobinadora AT	88
4.8.1.3	Suministro Fleje de Aluminio, Estuches, Tubos y Cuñas	91
4.8.2	Eventos Kaizen Sección de Núcleo	92
4.8.2.1	Intervención Curva de Recocido	92
4.8.3	Eventos Kaizen Sección de Metalmecánica.....	96
4.8.3.1	Suministro Lámina Para la Fabricación de Tanques.....	96
4.8.3.2	Intervención Soldadura de Costura.....	97
4.8.3.3	Mejoras de Proceso Usando Maquina Laser.....	98
4.8.3.4	Optimización Proceso de Soldadura Tanques Monofásicos	99
4.8.4	Eventos Kaizen Sección de Compras.....	100
4.8.4.1	Implementación Plan de Mercancía en Consignación	100
4.8.5	Resumen de Mejoras Tiempos de Ciclo	100
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
BIBLIOGRAFÍA		106

Tablas

Tabla 1:	Esquema de otras metodologías y elementos a aplicar.....	30
Tabla 2:	Pareto Número de Unidades Producción Rymel.....	71
Tabla 3:	Demanda Unidades Producción Rymel Por Tipo.....	73
Tabla 4:	Takt Time Monofásicos.....	73
Tabla 5:	Takt Time Trifásicos	74
Tabla 6:	Takt Time Global.....	74
Tabla 7:	Tiempos de Ciclo.....	76
Tabla 8:	Pruebas Nueva Curva de Recocido.....	96
Tabla 9:	Tiempos de Ciclo Futuros	102

Imágenes

Imagen 1:	Cortadora de Papel (Antes y Después).....	87
Imagen 2:	Cotización Papel Diamantado	88
Imagen 3:	Bobinadora AT (Antes y Después).....	89

Imagen 4: Matachos Expandibles.....	90
Imagen 4: Tubos y estuches por Weidmann.....	92
Imagen 5: Estandarización acero al silicio.....	94
Imagen 6: Soldadora de costura previo mantenimiento	98
Imagen 7: Soldadora de costura después del mantenimiento	98
Imagen 8: Pintura en plan consignación	100

Gráficos

Gráfico 1: Características del VSM	23
Gráfico 2: Símbolos del VSM	24
Gráfico 3: Matriz de producto.....	25
Gráfico 4: Ejercicio Relámpago	26
Gráfico 5: Esquema de las fases de la metodología propuesta	31
Gráfico 6: VSM actual.....	33
Gráfico 7: VSM Futuro.....	34
Gráfico 8: Aspectos básicos para capturar el flujo principal.....	35
Gráfico 9: flujo de procesos, inventarios y operarios	36
Gráfico 10: Mapeando Sub-Tareas y Flujos Paralelos.....	36
Gráfico 11: El transformador.....	45
Gráfico 12: Organigrama de Rymel S.A.S.....	51
Gráfico 13: Presentación 5'S	58
Gráfico 14: Seleccionar - 1.....	59
Gráfico 15: Seleccionar - 2.....	60
Gráfico 16: Ordenar - 1.....	61
Gráfico 17: Ordenar - 2.....	62
Gráfico 18: Limpiar	63
Gráfico 19: Estandarizar	64
Gráfico 20: Seguimiento.....	65
Gráfico 21: VSMM Actual Monofásicos	78
Gráfico 22: VSMM Actual Trifásicos.....	79
Gráfico 23: VSMM Actual Global.....	80
Gráfico 24: VSMM Futuro Global.....	85
Gráfico 25: Curva sugerida para el proceso de recocido	93
Gráfico 26: Análisis económico del proceso de recocido.....	94

RESUMEN

Aplicación del Value Stream Macro Mapping (VSMM), en una empresa de manufactura cerrada con producción discreta. Caso aplicado en una empresa de fabricación de transformadores de distribución eléctrica.

En la presente tesis se pretende aplicar el Macro Mapeo de la Cadena de Valor (VSMM), en una empresa de manufactura cerrada con producción discreta como una herramienta válida para mejorar los procesos al interior de una empresa de fabricación de transformadores de distribución eléctrica. El VSMM tiene sus bases en la metodología LEAN, de ahí la importancia de resaltar en los primeros capítulos de esta tesis las principales herramientas de dicha metodología, pues son base fundamental en el desarrollo de esta. Información relevante sobre Value Stream Mapping (VSM), Justo a Tiempo (J.I.T.), Kaizen, Andon, SMED, las 5's, Poka-Yoke, Kanban, Hoshin Kanri entre otras será suministrada. Se continúa por dar definiciones importantes sobre VSM y resaltar la gran importancia del VSMM como herramienta vital que permite identificar desperdicios, posibilidades de mejora y en general obtener una radiografía del proceso productivo al interior de una planta de manufactura. Se concluye el marco teórico con el estado del arte del Value Stream Macro Mapping (VSMM) mostrando casos reales aplicados a empresas con sistemas y situaciones de producción muy similares a los encontrados en Rymel, haciendo especial énfasis en las bondades de llevar a cabo el desarrollo del VSMM al interior de las mismas, permitiendo grandes mejoras en productividad, mejoramiento de costos, reducción de inventarios, mejoramiento de la cadena de suministros; que son tópicos donde la empresa de transformadores Rymel se puede beneficiar altamente y donde en el pasado se han identificados oportunidades de mejora.

Más adelante, se hará una descripción detallada sobre la metodología para llevar a cabo la implementación del mapeo de valor y el mapeo de valor extendido, (VSM y VSMM). Continuando con la realización de los respectivos mapas de valor en las diferentes secciones de la empresa. Posteriormente, se mostrará el análisis de los resultados obtenidos y se llevará a cabo el desarrollo de los mapas de valor futuro, los cuales tienen en cuenta todos aquellos aspectos y/o posibilidades de mejora las cuales son implementados mediante eventos Kaizen, lecciones de un punto (LUP's), SMED's, Poka Yoke's, JIT's, desarrollo de proveedores, entre otros.

El motivo para la realización de esta tesis, es debido a que la empresa caso de estudio requiere de modelos de manufactura lean y mapeos de valor (VSM) a la medida (Taylor made si se gusta), pues el sistema de producción, el comportamiento del mercado, los especial de los componentes usados en su fabricación, los altos tiempos para la entrega de las materias primas, el alto costo de las mismas junto con la gran afectación que estas tienen sobre los inventarios y la gran variabilidad de los productos ofrecidos por la empresa; dificultan replicar metodologías estándar/comerciales que evidencien posibilidades de optimización de la producción, los procesos y los costos de producción entre otros.

Palabras Clave: Macro Mapeo de la Cadena de Valor, Tiempo de ciclo, Manufactura esbelta, Cadena de Suministro

ABSTRACT

Application of Value Stream Macro Mapping (VSMM), in a closed manufacturing company with discrete production. Case applied in an electrical distribution transformer manufacturing company.

This thesis aims to apply Value Stream Macro Mapping (VSMM) in a closed manufacturing company with discrete production as a valid tool to improve the processes within a manufacturing company of electrical distribution transformers. The VSMM is based on the LEAN methodology, hence the importance of highlighting in the first chapters of this thesis the main tools of this methodology, as they are the fundamental basis for the development of this methodology. Relevant information about Value Stream Mapping (VSM), Just in Time (J.I.T.), Kaizen, Andon, SMED, the 5's, Poka-Yoke, Kanban, Hoshin Kanri among others will be provided. It continues by giving important definitions about VSM and highlighting the great importance of VSMM as a vital tool that allows to identify waste, improvement possibilities and in general to obtain an in-depth view of the productive process inside a manufacturing plant. The theoretical framework concludes with the state of the art of Value Stream Macro Mapping (VSMM) showing real cases applied to companies with systems and production situations very similar to those found in Rymel, with special emphasis on the benefits of carrying out the development of VSMM within them, allowing great improvements in productivity, cost improvement, inventory reduction, improvement of the supply chain; which are topics where the transformer company Rymel can benefit highly and where in the past opportunities for improvement have been identified.

Later on, a detailed description will be made on the methodology to carry out the implementation of value mapping and extended value mapping (VSM and VSMM). Continuing with the realization of the respective value maps in the different sections of the company. Subsequently, the analysis of the results obtained will be shown and the development of future value maps will be carried out, which take into account all those aspects and/or improvement possibilities which are implemented through Kaizen events, lessons from a point (LUP's), SMED's, Poka Yoke's, JIT's, supplier development, among others.

The reason for the realization of this thesis, is because the case study company requires lean manufacturing models and value stream mapping (VSM) to measure (Taylor made if you like), because the production system, market behavior, the special of the components used in their manufacture, the high delivery times for raw materials, the high cost of them along with the great impact they have on inventories and the great variability of the products offered by the company; make it difficult to replicate standard/commercial methodologies that show possibilities of optimizing production, processes and production costs, among others.

Key Words: Value Stream Macro Mapping, Cycle Tiem, Lean Manufacturing, Supply Chain

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, la siempre cambiante economía global se encuentra en un momento crítico. Temas como la crisis económica mundial, la crisis de los contenedores, la pandemia/postpandemia la guerra en Ucrania, el posible deterioro de los estados unidos como potencia mundial y el surgimiento de países asiáticos como nuevas potencias económicas, han resultado en grandes impactos para todas las economías mundiales y en especial la economía colombiana ahora con aires de recesión y con un fenómeno inflacionario y de devaluación que no se veía en muchos años.

Adicionalmente en Colombia, la firma de diversos tratados de libre comercio, la entrada de un nuevo gobierno, la devaluación del peso frente al dólar y la forma de trabajar al igual que la entrada a la economía colombiana de nuevos y más poderosos competidores, han derivado en que muchas empresas se vean obligadas a cerrar, cambiar sus nichos de mercado o a implementar nuevas estrategias que garanticen una mejor y más eficiente producción, mientras que al mismo momento se logre la reducción de desperdicios, el adecuado e ininterrumpido funcionamiento de las máquinas y los procesos de una manera óptima, el adecuado funcionamiento de todos los miembros de la cadena de suministro (desde el proveedor hasta el consumidor final), lo cual garantice la competitividad de las empresas y su duración en el tiempo. Para la industria de fabricación de transformadores el uso de los mapas de valor extendidos, pueden demostrar ser una herramienta poderosa para detectar puntos neurálgicos y la reducción de desperdicios. (Fontanini & Picchi, 2004)

En la presente propuesta de tesis se pretende desarrollar una metodología que permita optimizar la implementación de técnicas de mejoramiento de la producción, o un híbrido entre ellas, en la industria de fabricación de transformadores de distribución a través del análisis realizado gracias al diseño del VSMM. Inicialmente se realiza un repaso sobre la gran mayoría de metodologías japonesas para el mejoramiento de los procesos, entre las que se destacan el Justo a Tiempo (J.I.T.), Kaizen, Mantenimiento Productivo Total (TPM), SMED, las 5's, Poka-Yoke, Kanban entre otras. Posteriormente se resaltan algunos estudios y publicaciones realizadas por varios autores que pueden ser el punto de partida para desarrollar una metodología que pueda ser adaptarla a diferentes sectores, en especial el de los fabricantes de transformadores.

El motivo para la realización de esta tesis, es debido a que la empresa caso de estudio requiere de modelos de manufactura lean y mapeos de valor (VSM) a la medida (Taylor made si se gusta), pues el sistema de producción, el comportamiento del mercado, los especial de los componentes usados en su fabricación, los altos tiempos para la entrega de las materias primas, el alto costo de las mismas junto con la gran afectación que estas tienen sobre los inventarios y la gran variabilidad de los productos ofrecidos por la empresa; dificultan replicar metodologías estándar/comerciales que evidencien posibilidades de optimización de la producción, los procesos y los costos de producción entre otros.

Para el caso de Rymel S.A.S, se pretende desarrollar el VSMM, que evidencie todos los puntos de desperdicio, los posibles eventos de mejora (KAIZEN) y potencialmente obtener herramientas que permitan tener un balanceo de las líneas de producción, para así poder potencialmente mejorar los tiempos de entrega, reducir costos de producción, inventarios y hacer de este proceso de

manufactura un proceso más LEAN. Información relevante sobre el uso y conceptos básicos de esta herramienta es plasmada en el capítulo 2 con el fin de familiarizar a los miembros de la organización con estos conceptos y facilitar la implementación de esta metodología.

Lo facilista y folclórico en momentos de la cultura colombiana para realizar implementaciones de este tipo, hace que muchas veces las propuestas sean rechazadas sin realizar un análisis adecuado de los beneficios; después de todo, el objetivo de cualquier empresa es el de generar riquezas y es mediante el uso de este tipo de metodologías donde se puede encontrar una gran oportunidad para generarlas. (G. Chand, B Shirvani). Es por esto que el capítulo 3 detalla la metodología a usar para este trabajo sugiriendo diversas etapas tales como el recaudo de información mediante entrevistas con los operarios y líderes de proceso que permitan el entendimiento de los procesos, la elaboración de los mapas de valor para cada una de las secciones de la compañía y posteriormente su integración en un macro mapa de valor con todos los procesos de la compañía, la propuesta de diferentes eventos de mejora (Kaizen) que culminan con la elaboración del macro mapa de valor futuro.

Manufactura Lean, es una filosofía de gestión que se apoya en el mapa de valor como una de sus herramientas para plasmar el proceso productivo, que enfatiza la eliminación de los siete desperdicios (mudas) mediante la reorientación de los procesos internos de las distintas áreas de la compañía, con el objeto de alcanzar la satisfacción de cada uno de los grupos de interés como los clientes, empleados, comunidad, accionistas y entorno. Esta metodología, busca reducir la sobreproducción, las esperas, los transportes, el sobre procesamiento, movimientos, inventarios y la reducción de piezas defectuosas. El capítulo 4 se centra en la aplicación de la metodología del VSMM al interior de la empresa caso de estudio, recopilando información asociada a estudio de tiempos y movimientos, flujo de información, tipo de la información, capacidades de los procesos, tipo de maquinaria y limitantes de las mismas e incluso el flujo de los procesos (layout) entre otros.

Es con estrategias como manufactura lean, que las empresas colombianas lograrán ser competitivas en el ámbito internacional. Después de todo, la dinámica de los mercados tiende cada vez a ser más globalizada y más agresiva. Sin embargo, se puede decir también, que la manufactura lean es una estrategia bastante compleja que requiere mucho trabajo, dedicación y apoyo.

Es por ello que la manufactura lean es un sistema de mejoramiento integral que incluye en su andamiaje desde la alta dirección hasta los operarios de planta y desde los proveedores hasta el cliente final; la cual se focaliza en los procesos, sus tiempos, sus desperdicios y todo aquello que de una manera u otra puede llegar a entorpecer y desmejorar los mismos.

Esta metodología agrupa 13 diversas técnicas de mejoramiento de la producción, en su mayoría japonesas. Estas son: 5'S, Andon, VSM Actual y VSM Futuro, Kaizen, SMED, Manufactura Celular, TPM, Poka Yoke, Trabajo Estándar, Kanban, LEAN Accounting, Solución de Problemas y AMEF.

Para la implementación del proyecto objeto de esta tesis, se dará primordialmente enfoque en el Vale Stream Macro Mapping (VSMM), tanto actual como futuro, demostrando mediante diferentes métodos las diversas implementaciones, mediciones y correcciones a los diferentes procesos propios de la empresa de fabricación de transformadores Rymel SAS.

En el capítulo 5 se analizan los resultados obtenidos de la implementación del VSMM y en el capítulo 6 se presentan las conclusiones de mismo, las cuales se socializaron con los directores de la compañía.

La pregunta es: ¿están las empresas colombianas listas para aceptar el desafío de la manufactura lean? ¿Están las empresas dispuestas a “gastar” la cantidad de dinero y tiempo requerido para poder implementar dicha metodología? ¿Cómo hacer para que este grandioso método se pueda aplicar no solo a empresas grandes con buen músculo económico, sino también a pequeñas y medianas empresas que son las que predominan en el medio colombiano? ¿Cómo implementar esta metodología en la industria de fabricación de transformadores?

Surge entonces la siguiente pregunta de investigación: **¿Como mejorar los tiempos de entrega de una empresa de manufactura cerrada con producción discreta en la mediana industria manufacturera del sector metalmecánico del Área Metropolitana del Valle de Aburrá usando el VSMM?**

2 ESTADO DEL ARTE.

Actualmente la economía mundial se encuentra en un momento de alta turbulencia, incertidumbre y cambio. Se ve como los otrora gigantes mundiales, hoy lidian con problemas asociados al desempleo, la inflación y la dicotomía entre aumentar las tasas de interés de sus bancos centrales en un afán frenético por frenar la inflación.

En el ámbito industrial esta turbulencia se ve reflejada en la dificultad para mantener los precios de los productos, los puestos de trabajo, pero a la vez remunerar adecuadamente a los colaboradores para que su mano de obra no se pierda.

Los problemas con la cadena de suministro, la escasez de contenedores, los altos tiempos de entrega en las materias primas críticas han derivado en el replanteo de la forma de producir y ha generado ahora mas que nunca un mayor énfasis en los desperdicios y la generación de valor al interior de las compañías.

En el ámbito colombiano, la devaluación del peso, la entrada de nuevos competidores más agresivos y lo frágil de la economía en época de postpandemia y de nuevo gobierno hacen que muchas de estas problemáticas se agranden aún más y presenten un gran desafío para la economía en si y las empresas que la componen.

Cobra entonces real relevancia los despilfarros y la generación de valor al interior de las compañías manufactureras, pues es solo mediante la reducción de uno y la ampliación del otro que realmente las empresas logran ser competitivas y sobrevivir.

Muda significa “despilfarro”, específicamente toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor: fallos que precisan rectificación, producción de artículos que nadie desea y el consiguiente amontonamiento de existencias y productos sobrantes, pasos en el proceso que

realmente no son necesarios, movimientos de empleados y transporte de productos de un lugar a otro sin ningún propósito, grupos de personas en una actividad aguas abajo, en espera porque una actividad aguas arriba no se ha entregado a tiempo, y bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del cliente (Jones & Womack , 2012).

Todos los desperdicios que no añaden valor para el cliente en los procesos empresariales deben ser eliminados. En el mundo real y en la literatura relacionada, hay varios métodos utilizados para eliminar los residuos y mejorar los procesos. Uno de los métodos utilizados con frecuencia es el mapeo del flujo de valor (VSM). Se prefiere el VSM porque permite tomar la imagen de un proceso. Además, el VSM consiste en identificación de todas las actividades que crean y/o no crean valor en los procesos desde el proveedor del producto o servicio hasta el cliente (Dogan & Yagli, 2020)

Por lo tanto, los ingenieros de producción y la dirección de producción tienen que resolver el problema identificando los desperdicios y los procesos sin valor añadido en toda la operación. Porque estos problemas serán una razón para que la empresa no pueda producir y entregar el producto a los clientes a tiempo. En la mayoría de las literaturas, el enfoque Lean, la técnica VSM (value stream mapping) y el estudio de tiempos y movimientos se utilizaron para mejorar el proceso de producción. (Noamnaa, Thongphuna, & Kongjit, 2022)

Es entonces el VSMM una excelente herramienta que permite a las empresas la identificación detallada de sus procesos y con ella lograr la optimización de los mismos mediante la eliminación de los despilfarros hallados en ellos.

2.1 METODOLOGÍAS Y CONCEPTOS BÁSICOS

2.1.1 5'S Nombradas así por sus nombres en japonés y compuesta por 5 elementos: Separar, ordenar, limpiar, estandarizar y autodisciplina. Las 5's en su esencia buscan la eliminación de desperdicios, cosas que no sirven si así se le quisiera decir de una forma más coloquial; en pocas palabras, busca eliminar todo aquello que “estorbe” en el espacio de trabajo, permitiendo de esta forma una organización mucha más eficiente de la zona productiva, logrando mayor aseo y menor suciedad y caos, pero por, sobre todo, tratando siempre de que esto permee la organización en todos sus niveles y se vuelva algo orgánico de ella.

2.1.1.1 Separar: Consiste en remover todos los artículos que no son necesarios, de cada una de las zonas de trabajo de la empresa.

2.1.1.2 Organizar: Consiste en ordenar los artículos necesarios para llevar a cabo las tareas inherentes a cada puesto de trabajo, estableciendo un lugar específico para cada cosa.

2.1.1.3 Limpiar: Consiste en eliminar la suciedad de los puestos de trabajo (incluye pasillos, máquinas, herramientas, en general todo)

- 2.1.1.4 Estandarizar:** Consiste en garantizar que los procedimientos y actividades establecidas se ejecuten consistentemente y de la manera adecuada y previamente descrita.
- 2.1.1.5 Seguimiento:** Consiste en volver un hábito todas las actividades de las 5'S, para garantizar que se mantengan en cada una de las secciones de la empresa. Es lograr que esta metodología se convierta en algo natural para todos los miembros de la organización.
- 2.1.2 Andon:** Conocida también como la fábrica visual. Es una señal que incorpora elementos visuales, auditivos y de texto que sirven para notificar generalmente problemas de calidad o paros por ciertos motivos. Proporciona información en tiempo real y retroalimentación del estado de un proceso. Permite tomar decisiones sin necesidad de preguntar. Esta metodología abarca todos los procesos de la organización, pues es posible tener un control visual, sobre: las zonas de trabajo, las máquinas, los tiempos de procesos, la producción, los inventarios, fallos o paros en los procesos, la calidad entre otros.
- 2.1.3 Mapas de Valor (VSM):** Es una herramienta que nos permite obtener un conocimiento detallado de los procesos, tanto al interior como en la cadena de suministro de una planta. Nos permite entender los procesos detalladamente y finalmente identificar cuáles son aquellas actividades no agregan valor alguno a los productos, para eventualmente mediante diversas herramientas eliminarlas. El mapa de valor, es una herramienta visual la cual detalla mediante diferentes símbolos y mediciones los procesos productivos. Es una manera muy holística y gráfica de entender los diversos procesos, el flujo de la información, el flujo de los materiales, el tiempo de los procesos, los inventarios, entre otros al interior de una organización.
- 2.1.3.1 VSM Actual:** El mapa actual será un documento de referencia para determinar excesos en el proceso y documentar la situación actual de la cadena de valor. En este mapa podemos observar los inventarios en proceso e información para cada operación relacionada con su capacidad, disponibilidad y eficiencia. Además, proporciona información sobre la demanda del cliente, la forma de procesar la información del cliente a la planta y de la planta a los proveedores, la forma en la que se distribuye al cliente y la distribución por parte de los proveedores y finalmente se plasma la manera en la que se suministra la información a los procesos.
- 2.1.3.2 VSM Futuro:** El mapa de valor futuro presenta la mejor solución a corto plazo de la operación, tomando en cuenta las mejoras a ser incorporadas en el sistema productivo. El mapa futuro representa parte del plan de acción para implementar las herramientas lean, dada una situación previamente analizada.
- 2.1.4 Kaizen:** Con sus raíces japonesas, esta palabra significa mejora continua, aplicada en forma gradual y ordenada, que involucra a todas las personas en la organización, trabajando juntos para hacer mejoras, sin hacer grandes inversiones de capital. Es una forma poderosa de hacer mejoras en la organización, que está siendo practicada por las corporaciones líderes alrededor de todo el mundo. El Kaizen puede ser usado para mejorar el layout, la calidad, la ergonomía, el flujo del material, el servicio, los tiempos de preparación, el TPM, las 5'S; como se puede ver, es una metodología que abarca todas las áreas de la organización y que

puede llegar a ser de gran utilidad. Es vital en la implementación del VSMM pues dictaminan aquellos puntos donde es posible realizar mejoras sin importar los procesos.

- 2.1.5 SMED:** Por sus siglas en inglés (Single Minute Exchange Die). Cambios rápidos, esta metodología lo que busca es reducir al mínimo o volver externas el mayor número de operaciones y procedimientos requeridos para realizar cambios de moldes o montajes para un proceso. Se podría decir que es un evento o actividad de mejora en donde se logra el mejor aprovechamiento del tiempo mediante nuevas herramientas, estrategias o métodos que permiten producir mayor variedad de productos en el menor tiempo y con menos recursos. Es de vital importancia, pues puede lograr la reducción de inventarios de seguridad. Esta metodología busca en gran medida volver la mayor cantidad de operaciones internas en externas, para que estas se hagan por fuera de los tiempos de producción, previos al cambio de referencia de modo tal que el cambio de referencia afecte el tiempo productivo eficiente lo menos posible.
- 2.1.6 Manufactura Celular:** Manufactura celular es un concepto de fabricación en el que la distribución de la planta se mejora significativamente haciendo fluir la producción ininterrumpidamente entre operación y operación, reduciendo drásticamente el tiempo de respuesta, maximizando las habilidades del personal y desempeñando varias operaciones cada persona.
- 2.1.7 TPM:** Es una filosofía de gestión, que busca la eliminación de pérdidas al transformar los diversos procesos de la compañía, buscando la satisfacción de todos los miembros de la organización. Se compone de 8 pilares enumerados a continuación: Mejoras Enfocadas, Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planificado, Mantenimiento de la Calidad, Prevención del Mantenimiento, Áreas Administrativas, Educación y Entrenamiento y Seguridad y Medio Ambiente
- 2.1.8 Poka Yoke:** Una palabra japonesa, Poka-Yoke, significa a prueba de errores y evitar errores. De este modo, los errores se detectan en el origen y se evita que pasen al siguiente paso. El principio básico de la técnica es reducir el coste mediante la reducción del número de piezas defectuosas que pueden producirse durante el proceso de producción. Se prefiere el Poka-Yoke para la calidad en origen. Además, la técnica Andon que consiste en luces que hacen aparecer cuando se producen errores, también se utiliza. (Dogan & Yagli, 2020)
- 2.1.9 Trabajo Estándar:** La estandarización de trabajos y procesos se ha desarrollado en base a la filosofía kaizen. Para garantizar un flujo continuo, es necesario repetir los procesos con la misma calidad cada vez. Al utilizar el método de trabajo estandarizado de trabajo estandarizado para las tareas repetitivas, los empleados serán formados en los pasos de los procesos según las normas predeterminadas, lo que permitirá mejorar la calidad. Además, como los empleados saben exactamente lo que tienen que hacer, su satisfacción laboral y motivación aumentan. (Dogan & Yagli, 2020)
- 2.1.10 Kanban:** Su función principal es mejorar la comunicación (una tarjeta de instrucciones) entre los procesos, de modo tal que todos los miembros de la cadena productiva tengan

claro cuál es la tarea de producción, el volumen/cantidad del lote a producir, la metodología y herramientas a usar durante el proceso productivo.

- 2.1.11 LEAN Accounting:** Son mediciones esbeltas, que reemplazan las tradicionales de forma tal que se puedan identificar los impactos financieros de las mejoras lean. Es una mejor manera de entender el costo de los productos y el costo de la cada cadena de valor (Value Stream), permitiendo así tomar decisiones relacionadas con el precio y rentabilidad y también poder decidir entre comprar o fabricar. Es una manera de enfocar el negocio alrededor del valor creado por los clientes. La teoría de restricciones contribuye al esfuerzo de lean accounting
- 2.1.12 Solución de Problemas:** Son las diferentes metodologías usadas para dar trato a los problemas encontrados en el proceso productivo. Hay diversas metodologías para lograr este fin. Se promueve el trabajo en equipo, con miembros de áreas interdisciplinarias de modo tal que se logren soluciones definitivas a los problemas y estos no vuelvan a ocurrir. Una metodología usada por manufactura lean es la de las 8D's.
- 2.1.13 AMEF:** Detección temprana de las debilidades del producto/proceso, evaluar el riesgo y la definición de acciones que prevengan fallas.

2.2 OTROS CONCEPTOS

- 2.2.1 Producción Discreta:** La producción discreta es aquella basada en listas de materiales o ensambles y que permite interrumpirse en cualquier momento. No son necesarios los turnos de trabajo. Puede ser: repetitiva, no repetitiva o por proyecto. (Slack & Lewis, Operations Strategy Second Edition, 2008). El común denominador de este tipo de producción es que cualquiera de los productos tiene una lista de materiales, los cuales son llevados a diferentes operaciones para ser ensamblados y así elaborar un producto nuevo. Una de las cualidades de estos productos es que cada uno de los componentes pueden ser separados.
- 2.2.2 Lean Six Sigma:** Es un concepto evolucionado de Six sigma que se concentra en la mejora de procesos, pero enfocándose en soluciones prácticas claras y rápidas de implementar que surgen de un análisis "Lean" de procesos y actividades que agregan valor (Pepper & Spedding, 2010)
- 2.2.3 Value Stream Mapping (VSM):** El VSM es una demostración de todas las actividades de valor añadido y no valor añadido en los procesos utilizando un bolígrafo y un papel. VSM; una técnica que ayuda a determinar y comprender el flujo de recursos e información de un producto o servicio a lo largo del proceso. El objetivo del método es identificar las actividades que no añaden valor al producto de valor al producto o servicio a los ojos del cliente y mejorar el proceso eliminando los residuos. (Dogan & Yagli, 2020). Es el documento que resulta de cartografiar la cadena de valor de una familia de productos. A lo largo de este se van a observar las actividades por las que pasa el producto con una óptica que va a facilitar la eliminación de las causas raíz del despilfarro. En el VSM se representan tanto el flujo de materiales como el flujo de información y las relaciones que existen entre ambos. Es una herramienta sencilla que permite una visión panorámica de toda la cadena de valor.

Se trata de una herramienta cualitativa en la que los datos se emplean para crear sentido de urgencia. (Singh & Sharma, 2009) (Pepper & Spedding, 2010)

2.2.4 Value Stream Macro Mapping (VSMM): Es el documento que resulta de cartografiar completamente la cadena de valor al largo de toda la cadena de suministro. Identifica información de desperdicio de temas como inventarios, transportes excesivos, problemas de comunicación entre otros, con el fin de ser el punto de partida para poder tener una adecuada discusión entre todos los actores de la cadena de suministro, para buscar métodos que permitan la eliminación de dichos desperdicios. (Jones & Womack , 2012) (Fontanini & Picchi, 2004)

2.2.5 Cadena de Suministro: Es un subsistema dentro del sistema organizacional que abarca la planificación de las actividades involucradas en la búsqueda, obtención y transformación de los productos. Incluye la coordinación y colaboración de los socios del canal, o flujo de transmisión de los insumos o productos, sean estos proveedores, intermediarios, funcionarios o clientes. En cada etapa interesa la medición correcta del flujo para evitar mermas y desperdicios. (Slack & Lewis, Operations Strategy Second Edition, 2008)

2.3 CONCEPTOS RELEVANTES

2.3.1 Tiempo de Ciclo

2.3.1.1 Tiempo de Ciclo Individual: Es el tiempo que dura cada operación individual, como pintar una pieza, esmerilar, empacar. El tiempo de cada operación individual se puede dividir a su vez en elementos específicos, como tomar material, mover piezas, realizar ensambles, etcétera. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018)

2.3.1.2 Tiempo de Ciclo Total: Es el tiempo que duran todas las operaciones y se calcula sumando el tiempo de ciclo individual de cada operación en un proceso determinado. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018)

2.3.1.3 Tiempo Takt: Es la velocidad a la que compra el cliente y es el tiempo al que el sistema de producción debe adaptarse para satisfacer las expectativas del cliente. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018)

2.3.1.4 Tiempo de Valor Agregado: Es el tiempo que es usado para agregar realmente valor al producto final. (Singh & Sharma, 2009)

2.4 DEFINICIONES DE VALUE STREAM MAPPING (VSM) Y VALUE STREAM MACRO MAPPING (VSMM)

✓ Según Anup P. Chaple y Balkirishna E. Narkhede, Un flujo de valor consiste en todos los materiales e información necesarios para la fabricación de un producto concreto y en cómo fluyen a través del sistema de fabricación. El VSM se describe como una técnica utilizada para el diagnóstico, la implementación y el mantenimiento de un enfoque lean. El VSM es una potente herramienta que permite visualizar y comprender el flujo de material e información a

través de la cadena de valor. El objetivo principal de esta herramienta es reducir el tiempo entre la realización del pedido por parte del cliente y el momento de la entrega del producto. (Chaple & Narkhede, Value stream mapping in a discrete manufacturing: A case study, 2017)

- ✓ S. Vinodh, K.R. Arvind y M. Somanaathan publicaron un artículo para el JMTM en donde dicen que el VSM es el proceso de planear y enlazar iniciativas de manufactura esbelta a través de la captura sistemática de información y análisis. Resaltan que el VSM es un micro análisis a todo nivel del flujo de material e información a través de los diferentes niveles del proceso productivo. (Vinodh, Arvind , & Somanaathan, 2010)
- ✓ El libro Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa, va más allá del concepto del VSM e introduce un Nuevo concepto conocido como el VSMM (Value Stream Macro Mapping). Los autores dicen que este tipo de mapeo va más allá del flujo de procesos al interior de la empresa, este tipo de mapeo incluye las interacciones desde el cliente inicial hasta el cliente final. (Jones & Womack , 2012)
 - Ellos dicen que mediante el uso del VSMM se puede lograr la completa visualización de los procesos que componen la cadena de valor de familias específicas de productos.
 - También se logra la visualización combinada del flujo de material e información, lo cual permite entender la relación entre ambos y las causas que proporcionan interrupciones del flujo de los procesos.
 - Se logra la identificación de desperdicios en la cadena de valor.
 - Se logra la creación de un lenguaje común entre los miembros participantes de la cadena de valor.
 - Se posibilita la aplicación de conceptos y técnicas de manufactura esbelta al interior del VSMM, manteniendo una visión sistémica de las mejoras del flujo de procesos, y no la aplicación aislada de herramientas de mejora o agentes aislados con iniciativas aisladas y resultados limitados.
 - Se logra la creación de una base documentada (VSMM futuro y plan de acciones) para guiar y coordinar a todos los agentes involucrados en la implementación de la manufactura esbelta a través de la cadena de valor.
 - Se logra la posibilidad de describir cada agente del proceso a nivel cualitativo y cuantitativo, permitiendo la comparación de resultados entre el mapeo actual y el mapeo futuro.

Los autores terminan por decir que el VSMM es una herramienta que ayuda a identificar los desperdicios en información y flujo de materiales a través de los agentes de la cadena de suministros tales como inventarios, excesos de transportes, problemas de comunicación entre otros. Es este tipo de identificación el que apunta a ser el punto de inicio para una discusión entre los agentes involucrados de modo tal que se pueda eliminar los desperdicios a lo largo del flujo de suministro. (Jones & Womack , 2012)

Sin embargo, quizá la mejor característica que tiene el VSMM es que permite a todos los miembros involucrados en la cadena (accionistas, clientes, obreros, ingenieros y administradores), visualizar y entender todo el proceso productivo, diferenciar cuales son realmente aquellos procesos que agregan valor al proceso productivo y diferenciarlos de

aquellos que no (desperdicios), y crear así un plan de acción que permita la reducción de dichos desperdicios.

Los VSMM's se realizan en dos operaciones o tipos: **VSMM Actual y VSMM Futuro**.

El VSMM Actual es una fotografía instantánea del proceso productivo tal y como es al momento de comenzar un proyecto de esta índole. Este VSMM Actual, da paso a futuras mejoras y diversas actividades que promueven la eliminación de desperdicios; esto se conoce como el VSMM Futuro.

2.4.1 Aspectos básicos de un VSMM

Un VSM se divide en tres secciones:

- Flujo de proceso
- Flujo de información
- Líneas de tiempo y distancias de viaje

A continuación, se realiza una descripción detallada de estas secciones

2.4.1.1 Flujo de proceso

Es tradicionalmente asociado a un flujo grama. Para este caso de estudio, se cuenta con un flujo grama medianamente organizado y preestablecido, sin embargo, en ocasiones es normal encontrar procesos que no tengan un flujo grama previo al comienzo de la elaboración del VSM.

Este flujo de proceso se debe dibujar de izquierda a derecha, nunca debe girar o regresar al principio. Aquellas sub-labores o tareas en paralelo se dibujan de la misma manera, pero por debajo del flujo de proceso principal. Esto se hace con el fin de permitir a todos los actores del proyecto identificar las tareas principales y secundarias al igual que identificar caminos opcionales. Con el fin de socializar ideas que permitan la eliminación/reducción de desperdicios y el mejoramiento del proceso. Se ilustra este flujo de proceso en la figura 1:

2.4.1.2 Flujo de información

Esta es la forma como se mapea desde donde y para donde va la información durante la duración del proceso productivo. El VSMM muestra que tan formal o informal es este tipo de información al igual que los métodos o medios usados para tal fin.

Es aquí donde muchos de los desperdicios son encontrados, y muchos otros deben ser encontrados, pues se debe resaltar que aquella información y procesos que no agreguen valor alguno al proceso deben ser eliminados o reducidos.

La información, generalmente va en sentido derecho – izquierdo, en el mapa, o sea, del cliente al proveedor. Sin embargo, no hay una regla que impida que la información vaya en cualquier sentido.



Fuente: <https://www.calidadcuyo.com.ar/wp/wp-content/uploads/Mapa.jpg>

Gráfico 1: Características del VSM

2.4.1.3 Líneas de tiempo y distancias de viaje

La parte inferior del VSM, viene acompañada quizá de la información más importante de todas en el VSM. Se muestran líneas de tiempo superiores e inferiores. Las líneas superiores muestran el "lead time" del proceso, mientras que las líneas inferiores muestran el tiempo total de ciclo.

El lead time, demuestra que tan largo toma en promedio mover todo el material existente o trabajo hasta su completación. La cantidad de trabajo encontrado entre cada proceso es documentada en la línea de tiempo, esto se hace, según la duración del proceso, en segundos, minutos, horas, días o meses. La sumatoria de estos tiempos da como resultado el "lead time" del proceso.

El tiempo de ciclo, es la cantidad de tiempo que se requiere para llevar a cabo cada paso del proceso productivo. Su sumatoria da como resultado el tiempo total de ciclo.

En algunos casos, se incluye otra línea en el VSM. Esta línea es conocida como la distancia recorrida a lo largo del proceso. Solo debe ser utilizada para medir movimientos físicos más no electrónicos. Lo que se busca en muchos casos con esta medición es identificar cuáles son aquellos desplazamientos que se puede reducir o eliminar de modo tal que se optimice el proceso.

2.4.2 El VSMM y sus símbolos

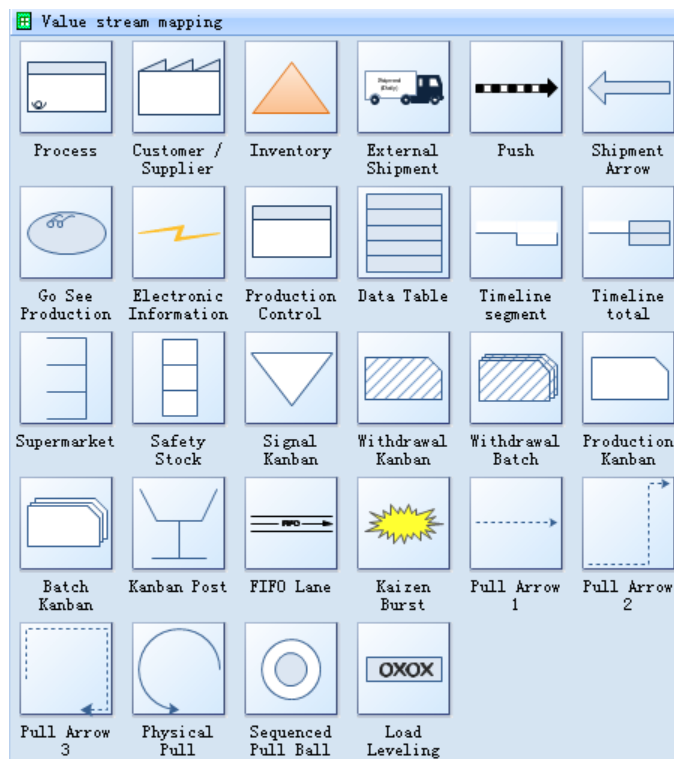
El VSMM como cualquier otro tipo de gráfica o flujo grama, usa una serie de símbolos que permiten a todos aquellos quienes miren este gráfico, obtener una mejor idea de los procesos de una manera más didáctica y fácil de entender. Después de todo, el VSMM es usado por todos los miembros de la organización donde este se realice, y en muchas ocasiones muchas de las personas quienes miran este, no tienen idea de producción o la terminología usada comúnmente en esta disciplina.

La información del VSMM y sus símbolos, se dividen entre grupos y estos son, generalmente ubicados en tres segmentos.

- Procesos, entidades, inventarios e información asociada
- Flujo, comunicación, señales y marcadores
- Personas y método de transporte

Los íconos asociados a la comunicación, generalmente aparecen en la parte superior del VSMM. El flujo del proceso aparece en la parte del medio y como se dijo anteriormente, este siempre va de izquierda a derecha. Por otro lado, las líneas de tiempo y las distancias viajadas van en la parte inferior del VSMM.

En el gráfico 2 se muestran los símbolos más usados durante la creación y desarrollo de un VSMM. Sin embargo, se debe resaltar que, aunque hay datos y símbolos muy estandarizados, el VSM/VSMM acepta la creación de nuevos símbolos, si con esto se logra un mejor entendimiento del mismo.



Fuente: <https://www.edrawsoft.com/images/examples/valuestreamshapes.png>

Gráfico 2: Símbolos del VSM

2.5 Modelos y Metodologías para la elaboración del VSM

Uno de los desafíos más grandes que se enfrenta cuando se están realizando tareas de mejoramiento continuo, es determinar donde enfocarse y cuando comenzar en un proyecto de mejoramiento.

Mark A. Nash y Sheila R. Poling en su libro Mapping the total value stream presentan dos alternativas o metodologías para mapear la cadena de valor. La primera es usar la aproximación de la matriz de producto, la segunda es la metodología de un mapeo rápido de los conceptos básicos y luego complementar el mapa de ser necesario. (Nash & Poling, 2008)

2.5.1 Modelo de matriz de producto

Este modelo, lo que busca es detallar con gran definición cada uno de los procesos a ser mapeados. Quizá la mejor característica de esta metodología es lo mucho que simplifica la fabricación del VSM como tal.

Esta metodología realiza varios tipos de matriz los cuales detallan en mayor grado lo que se puede mapear. Estas matrices son:

2.5.1.1 Matriz de procesos de producción

Esta matriz muestra un listado de todos los productos manufacturados por la compañía, o subgrupos de estos productos para los cuales el mapeador cree que son parte de la cadena de valor.

Para lograr esto, lo que se hace es que se listan todos ítems que son parte de una familia de productos los cuales son manufacturados en una línea o célula de manufactura. A región seguido, se listan todas las operaciones que se deben desarrollar para poder obtener dichos productos. Ver Gráfico 3 para un ejemplo de la matriz, en esta misma se deben categorizar por orden de importancia cuales son aquellos procesos primarios, secundarios, terciarios, etcétera, al igual que producto que son altamente similares (70% de las operaciones son las mismas), para agruparlos por familias.

Product Matrix with Value Streams Identified

Task \ Product	Motor Seal	Shaft Insertion	Spacer Placement	Cord Hang	Case Close	Seal	LED	Test	Package	Band Insertion	Cable Insertion	Switch Connect
AB-13402	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
HF-10110	X			X	X	X	X	X	X			X
AB-15300		X	X	X	X			X	X			
MP-20000		X	X	X	X			X	X	X		
MP-30001		X	X	X	X			X	X		X	
HC-99955				X	X		X	X	X			X
HC-88776				X	X		X	X	X			X

Fuente: Mapping the total value Stream

Gráfico 3: Matriz de producto

2.5.1.2 Matriz de procesos traslacionales

Esta matriz lo que busca es reunir o identificar aquellas operaciones de complemento o de apoyo a los procesos productivos. Esta matriz mapea aquellas operaciones que permean la organización a lo

largo y que influyen de manera indirecta la creación de cada uno de los productos. Se puede decir que son procesos de servicio o soporte.

Lo más importante es que no se confundan procesos traslacionales con procesos de producción ya que muchas veces tenemos procesos traslacionales que se interpretan como procesos productivos.

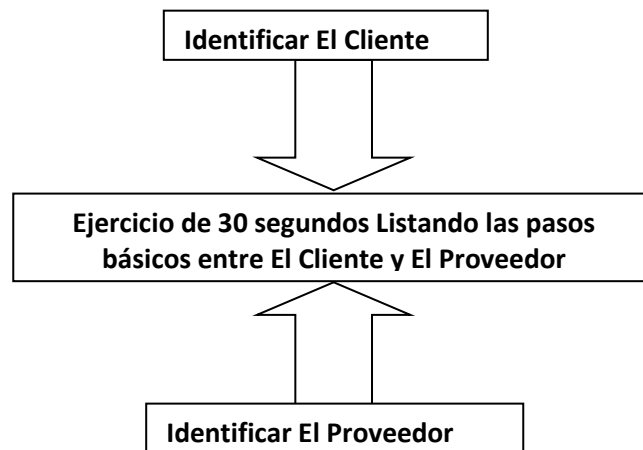
2.5.2 Modelo de mapeo rápido o “alistar, apuntar, disparar”

Este modelo lo que busca es adaptarse más a la mentalidad de Taiichi Ohno que se basa en una aproximación más proactiva, una mentalidad de hacer rápidamente las cosas.

La filosofía se basa en hacer 3 ejercicios, en donde se les pregunta a los miembros del equipo de mapeo que identifiquen el cliente y el proveedor y que listen los pasos básicos entre estos.

Los primeros dos ejercicios duran máximo 5 minutos y lo que se pretende en ellos es identificar el cliente y el proveedor sin importar que estos sean internos o externos.

El tercer ejercicio es una ronda relámpago de 30 segundos en donde se le explica a los participantes que la idea es listar en ese corto período de tiempo para listar todos los pasos básicos requeridos en la cadena de valor para llegar desde al proveedor hasta el cliente. Debido al corto tiempo del ejercicio no se admite ningún tipo de discusión o explicación. Ver gráfico 4.



Fuente: Propia

Gráfico 4: Ejercicio Relámpago

Esta metodología a pesar de no ser tan detallada en principio como la matriz, si tiene una gran ventaja, la de la inmediatez. Esta metodología, permite comenzar rápidamente a mapear los diversos procesos, incluye a un buen contingente de los diversos miembros de la organización y de cierta manera permite atacar rápidamente los puntos de mejora, cambiar percepciones sobre lo que realmente agrega y no agrega valor al producto final, concientizar a todos los involucrados en los procesos de la vitalidad de cada uno de ellos y de cómo cada paso afecta de manera positiva o negativa el paso siguiente.

2.5.3 Modelo “Socconini”

Para Luis Socconini en su libro Lean Manufacturing paso a paso, la mejor manera de realizar el VSM es mediante los siguientes pasos:

- Establecer familias de productos:

Se enlistan todos los números de parte y se indican las operaciones por las que pasa un producto, al igual que se detallan los tiempos de ciclo.

Una familia es un grupo de números de productos que pasan por el mismo número de operaciones y cuyo tiempo total agregado no excede a 30% sobre el rango. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018)

- Crear mapa de valor actual

Para poder crear el mapa de valor actual, se requiere recoger diversos tipos de información, incluyendo flujos de información, sentidos de flujo de las mismas, identificar todas las operaciones que agregan y no agregan valor al producto final, entre otros. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018)

- Detallar operaciones

Se determinan tiempos de ciclo, disponibilidad de equipos, tiempos de cambio de producto en cada operación, determinar inventarios entre procesos, conocer demanda de los clientes, determinar cómo se preparan pronósticos de compra, comprender y dibujar la secuencia de flujo del proceso y la información, sumar los plazos de cada proceso y de cada triángulo de inventario en el flujo de material, sumar el tiempo de cada proceso de valor agregado. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018).

- Dibujar mapa actual

- Para dibujar el mapa actual se debe comenzar colocando todos los símbolos adecuados en el lugar adecuado, se identifican los clientes, los proveedores, los sentidos de flujo, el control de producción.
- Se dibujan los transportes de los proveedores y se detallan el tipo de transporte, (Avión, Barco, Camión, Etcétera).
- Se dibuja la secuencia de las operaciones estableciendo el tiempo de cada operación, el tiempo de cambio de producto, la disponibilidad de los equipos, el tiempo disponible y los inventarios en proceso.
- Se conecta la fábrica de la información con la de los productos mediante las flechas que indican que el programa de producción se realiza para cada operación.
- Se integra todo el mapa y se evalúa el tiempo que agrega valor. Se pone en la parte inferior del mapa los picos y los valles. En los valles se coloca el tiempo que agrega valor y en los picos se colocan los tiempos que no agregan valor.

- Se calcula el tiempo takt.

(Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018)

- Crear mapa de valor futuro
 - Se desarrolla un flujo continuo tratando de poner las operaciones una inmediatamente después de la otra.
 - Se introducen supermercados para aquellas operaciones que no se puedan juntar y así unir flujos discontinuos.
 - Se proponen eventos kaizen para mejorar los procesos.
 - Se dibuja el mapa de estado futuro.
 - Se dibuja el plano de la planta en el estado futuro.

(Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018)

- Realizar mejoras mediante eventos kaizen
 - La idea de los eventos kaizen es obtener mejoras a todo nivel a lo largo de la cadena productiva, buscando la reducción de los siete tipos de desperdicios.
 - Esto se logra mediante la implementación de las diferentes metodologías de mejoramiento de la producción japonesa como lo son: SMED's, JIT's, Manufactura Celular, 5'S, TPM, Kanban, Poka –Yoke, Andon y todas las otras metodologías que puedan aplicar.

(Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018).

2.5.4 Metodologías Prácticas

Jordi Fortuny Santos, Lluís Cuatrecasas Arbós, Oriol Cuatrecasas Castellsaques y Jorge Olivella Nadal resaltan con su artículo Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales lo siguiente:

Lean Manufacturing es una tendencia que ha venido ganando fuerza con el pasar de los años. También es bien es claro que para su implementación se requieren muchos ajustes al interior de las organizaciones y el desarrollo de diversas actividades que permitan hacerlo. Una de estas actividades neurálgicas es la elaboración del VSM/VSMM. Es gracias al VSM/VSMM que se pueden identificar oportunidades de mejora que lleven a la implementación de diversas metodologías LEAN y otras, que finalmente ayuden a reducir los siete desperdicios. (Fortuny Santos, Cuatrecasas Arbós, Cuatrecasas Castellsaques, & Olivella Nadal, 2008)

Los autores proponen una metodología bastante acertada para empresas de tamaño mediano. Esta metodología tiene una gran ventaja y es que ya ha sido aplicada con éxito en empresas españolas y por consiguiente los resultados no son teóricos ni se trabaja con suposiciones.

Para poder implementar esta metodología con éxito, los autores sugieren que es necesario tener un responsable quien tenga autonomía de gestión. Esto con el fin de poder garantizar la toma de

decisiones de un modo ágil sin estar supeditado en los temas operativos a las políticas globales de una empresa matriz.

Aunque la gestión lean también se aplica en empresas de servicios, la metodología que nos proponen los autores para este caso concreto es más orientada a la producción manufacturera.

Los autores reseñan tres metodologías las cuales tienen varias similitudes y por consiguiente se usan como punto de partida para la formulación de esta nueva metodología.

Para lograr una implantación exitosa, los autores hacen un gran énfasis en la necesidad de capacitar adecuadamente al personal, lo cual en el largo plazo facilitaría la implementación de cambios y de cierta manera generar una especie de sinergia en pro del cambio.

En la tabla 1 se comparan los tres métodos de referencia considerados, respetando la terminología original.

Lo que los autores buscan con esta metodología es implantar un sistema productivo, al mínimo coste y con la calidad debida, que opere sobre la base de los pedidos de sus clientes (enfoque pull que ajusta la producción a la demanda), para lo cual debe ser flexible y de respuesta rápida. Cabe resaltar que la flexibilidad y prontitud en la entrega es quizá una de las cualidades más valiosas en las empresas de transformadores y de ahí la relevancia de esta metodología propuesta de este documento. Es aquí donde el mapeo de valor cobra vital importancia y se convierte en parte fundamental de esta metodología, pues es necesario:

1. Eliminar aquellas operaciones que no agreguen valor. Esto se logra:
 - No produciendo más de lo estrictamente necesario.
 - Mejorando diseños, organización y la manera de trabajar.
 - Reduciendo los inventarios de producto en proceso, para ello:
 - Trabajando en lote pequeños
 - Mejorando el funcionamiento en los cuellos de botella
 - Equilibrar las tareas entre el personal productivo.
 - Sincronizar las operaciones en el proceso.
 - Reducir las esperas:
 - De materiales que esperan procesarse.
 - De las personas o equipos, debido a preparaciones de máquinas excesivamente largas, falta de suministros o falta de sincronización con otras operaciones.
 - Reducir los transportes y movimiento de personal al mínimo, haciendo redistribuciones de planta donde sea necesario y reduciendo el tamaño de los lotes a transportar, de modo tal que se eviten esperas, problemas de calidad y accidentes laborales.
 - Eliminar los problemas de calidad de raíz para que no se repitan.
- (Fortuny Santos, Cuatrecasas Arbós, Cuatrecasas Castellsaques, & Olivella Nadal, 2008)

LEAN THINKING WOMACK Y JONES (1996),	MANUAL DE LA LEAN AEROSPACE INITIATIVE HINES Y TAYLOR (2000)	GOING LEAN CRABILL ET AL., (2000)
<p>1. Arrancar.</p> <p>2. Encontrar un agente del cambio (líder). Procurarse el conocimiento. Encontrar una palanca aprovechando la crisis o creando una. Olvidar por el momento la estrategia excelente. Cartografiar sus flujos de valor. Empezar tan pronto como sea posible con una actividad importante y visible. Exigir resultados inmediatos. Ampliar el campo de acción, tan pronto haya tomado impulso.</p> <p>3. Crear una nueva organización.</p> <p>4. Poner en práctica sistemas de explotación.</p> <p>5. Concluir la transformación.</p>	<p>Fase 0. Adoptar el paradigma lean.</p> <p>0-1. Construir la visión (algunos directivos senior).</p> <p>0-2. Establecer la necesidad.</p> <p>0-3. Adoptar el pensamiento <i>lean</i> (todos los líderes claves).</p> <p>0-4. Comprometerse (primer ejecutivo y su superior corporativo, si lo hay).</p> <p>0-5. Conseguir la adopción por los directivos senior.</p> <p>Fase 1. Preparar.</p> <p>Fase 2. Definir el valor.</p> <p>2-1. Definir la amplitud de la implantación inicial (un proceso o una parte de un proceso).</p> <p>2-2. Definir al cliente.</p> <p>2-3. Definir el valor para el cliente final.</p> <p>Fase 3. Identificar la cadena de valor.</p> <p>3-1. Registrar la actual cadena de valor (pasos y sus métricas).</p> <p>3-2. Dibujar los flujos de producto y de información (tiempos y distancias).</p> <p>3-3. Dibujar los movimientos de los operarios (secuencia, tiempos y distancias).</p> <p>3-2. Dibujar los movimientos de herramientas (secuencia, tiempos y distancias).</p> <p>3-3. Recopilar datos de base (costes, tiempos, calidad).</p> <p>Fase 4 – Diseñar el sistema de producción.</p> <p>4-1. Desarrollar la cadena de valor futura.</p> <p>4-2. Definir el <i>takt time</i>.</p> <p>4-3. Revisar las decisiones de fabricar o comprar.</p> <p>4-4. Planificar una nueva disposición.</p> <p>4-5. Incorporar a los proveedores.</p> <p>4-6. Diseñar sistemas visuales de control.</p> <p>4-7. Estimar y justificar costes.</p> <p>4-8. Planificar el sistema de mantenimiento (TPM)</p> <p>Fase 5. Implementar la producción basada en el flujo.</p> <p>Fase 6. Implementar el sistema <i>pull total</i>.</p> <p>Fase 7. Luchar por la perfección.</p>	<p>1. Análisis del desperdicio.</p> <p>2. Determinación de la dirección.</p> <p>3. Análisis de la perspectiva general.</p> <p>4. Mapa detallado</p> <p>5. Implicación de proveedores y clientes.</p> <p>6. Comprobar que el plan sigue la dirección prevista y conseguir apoyo.</p>

Fuente: Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales

Tabla 1: Esquema de otras metodologías y elementos a aplicar

- Introducir flexibilidad para adaptar la producción a una demanda fluctuante, eliminando excesos de producción y existencias.

Conseguir esta flexibilidad depende de:

- Distribuir los procesos de una manera que permita fácilmente cambios de referencia o diseños, siempre y cuando la maquinaria y los procesos así lo permitan sin afectar la calidad.
- La facilidad con que los equipos productivos pueden cambiar de modelo de producto o de nivel de producción.
- La polivalencia del personal, para poder cambiar la asignación de tareas.

Para lograr los planteamientos y objetivos propuestos, se debe tener un sistema de producción ajustado altamente eficiente y competitivo, el cual debe contar de las siguientes fases (Gráfico 5): (Fortuny Santos, Cuatrecasas Arbós, Cuatrecasas Castellsaques, & Olivella Nadal, 2008)



Fuente: Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales

Gráfico 5: Esquema de las fases de la metodología propuesta

- **Recogida de datos.** Es uno de los puntos más importantes, pues la veracidad y exactitud de los datos garantizan la seriedad de este ejercicio y en alto grado es proporcional al éxito o fracaso de la metodología. Es vital en esta parte del proceso detallar información relacionada a los productos (referencias, componentes, cantidades...) y los procesos (operaciones, equipos, capacidad, tiempos). Se debe analizar, también, la demanda efectiva, producto a producto, para poder evaluar el ritmo de producción necesario.
- **Formación en lean manufacturing.** Junto con la fase 1 se realizan actividades de formación del personal que participará en la implementación de esta metodología. Los aspectos principales a tratar son:
 - Objetivos y aspectos clave del lean manufacturing como los conceptos de valor y flujo de valor o el enfoque pull de la producción.
 - Aprender a analizar las operaciones y su flujo, detectando despilfarros, con la ayuda de paneles de control de la producción.
 - Aspectos operativos de la implantación de la producción ajustada: un flujo regular basado en el equilibrado de puestos de trabajo y la complicitad y movilidad del personal.

- Aprender a representar el proceso y su flujo por medio del value stream map (VSM). (Hines & Rich, 1997)
- **Análisis de las operaciones y su flujo.** Usando la información recopilada en un diagrama de flujo se hace un análisis puntual sobre el valor que aportan las diversas operaciones a cada uno de los componentes de los productos.
- **Trazado del value stream map actual.** En esta etapa se grafica toda la información recogida y analizada hasta el momento. Esta gráfica hace las veces de punto de partida y ayuda a dictaminar las posibles mejoras a los diversos procesos. El VSM es visualizado a través de los flujos de producto, materiales e información.
- **Fase central de estudio y diseño.** En esta etapa se deciden los distintos cambios a realizar a los procesos, tomando como referencia el VSM. Esta fase incluye:
 - Nuevo layout de la planta de producción, el cual determine las nuevas ubicaciones que permitan reducir recorridos de personas y materiales.
 - Reorganización de tareas en los diversos puestos de trabajo, eliminando aquellas que no agreguen valor, reduciendo las esperas y los desplazamientos innecesarios.
 - Balanceo de líneas, esto con el fin de eliminar cuellos de botella, ajustando la demanda productiva para aquellas operaciones que tienen tiempos de sobra y para aquellas que están alcanzadas.
- **Trazado del value stream map futuro.** Básicamente lo que se busca en esta fase, es plasmar todas las posibles oportunidades de mejora mediante eventos kaizen a los problemas u oportunidades de mejora observados en el VSM actual. Estos eventos kaizen afectarán positivamente el funcionamiento de los diversos procesos de la organización, reduciendo tiempos, transportes, defectos, inventarios y cualquier otro tipo de desperdicio en general. La palabra clave en esta fase es: “Mejora continua”
- **Fase de implantación final.** Con la información recopilada de los análisis al VSM actual y el planteamiento de un VSM futuro, se determinan entonces definitivamente los flujos de materiales, trabajadores, lotes de producción, elementos de transporte e información, para los distintos niveles de producción (cada uno con su takt time), no sin olvidar parámetros como tiempo de proceso total, existencias de productos semielaborados, espacio ocupado y productividad. El VSM permite la implementación de todo tipo de ayudas, como lo son por ejemplo las ayudas visuales como las etiquetas Kanban. Lo que se pretende con esta metodología es un flujo regular para los procesos, avanzando el producto en pequeños lotes o unidad a unidad. Es claro que esto es un cambio bastante radical e incluso cultural al interior de la organización, y lo más seguro es que no se logre en el primer intento. Gracias a estos cambios e implementaciones se lograrán reducción en los inventarios a un mínimo, representando ahorros significativos para la organización, igualmente, la operación que marca el ritmo del proceso (pacemaker) irá acercándose al inicio del proceso completo. Esta séptima fase concluye con la asignación de espacios para almacenamiento, entradas y salidas de material y rutas de reaprovisionamiento y la definición de la cantidad y capacidad de los medios de transporte y los tiempos de **almacenamiento**.

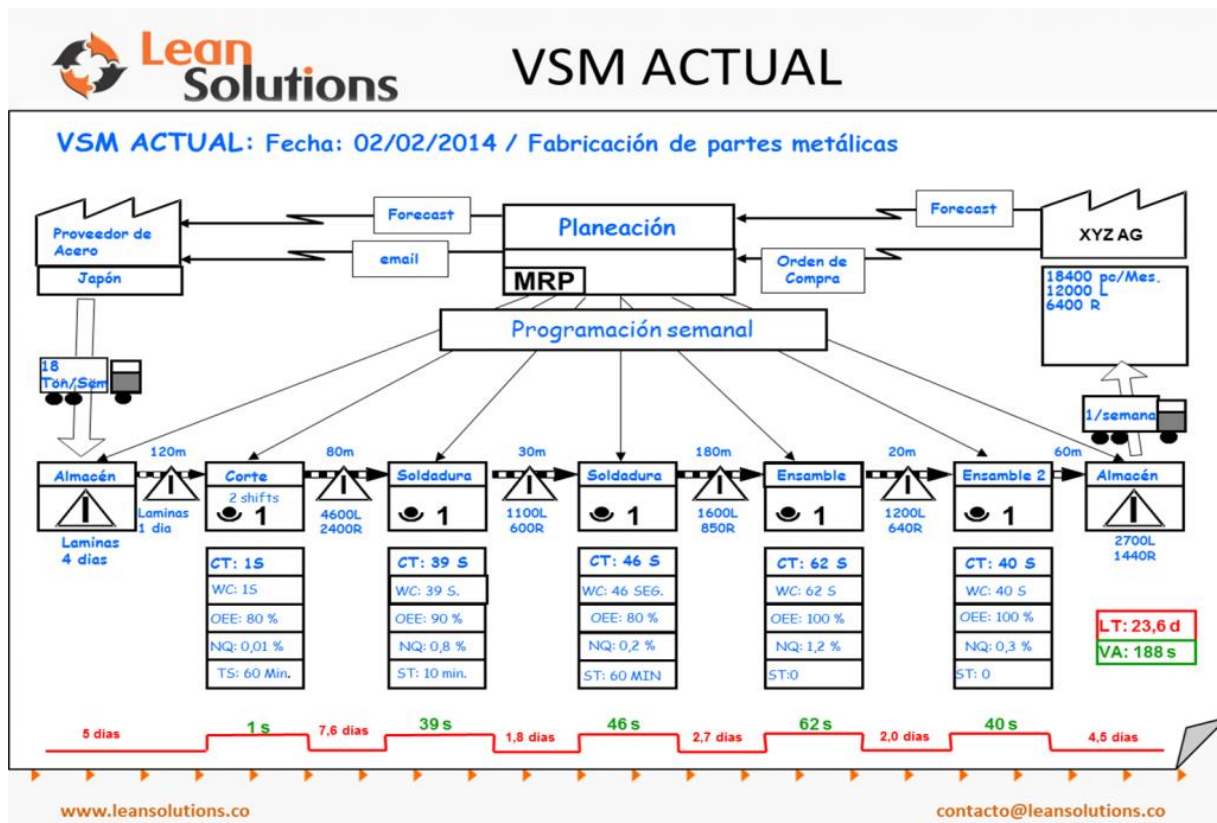
2.5.5 Modelo para la elaboración de un VSM básico

Rother and Shook en su libro learning to see (2009) proporcionan 8 pasos básicos y algunas sugerencias en la elaboración de un VSM, los cuales facilitan altamente esta actividad.

Este sistema lo que hace es enfocarse en los tiempos y flujos de procesos a lo largo de la organización, incluyendo los inventarios al comienzo de cada proceso. Una vez construido dicho mapa, busca eliminar desperdicios y optimizar los procesos mediante la transformación y/o modificación de algunos procedimientos, maquinaria, inventarios, incluso hasta ubicaciones entre otros. Su elaboración se logra mediante los siguientes pasos.

Pasos para elaborar un VSM:

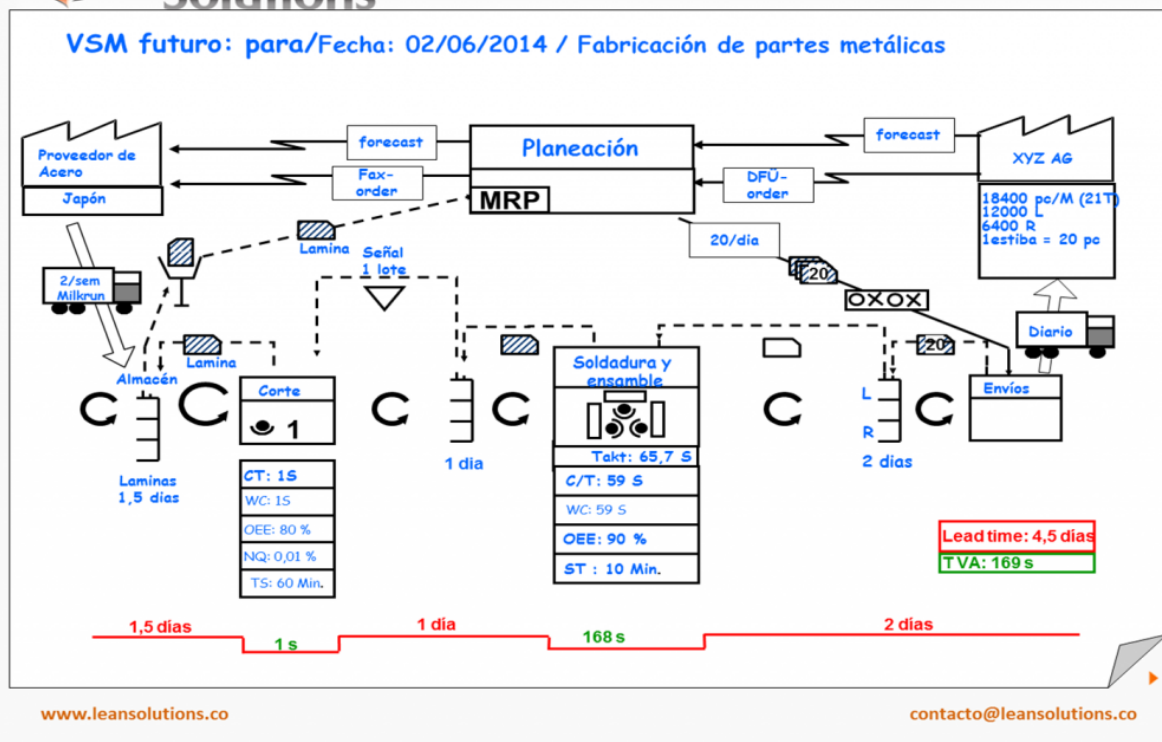
1. Escoger un patrocinador (cliente y/o responsable) y fijar las expectativas.
2. Seleccionar el equipo de apoyo.
3. Seleccionar el proceso a ser mapeado.
4. Recolectar la información y generar el VSM actual.



Fuente: <https://leansolutions.co/wp-content/uploads/2019/02/VSM-Actual.png>

Gráfico 6: VSM actual

5. Criticar el estado actual.
6. Mapear el estado futuro.



Fuente: <https://leansolutions.co/wp-content/uploads/2019/02/VSM-futuro.png>

Gráfico 7: VSM Futuro

7. Crear un plan de acción y comenzar e implementarlo.
8. Medir los beneficios.

Consejos al momento de hacer el mapeo de valor

1. Recolectar la información actual mientras se camina por los pasillos por donde el material y la información fluyen.
2. Hacer un rápido recorrido puerta a puerta a lo largo de la cadena de valor.
3. Comenzar por el final del proceso productivo y trabajar hacia atrás.
4. Quien hace las mediciones debe tener su propio cronómetro y no se debe basar ni confiar en cualquier otra información que no haya sido medida por el mismo.
5. El líder debe ser quien haga el mapeo completo.
6. Siempre dibujar a mano y con lápiz.

2.5.6 Modelo para construir un Macro Mapa de Valor (VSMM)

Mark A Nash y Sheila R Poling en su libro Mapping the total value stream detallan los pasos básicos e información primordial requerida al momento de hacer un mapeo.

Primero que todo resaltan la importancia de identificar como el flujo de valor realmente opera, o sea no basarse en estimados teóricos, sino más bien en analizar cómo se comportan los procesos en el mundo real.

Es igualmente importante resaltar la importancia de hacer el mapeo de modo tal que cualquiera los pueda leer y entender. Sin embargo, quizá el aspecto más importante de todos es el de realizar el mapeo de una manera lo más clara, estandarizada y ordenada posible.

Para entender a que se parece el flujo de proceso realmente se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: (Nash & Poling, 2008)

Capturando el flujo principal de proceso

- Documentar la manera como REALMENTE opera el flujo de valor.
- Dibujar el mapa de modo tal que sea entendido por cualquiera.
- Enfocarse primero en el flujo principal.
- Usar papel y lápiz.
- Analizar el proceso comenzando por el final.

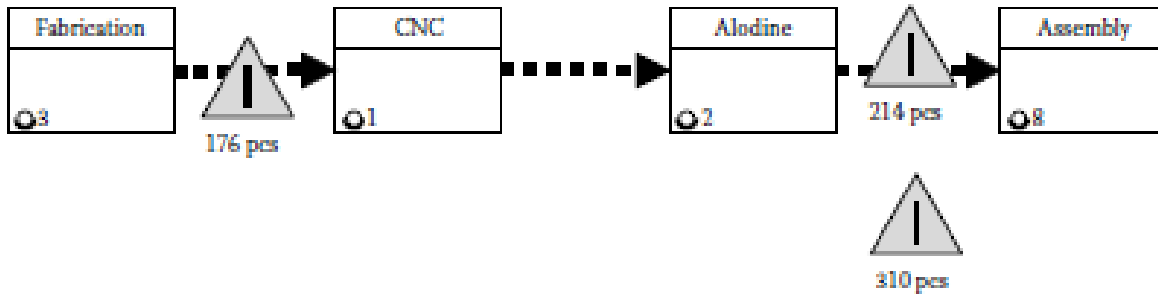
Fuente: Mapping the total value Stream

Gráfico 8: Aspectos básicos para capturar el flujo principal

Nuevamente al igual que en el modelo anterior, los autores resaltan la importancia de caminar el proceso productivo para poder tener una mejor visión de los procesos y de esta manera obtener un VSM real y lo más detallado posible.

Durante este recorrido, es muy importante hacer un listado de los factores claves en la generación de flujo. Información como donde comienza el flujo, donde termina, como se mueven los productos entre procesos, donde se encuentran los inventarios y donde está localizado el personal, es el tipo de información que se debe registrar.

Una vez se tiene toda esta información lo más detallado posible se procede a unir dicha información y comenzar como tal el proceso de mapeo.



Fuente: Mapping the total value Stream

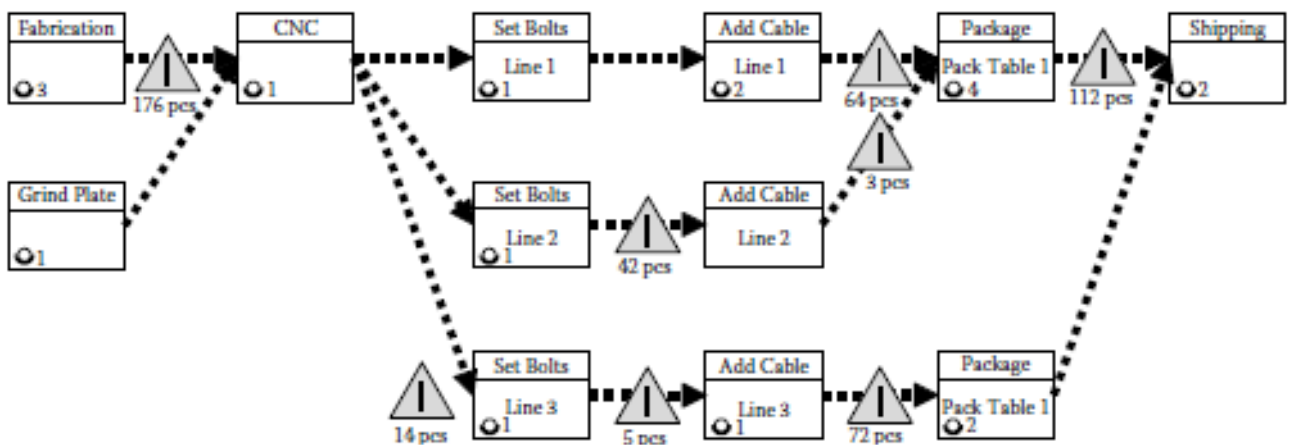
Gráfico 9: flujo de procesos, inventarios y operarios

Otro aspecto importante a tener en cuenta en los mapeos de valor son las subtareas y flujos paralelos.

En el caso de las subtareas, estas se identifican como puntos en el mapa que se encuentra desconectados del flujo principal de los procesos. Por lo general tienden a ser procesos que proporcionan partes o componentes al proceso principal, se podría decir que son “alimentadores”.

En el otro caso, los flujos paralelos, son aquellas oportunidades durante el proceso donde hay múltiples opciones que se pueden escoger. También aplica para aquellas ocasiones en donde varios procesos son completados simultáneamente a lo largo de diferentes caminos, pero que posteriormente se encuentran en un mismo punto del proceso productivo.

El real desafío en estos casos es aprender a identificar cuando se deben seguir estos caminos y cuando no.



Fuente: Mapping the total value Stream

Gráfico 10: Mapeando Sub-Tareas y Flujos Paralelos

Finalmente, los autores destacan la importancia de tener alineados tanto vertical como horizontalmente todas las cajas de proceso. Todo esto con el fin de hacer de mapa algo más agradable y fácil de entender. Un mapa bien alineado, permite identificar inmediatamente el flujo principal del proceso, al igual que permite calcular lead times y pilas de inventario o trabajo represado.

Para completar el VSMM es finalmente importante trabajar al principio y final de la cadena, pues es aquí donde se tienen en cuenta no solo a los proveedores, sino también el trayecto o transcurso hasta el cliente final. Este análisis al principio y a al final de la cadena de suministro, permite encontrar oportunidades de mejora, reducción en los tiempos de tránsito de mercancías y materias primas críticas, aumentar la rotación del inventario, sin afectar la calidad ni las entregas, en fin, todo un conjunto de situaciones que como el VSM en si mejoran los procesos y reducen los desperdicios.

2.6 REFERENTES EMPRESARIALES RECIENTES

Cada vez más, los sistemas productivos se deben volver más eficientes, productivos y rentables. Es por este motivo que temas como la reducción de inventarios, evitar paros innecesarios en las máquinas, mejorar los tiempos de entrega garantizando la calidad y precios competitivos, se vuelven cada vez más importantes al interior de las empresas, de modo tal que puedan permanecer vigentes en los mercados y penetrar nuevos mercados, más aún hoy cuando se tienen economías tan globalizadas y competidas.

Por lo tanto, la implementación de sistemas de producción más eficientes ha llegado a ser un factor que se debe marcar como algo primordial por implementar en las plantas productivas. Sin embargo, ya no es suficiente con implementar sistemas tradicionales o unidireccionales, ahora se deben implementar metodologías mucho más holísticas, más envolventes, metodologías que permeen las instituciones desde las más altas orbes hasta el rincón más remoto de la misma.

Manufactura LEAN es dicha metodología. Esta metodología permite a las organizaciones reunir las mejores prácticas de mejoramiento de la producción y fusionarlas en una sola. Es una manera de trabajar y hacer las cosas diferentes al interior de la organización.

Uno de los elementos claves para esta metodología, es el VSMM. Este permite hacer una evaluación de la organización y detectar posibilidades de mejora. El VSMM se ha venido extendiendo en el mercado de la manufactura, ahora no solo en el sector automotriz como es generalmente el caso, si no también en sectores como el metalúrgico, hospitalario, de microcomponentes entre otros. A continuación, se mencionarán algunas de estas empresas para tratar de mostrar lo importante de esta metodología para diversos sectores productivos y como ha ayudado en la mejora de los procesos.

2.6.1 Casos de Estudio

2.6.1.1 Empresa Manufacturera de Transformadores

Anup P. Chaple y Balkrishna E. Narkhede en su artículo Value stream mapping in a discrete manufacturing: A case study, Narran muy detalladamente la importancia y beneficios de usar el

mapeo de valor en una empresa de fabricación de transformadores tal y como ocurre para la empresa caso de estudio de esta tesis.

Los autores comienzan por resaltar la necesidad que tienen las empresas de este tipo por mejorar sus procesos productivos mediante la implantación de Lean lo cual permita a la empresa reforzar las distintas etapas que conducen a la excelencia operativa, la mejora continua y la eliminación de las actividades que no añaden valor, con el fin de ofrecer productos de alta calidad a precios asequibles y a tiempo.

Continúan su caso de estudio, resaltando la grandeza del VSM como una herramienta que describe el sistema productivo bajo estudio por completo, mostrando todos los flujos de información y procesos a lo largo de la cadena de valor y cuyo fin último es la reducción de los tiempos de ciclo totales.

Los autores consideran este tipo de industria como de producción discreta, debido al alto número de referencias, la demanda variable, los tamaños de lote variables y cortos tiempos de producción, algo que también ocurre en la empresa caso de estudio.

Más adelante, los autores resaltan la importancia y las diferencias entre las operaciones que añaden valor, aquellas que no lo hacen, pero son necesarias y aquellas que no agregan valor y no son necesarias sobre las cuales se deben enfocar los procesos de mejora. Igualmente denotan la importancia de encontrar los grupos de producto a mapear entendiendo que, al tener gran variedad de referencias, la aplicación de VSM, al menos en sus etapas iniciales, debería enfocarse en aquellos paretos de mayor cantidad y/o mayor rentabilidad.

Mediante la elaboración del mapeo del valor, los autores lograron identificar que:

- El sistema es bastante inflexible y su producción requiere equipos a la medida en diversas oportunidades la forma de producir casi que a la medida en algunos casos
- También identificaron altos inventarios en diferentes puntos del proceso, no solo limitando la movilidad si no también el dinero, al tener producto en planta sin ser entregado.
- Los autores lograron identificar entre otros, el alto movimiento de materiales derivados del uso de maquilas y detalla la imposibilidad y dificultad para poder hacer control sobre el flujo de esta mercancía, los reprocesos generando aumentos en los tiempos de producción.
- Dificultad en el flujo de información
- Producción por lotes en diferentes puntos de la cadena productiva, debido a falta de flujo adecuado de los procesos
- Altos tiempos de maquinaria con daños

Todo esto deriva según los autores, en retrasos en las entregas, poca movilidad, altos costos de producción e inventarios y en general poca capacidad de respuesta que aumenta los tiempos de ciclo

Una vez diagramado el VSM actual junto con sus hallazgos, los autores mediante eventos de mejora, y diálogos con diversas personas de la organización, idearon el VSM futuro con mejoras en el proceso productivo como, por ejemplo:

- Implementación de un sistema tipo “supermercado” para aquellas partes del proceso productivo donde un flujo continuo no es posible, que no es otra cosa que tener un buffer o zona de almacenamiento al final de algunos subprocesos productivos
- Implementación de stock de seguridad en zonas donde hay altos tiempos de cambio de referencia (Change Over)
- Implementación del sistema del “lechero” que no es otra cosa que llevar la proveeduría de las materias primas al sitio de producción, evitando los desplazamientos de los operarios y garantizando la entrega de las materias primas según el requerimiento diario

Los autores culminan su caso de estudio, definiendo el proceso de ensamble final como el proceso que dictamina el paso (Pacemaker Process) de toda la producción, que es este proceso el que limita los demás procesos aguas abajo. De esta manera se regula la producción total de la planta de acuerdo al ritmo de este proceso.

El caso de estudio también permitió a los autores eliminar la producción en lotes y la cambió por un único flujo de proceso, lo cual determina que la producción ocurre a ritmo del takt time, eliminando los retrasos en producción o el exceso de inventario por completo de la siguiente estación de trabajo.

Los resultados del mapa del estado futuro muestran que el plazo medio de entrega se redujo a 21,5 días desde los 52,4 días. En otras palabras, se reduce el plazo de entrega en un 59%. Esto se consigue gracias a la reducción de los niveles de inventario de los componentes y del producto acabado. El estado futuro reduce significativamente los costes de inventario en un 61%. (Chaple & Narkhede, Value stream mapping in a discrete manufacturing: A case study, 2017)

2.6.1.2 Aplicación del VSM en una organización europea prestadora de servicio de mantenimiento de aviones

Dorota Stadnickaa y R. M. Chandima Ratnayakeb en su caso de estudio Enhancing Aircraft Maintenance Services: a VSM Based Case Study detallan como mediante el uso del VSM se pueden optimizar los procesos en la industria de los servicios de mantenimiento de la industria aeronáutica.

Ellos resaltan la importancia de la reducción de los desperdicios en especial en este medio, donde la maquinaria es altamente compleja y sus costos de operación elevados.

Los autores comienzan por realizar una estrategia de mapeo de valor actual (presente) y con base en este, generar discusiones orientadas a la creación de un VSM futuro junto con las posibles soluciones a problemas identificados en los servicios de mantenimiento.

La metodología usada, si bien es bastante simple, demuestra una vez más la eficiencia y verdadera utilidad del VSM como herramienta de mejoramiento de los procesos productivos. Para este caso de estudio los autores realizan las siguientes actividades:

- Se identifican todas las actividades que intervienen en el proceso de mantenimiento de una aeronave y se mide su duración
- A partir de las actividades y sus correspondientes duraciones, se elaboró un mapa de flujo de valor del estado actual

- Utilizando el VSM Actual, se calcula el tiempo de procesamiento global (PT) y el tiempo de entrega (LT)
- Se realizaron análisis del flujo de valor (VSA) para identificar los problemas actuales, y se realizan análisis subsecuentes para investigar el origen y las posibles soluciones de estos problemas.
- Se propuso el mapa del flujo de valor del estado futuro VSM Futuro y se evaluaron los beneficios de las mejoras propuestas
- Las mejoras se midieron mediante el PCE (Process Cycle Efficiency) como indicador de rendimiento.

Los autores continúan el caso de estudio detallando las condiciones de operación de las aeronaves, el tipo de accesorios o componentes que se inspeccionan al igual que la frecuencia de mantenimiento y/o reparación de cada una de las aeronaves.

El caso de estudio detalla que los componentes para el mantenimiento/reparación de las aeronaves, vienen desde proveedores externos autorizados, igualmente, los autores detallan que otros componentes secundarios, pero igual de importantes, son comprados de forma regular por el prestador de servicios.

Este caso de estudio detalla una condición bastante particular y es que una vez realizado el VSM Actual, se evidencia que el Tiempo de Procesamiento es mayor al Lead Time, ya que hay algunas actividades que se realizan en paralelo.

La empresa de este caso de estudio, divide la intervención de las aeronaves en 4 grupos de operaciones. Las operaciones de los grupos 2 y 3 se trabajan en paralelo mientras que las operaciones del grupo 1 y 4 se trabajan de forma individual.

Los autores detallan que gracias al VSM fue posible identificar ciertas falencias que aumentan considerablemente los tiempos de ciclo de la operación y la hacen más costosa como son:

- Hay una gran diferencia en la duración de las actividades del grupo 2 y 3.
 - Las actividades del grupo 2 duran 180.07 horas mientras que las del grupo 3 duran 351.91 horas
- Hay altos tiempo de espera derivado de actividades que se hacen externas con ubicaciones georreferenciales incluso por fuera de la unión europea, con tiempos de entrega entre los 30 – 60 días

Los autores propusieron un VSM Futuro con las siguientes mejoras:

- Se realiza un análisis de actividades para ver cuales se pueden realizar en paralelo, desarrollando un procedimiento que presente una secuencia de actividades. Para resolver este problema fue necesario presentar todas las restricciones relativas a las actividades que pueden realizarse al mismo tiempo y utilizarlas en un proceso de optimización.
- Crear un stock de seguridad sobre la base de un análisis estadístico de los fallos de las unidades. Sugerir a un cliente que cree un stock de unidades para sus aviones en la empresa de servicios.
- Contratar a una persona adicional que se encargue de la preparación de los materiales.

Gracias a estas mejoras se lograron los siguientes resultados

- Se aumenta el costo de una hora de trabajo de 18,80 euros a 19,30 euros. Sin embargo, es posible entregar un avión al cliente en un plazo más corto.
- El plazo de entrega antes de las mejoras era de 62,6 días y después de las mejoras propuestas mejoras (es decir, las propuestas en el FSVSM) se redujo a 16,6 días.

Los autores resaltan como las mejoras permitieron disminuir el tiempo de ejecución en un 63%. El PCE se calculó para evaluar el estado actual (PCECS) y el estado futuro (PCEFS) de la eficiencia del ciclo del proceso de mantenimiento, y el PCECS equivale al 118,64% y el PCEFS al 456,39%.

Los resultados revelan también, que la eficiencia del ciclo del proceso se ha incrementado unas cuatro veces. Por lo tanto, se puede concluir que el uso de una de las herramientas lean VSM permitió aumentar la productividad y la eficiencia en la utilización de los recursos significativamente. (Stadnickaa & Ratnayake, 2017)

2.6.1.3 Mejoramiento en la Producción de Transformadores en una empresa tailandesa

Somkeit Noamna, Theerapong Thongphun y Chalermpon Kongjit en su artículo para el ASEAN Engineering Journal Transformer Production Improvement By Lean and MTM-2 Technique, nos muestran la importancia del VMS como herramienta que permite reducir los desperdicios en una empresa de transformadores tailandesa.

El caso de estudio comienza diciendo que los ingenieros y directores de producción tienen la necesidad de resolver los problemas productivos identificando y eliminando los desperdicios, mediante la determinación de aquellas actividades que añaden valor y aquellas que no

Se resalta también como los autores de este estudio trabajaron de la mano de ejecutivos de la línea de producción con capacidad de tomar decisiones y realizar experimentos orientados al desarrollo e implementación de este caso de estudio.

Los autores usaron la siguiente metodología/pasos para la elaboración de este caso de estudio:

- Estudio de las teorías, conceptos y documentos de investigación pertinentes, incluida la información primaria de la fábrica del caso.
- Estudio del procedimiento de trabajo actual y del tiempo del proceso de fabricación
- Diseño de directrices para la mejora del proceso de producción
- Cálculo del tiempo estándar y de la productividad tras la mejora
- Resumen de la operación

Los autores lograron recopilar información de dos tipos, una mediante entrevistas y comunicación directa con los operarios de producción y la otra derivada de la información recopilada de documentos y reportes internos de la compañía. Esta información es el insumo base para la elaboración del VSM Actual.

Los autores lograron identificar y discriminar en la elaboración del VSM aquellas actividades que agregan valor y aquellas que no agregan valor, pero son necesarias así:

- Actividades que agregan Valor: 7 (10.49% del tiempo o 38.75 horas)
- Actividades que NO agregan valor, pero son Necesarias: 3 (89.51% del tiempo o 330.75 horas)

Continúa el artículo detallando aquellas actividades/procesos que particularmente no agregan valor a la operación y dieron una descripción de exactamente cuál es el desperdicio/muda que generan dicha condición. Esto con el fin realizar acciones de mejora en torno a estas.

El caso de estudio prosigue con la eliminación de dichos desperdicios gracias a cambio en los métodos, maquina, flujo de procesos o eliminación de los mismos. Todos estos cambios derivaron en un nuevo flujo de procesos con nuevos tiempos de ciclo y optimización de los mismos.

Producto de esto los autores lograron:

- Reducción de dos pasos no necesarios en el proceso productivo
- Reducción del tiempo estándar de 1109 segundos a 299 segundos

(Noamnaa, Thongphuna, & Kongjit, 2022)

3 METODOLOGIA PROPUESTA

La aplicación de esta tesis se realizará en una empresa de manufactura cerrada con producción discreta, cuyo core bussines es la fabricación de transformadores de distribución eléctrica.

Actualmente, los países de la región en especial Colombia, Ecuador y México se caracterizan por ser después de EEUU, los países donde quizá mayor número de fábricas de transformadores hay.

En el ámbito local, Colombia cuenta con 5 empresas de tamaño significativo donde 3 de ellas tienen la particularidad de ser multinacionales (SIEMENS, HITACHI Y WEG) y las otras dos se caracterizan por ser empresas familiares de gran trayectoria, reconocimiento y posicionamiento en el país (MAGNETRON y RYMEL). Adicionalmente, Colombia cuenta con un número importante de talleres y empresas de menor tamaño y mayor informalidad que pueden llegar a un número cercano a las 32 empresas de esta índole, demostrando la importancia en la región de Colombia para el mercado de los transformadores de energía.

Este trabajo de grado se llevará a cabo en la empresa Rymel S.A.S. Rymel fue fundada en noviembre 22 de 1977. Dedicada en sus orígenes a hacer Reparaciones Y Montajes Eléctricos (de ahí su nombre Rymel), su fundador y la empresa fue ganando reconocimiento y experiencia en el sector. Gracias a esta experiencia y a los análisis de resultados recopilados de innumerables reparaciones la empresa comienza posteriormente a fabricar transformadores de distribución serie 15 KV.

Posteriormente, buscando complementar su portafolio de productos y servicios la empresa se aventura en nuevos territorios y consigue el honor de representar para Colombia la firma eslovaca APPLIED METERS y KRIZIK.

Actualmente Rymel SAS es líder del mercado colombiano con un market share superior al 80% de los equipos que se venden en el país, contando con el honor de ser proveedor, en muchos casos exclusivo, de importantes electrificadoras no solo colombianas si no también del exterior y una distribución de sus ventas cercana al 50% para el mercado nacional y 50% para el mercado internacional. En general, Rymel SAS es una empresa líder en el sector de los transformadores de distribución para la región, con gran potencial de expansión en especial para el mercado de los Estados Unidos, pero a la misma vez con un nivel alto de competencia/competidores.

Adicionalmente, la empresa es líder en el mercado de fabricación de los transformadores de corriente de baja tensión.

Hoy día, Rymel SAS cuenta con un grupo humano de más de 350 empleados al servicio de la gente, contando con nuevas líneas de productos tanto en la transformación de energía como en su medición.

Rymel SAS participa activamente en los comités de calidad del ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, es socio fundador del CIDET, Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico Colombiano, sus productos están certificados ante el Sector Eléctrico al cumplir con requisitos de las especificaciones técnicas exigidas y en las normas nacionales como también cuenta con la certificación ISO 9000, ISO 14001, ISO 45001, UL entre otras.

Rymel SAS cuenta con experiencia cercana a los 45 años en los mercados de Norte, Centro, Suramérica y el Caribe, razón por la cual se ha comprometido en profundizar y aplicar los estándares nacionales e internacionales.

Como compromiso institucional la empresa tiene el de entregar productos que sean confiables técnica y económicamente. Al mismo tiempo la empresa busca el aporte a soluciones de problemas ambientales. (www.rymel.com, 2020)

La aplicación de esta metodología, cobra especial relevancia durante los últimos 2 años, en donde la pandemia (ahora post pandemia), la crisis de los contenedores y su afectación a las cadenas de suministro global, la guerra en ucrania y los continuos cierres (aun) de puertos y ciudades en Asia, y el esfuerzo de los países por reactivar sus economías, han generado un estrés nunca antes visto en las empresas de transformadores incrementando fuertemente los consumos, pero a la misma vez los tiempos de entrega que en algunos casos para algunas empresas referentes del sector llegan incluso a las 100 semanas.

3.1 Descripción Básica de un Transformador

El transformador es un dispositivo el cual normalmente consiste de un par de bobinados, primario y secundario, los cuales se encuentran entrelazados por medio de un circuito magnético o núcleo. Es un dispositivo que tiene la capacidad aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna manteniendo la potencia por medio de interacción electromagnética. (Heathcote, 2007).

Según Martin J. Heathcote en su libro *The J&P Transformer Book*, el transformador es un equipo que cuando se le aplica una corriente alterna a uno de sus devanados, generalmente conocido como el bobinado/devanado primario, una corriente fluye generando una fuerza magneto motriz (mmf) alterna y por consiguiente un flujo alterno en el núcleo. Este flujo alterno al enlazar ambos bobinados/devanados (primario y secundario), induce una fuerza electromotriz (emf) en cada uno de ellos.

La tensión en el devanado secundario dependerá directamente del número de espiras que tengan los devanados y de la tensión del devanado primario.

En términos simples, un transformador lo que hace es aprovechar las cualidades magnéticas y los efectos de inducir corrientes a través de un núcleo, para reducir o elevar voltajes, a los rangos deseados.

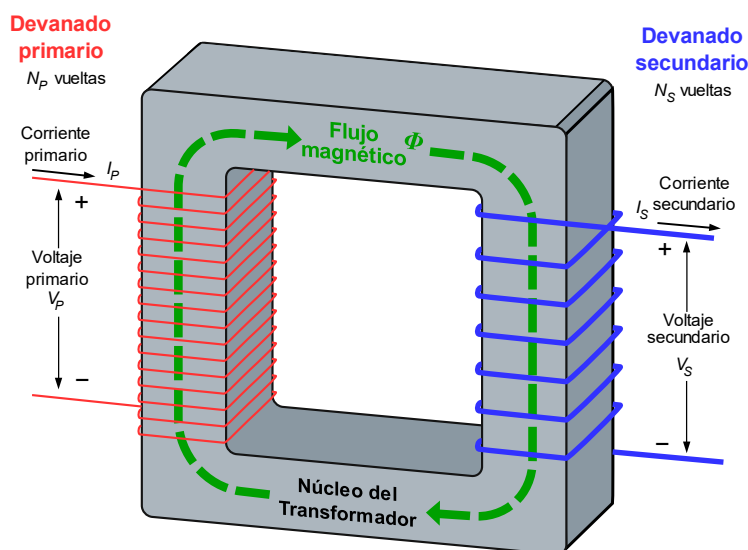
Los transformadores pueden venir en varios tipos, generalmente clasificados por la configuración entre núcleo y bobina. De esta manera se obtienen transformadores de tipo acorazado y encintados (3 piernas o 5 piernas). Para el caso de Rymel, sus equipos son del tipo encintado de 5 piernas. (Heathcote, 2007).

3.1.1 Componentes principales a tener en cuenta en la fabricación de un transformador

- **Aceites Dieléctricos:** Cumplen la función de proporcionar aislamiento al transformador, al igual que refrigera los componentes al interior del mismo. Los aceites más comerciales pueden ser de origen mineral o vegetal, aunque también se pueden conseguir otros tipos de líquidos aislantes y refrigerantes sintéticos como siliconas y otros.
- **Acero al Silicio de Grano Orientado:** Es el encargado de proporcionar un camino de baja reluctancia para que el flujo magnético enlazando los bobinados primarios y secundarios circule. Este material se puede obtener de diferentes grados, conocidos en el medio como M0H (el mejor con espesores de láminas entre 0.19 mm hasta 0.23 mm), hasta el M4 (con espesores de láminas entre 0.27 mm hasta 0.30 mm). Diferentes referencias de acero al silicio, contienen diferentes características de pérdidas y espesores de láminas, y obviamente presentan variaciones en el precio y disponibilidad del mismo.
- **Conductores:** Son los materiales usados para realizar el bobinado de las bobinas primarias y secundarias. Son materiales de muy alta pureza y muy alta conductividad. Los bobinados pueden ser hechos con conductores de cobre o aluminio. Tradicionalmente, los conductores usados han sido de cobre, pero hoy día, debido a los altos precios y la fluctuación del mismo ha promovido la aparición y alta utilización de conductores en aluminio. Cabe resaltar que usar conductores en diferentes materiales no genera ningún problema de calidad, siempre y cuando se hagan los ajustes pertinentes de dureza y espesores de materiales.
- **Aislamientos:** Son todos aquellos materiales usados para crear barreras físicas (papel de rombo epóxico, fibra, papel crepe, celulosa prensada, entre otros) que protejan los transformadores de cortocircuitos eléctricos, sobretensiones y sobre corrientes. Adicionalmente proporcionan

resistencia mecánica al transformador, pues uno de los componentes de dichos aislamientos, es el rombo epóxico, el cual al ser sometido a temperatura se derrite cementando todas las capas del bobinado.

(Heathcote, 2007).



Fuente: [Transformer3d_col3_es.svg](#), 2013

Gráfico 11: El transformador

3.1.2 Tipos de Transformadores Fabricados por Rymel SAS

Rymel cuenta con un amplio portafolio de servicio que incluye transformadores de diversos tipos con diferentes cualidades y usos para cada uno. En este mercado, tiene especial relevancia el requerimiento del cliente final, pues si bien hay una norma técnica que dictamina las variables críticas para cada equipo, al final es el cliente quien das cualidades y/o especificaciones puntuales.

Es entonces normal encontrar equipos para diferentes aplicaciones los cuales se listarán a continuación. La mayoría de estos equipos pueden ser fabricados por Rymel:

- ✓ **Transformador convencional tipo poste:** Son equipos inmersos en aceite construidos para ir montados en postes de madera o de concreto. Su construcción puede ser circular o rectangular. El peso máximo para este tipo de equipos es de unos 650 – 700 kilos. (C57.12.00-2000 - IEEE Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers, 2000)
- ✓ **Transformador autoprotegido (CSP):** De construcción similar a los equipos tipo poste. Estos equipos vienen acompañados de un breaker, fusibles y luz piloto. Estos elementos adicionales protegen el transformador de sobretensiones, sobrecargas y cortocircuitos

externos, al igual que protegen la red de fallas al interior del equipo. (C57.12.00-2000 - IEEE Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers, 2000)

- ✓ **Transformador ocasionalmente sumergible:** Son equipos inmersos en aceite diseñados para operar en una cámara o bóveda, bajo el nivel del suelo y sujeto a posibles inundaciones durante máximo 24 horas bajo una columna de agua de hasta 40 centímetros por encima de la parte superior del transformador. (C57.12.00-2000 - IEEE Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers, 2000)
- ✓ **Transformador tipo pedestal:** Son transformadores inmersos en aceite para instalación interior o exterior de frente muerto, que poseen elementos de conexión, protección y maniobra incorporados. Se emplean en aquellos casos en que por seguridad, espacio y/o estética es necesario alimentar los equipos con cable seco apantallado subterráneo por medio de cárcamos. Estos equipos van instalados sobre una base o loza de concreto llamada pedestal. (C57.12.34-2015 - IEEE Standard Requirements for Pad-Mounted, Compartmental-Type, Self-Cooled, Three-Phase Distribution Transformers, 10 MVA and Smaller; High-Voltage, 34.5 kV Nominal System Voltage and Below; Low-Voltage, 15 kV Nominal System Voltage and , 2015)
- ✓ **Transformador tipo seco abierto:** Son transformadores en los cuales el núcleo y las bobinas están en un medio de composición aislante seco. Estos equipos son refrigerados por la circulación natural del aire y cuentan con aislamientos auto extinguidos de alta temperatura (clase H para 180 °C) que disminuyen el riesgo de propagación del fuego en caso de incendio. Son utilizados en aplicaciones residenciales, comerciales o industriales, con óptima eficiencia, bajo nivel de pérdidas y mínimo nivel de ruido. (NTC 3445:2019 Electrotecnia. Transformadores trifásicos autorrefrigerados, tipo seco abiertos y encapsulados en resina. corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito, 2019)
- ✓ **Transformador tipo seco encapsulado en resina:** De construcción similar a la de los transformadores tipo seco abierto con la diferencia que sus devanados están totalmente recubiertos para su protección mediante resina ciclo alifática. Don considerados “libres de mantenimiento” al tener las bobinas completamente selladas. Son clasificados como clase F y soportan una temperatura máxima de 155 °C en el punto más caliente del devanado. (NTC 317:1998 ELECTROTECNIA. TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION. TERMINOLOGIA., 1998)

3.2 Descripción del sistema productivo para la realización del VSMM

Es importante hacer un análisis general de todas las actividades críticas y no críticas que se realizan al interior de Rymel.

Rymel, por su forma de producir y trabajar, se puede describir como una empresa de manufactura discreta, esta afirmación se hace basado en el común denominador para este tipo de industrias

donde los productos que en ella se fabrican, constan de una lista de materiales. Se puede decir también que Rymel es una fábrica de manufactura discreta, representada el entorno de bajo volumen y alta variedad de productos (los pedidos entran por lotes). Esto respaldado también en la gran variedad de clientes situados en toda la región americana. Los productos de la empresa Rymel son productos estándar de catálogo, así como fabricados según las especificaciones exactas de sus clientes (por ejemplo, MTO - Make to Order). Los equipos fabricados en este tipo de industrias se desagregan en diversos productos que hacen parte de un todo, una de las cualidades de estos productos es que cada uno de los componentes pueden ser separados, cosa que en el caso de la manufactura por procesos no puede ser así.

El proceso productivo de la empresa, se puede decir que es de cierta manera un híbrido entre un proceso reactivo (ante necesidades y órdenes de compra puntuales) y un proceso de pronóstico (producción basada en información histórica).

Todo comienza cuando a la empresa llega una necesidad puntual de un cliente (telefónica, email o fax). Dichas necesidades pueden ser para el suministro de una o múltiples unidades (lotes grandes o pequeños). Igualmente, estas necesidades pueden ser para equipos de pequeña o elevada potencia. Finalmente, las solicitudes pueden ser para equipos de muy poca complejidad en su fabricación y diseño o por el caso contrario de alta complejidad.

Una vez se registran las necesidades del cliente, ingeniería de producto comienza a aclarar las dudas que haya. Con estas dudas aclaradas, incluyendo las dudas comerciales y de entregas, ingeniería de producto comienza a diseñar el equipo, teniendo en cuenta precios actuales de las materias primas y disponibilidad de la misma, para así poder cotizar el equipo. Cuando los equipos son convencionales o de línea, este procedimiento se obvia y los asesores comerciales hacen directamente toda la negociación.

Posteriormente, una vez el cliente acepta las condiciones ofrecidas y genera la orden de compra en firme, comienza el proceso de fabricación del transformador.

Para dicho proceso, la empresa cuenta con diversos departamentos encargados de programar los equipos requeridos en el sistema, diseñar la parte activa del transformador (núcleo y bobina), diseñar el tanque, generar listas de materiales, coordinar la cadena productiva en cada una de las secciones de la empresa (núcleo, bobinado, armado, conexión, encube, metalmecánica, pintura, almacén, laboratorio y despachos), realizar las compras nacionales e internacionales de los productos que se requieren.

Todos estos departamentos, sostienen comunicación por medio de correos electrónicos y/o reuniones de producción en donde se coordinan las urgencias y el orden en que se trabajara la producción.

Al interior de la empresa hay 3 procesos bastante críticos y que demandan de alta intensidad de mano de obra. Dichos procesos son: Bobinado, Metalmecánica y Armado y Conexión.

Adicionalmente se tiene un proceso bastante crítico, quizá más que cualquier otro, que es el de compras.

Una vez control de producción genera su plan maestro, las secciones de metalmecánica, núcleo y bobinado comienzan sus procesos productivos. Para lograr esto, es de vital importancia que no haya escasez en los insumos primordiales:

- Acero al silicio de grano orientado (Sección de Núcleo)
- Conductores y Aislantes (Sección de Bobinado)
- Lámina de hierro o acero (Sección de Metalmecánica)

Cada una de las secciones comienza su proceso de fabricación casi que al unísono. Sin embargo, diferentes secciones tienen diferentes tiempos de ciclo.

Igualmente, en las diferentes secciones de la empresa, se tiene procesos productivos por baches asociados principalmente a hornos y tanques de lavado, los cuales hay que coordinar adecuadamente para evitar paros o inventarios excesivos.

Una vez metalmecánica termina su proceso, entrega los tanques a la sección de pintura, estos recipientes son procesados generalmente en el orden en que llegan, aunque la sección es lo suficientemente flexible como para alterar el orden según las necesidades de encube.

Similar pasa con el proceso de bobinado. Las bobinas pasan por dos procesos de bobinados (primario y secundario), en donde los conductores pueden ser de diferentes tipos (fleje, alambre circular o alambre rectangular). Una vez listos ambos bobinados/devanados, las bobinas completas pasan a un proceso de prensado y curado en un horno de bache (12 horas de curado a 120°C).

Paralelamente, en la sección de núcleo algo similar está ocurriendo. El material puede ser procesado en 3 tipos de máquinas diferentes:

- Cortadora lineal (La máquina corta y el operario ensambla el núcleo y lo encinta, para posteriormente ser prensado).
- Cortadora Tranco (La máquina corta y encinta el núcleo, para posteriormente ser prensado).
- Cortadora Unicore (La máquina corta y dobla el núcleo, no requiere de prensado).

Una vez cortado el núcleo este debe ser sometido a un proceso de prensado cuando dicho corte ocurre en la máquina lineal o en la máquina Tranco para posteriormente ser procesado en el horno de recocido. Para el caso de los bloques cortados en la máquina Unicore, no es necesario prensar el material antes del proceso de recocido.

El proceso de recocido, es un proceso por baches que se lleva a cabo en una atmósfera inerte y cuya curva es controlada (curva controlada de 22 horas subiendo hasta 820°C), para garantizar la mejor calidad del producto final

Posteriormente, ya con el núcleo y las bobinas procesadas se comienza a ensamblar/armar el transformador. Este proceso básicamente consiste en integrar el núcleo a la bobina y agregar algunos aislamientos físicos. Ya armada la parte activa (núcleo + bobina), los operarios de conexión realizan todos los ajustes y conexiones requeridas para que el transformador quede con todos sus accesorios requeridos para que el mismo pueda ser encubado.

En esta parte del proceso se presenta el último proceso de curado por el que pasará el transformador. La parte activa se somete a temperatura, para sacar cualquier rastro de humedad. Este es también un horno de bache (12 horas a 120°C). Cabe resaltar que para transformadores de potencias elevadas (superiores a 400 KVA) y algunas tensiones serie (25kV en adelante), las partes activas conectadas requieren cerca de 24 horas de curado.

El proceso siguiente en la línea de producción es el de encubar el transformador. En esta parte del proceso, se encuentran las partes activas con los tanques ya pintados y emblemados. Para poder llegar a este punto, los tanques pasaron por un proceso de pretratamiento químico en el cual les fue removida la grasa, la calamina, las impurezas y se les aplicaron productos que promueven la adherencia de la pintura electrostática y protegen contra la corrosión.

En proceso de encube como tal consiste en meter la parte activa al interior del transformador. En este proceso, luego de fijar el transformador e instalar los demás accesorios, se le realiza un proceso de vacío previo al llenado del aceite dieléctrico, con el fin de retirar restos de humedad que haya podido acumular el equipo mientras fue encubado al igual que la eliminación de burbujas de aire y garantizar la adecuada impregnación de la totalidad de la parte activa con aceite dieléctrico.

Finalmente, el equipo se tapa y se pasa a la sección de chequeo en donde se le realizan las pruebas de rutina. De ser satisfactorias las pruebas, el equipo es liberado para despachos y su respectivo protocolo de pruebas de calidad es elaborado.

Una vez chequeado el equipo y aprobado su "ok final", este pasa a la sección de despachos en donde al equipo se le hacen todos los ajustes finales y se prepara para su despacho en huacal o estiba y finalmente es cargado a los camiones o contenedores.

Finalmente, es importante resaltar que uno de los procesos más críticos en la organización, es el de compras internacionales. Este proceso es bastante crítico debido a que cerca del 70% de la materia prima para los transformadores es importada. Adicionalmente, es bueno resaltar que, por tratarse de un producto bastante exigente en cuanto a los estándares de calidad, su materia prima también lo es, y por consiguiente los precios de las mismas son altos, y el número de proveedores confiables es más bien bajo.

Esta situación con los inventarios genera varias problemáticas al interior de la empresa. Por tratarse de tiempos de tránsito bastante elevados para algunos productos, se tiende a trabajar con pronósticos, lo cual puede llegar a elevar los inventarios o generar retrasos en las entregas en momentos de picos sorpresivos.

Vale la pena resaltar que, recientemente con la pandemia, post pandemia y la crisis de contenedores, el sistema logístico y productivo comenzó a tener retrasos significativos, esto ha derivado en una gran necesidad de equipos en la región copando la capacidad productiva de todas las plantas en general (lead times superiores incluso a las 50 semanas) y Rymel no ha sido ajeno a esto.

Como se puede observar, el sistema productivo de la empresa es bastante complejo y depende de muchas variables. Esto hace que sea necesario hacer un muy buen análisis antes de tomar cualquier decisión e implementar cualquier cambio.

Adicionalmente, es saludable para el entorno productivo de la empresa, buscar maneras de simplificar los procesos, reducir los tiempos de montaje, los inventarios y todos aquellos desperdicios que afecten el sistema productivo como tal.

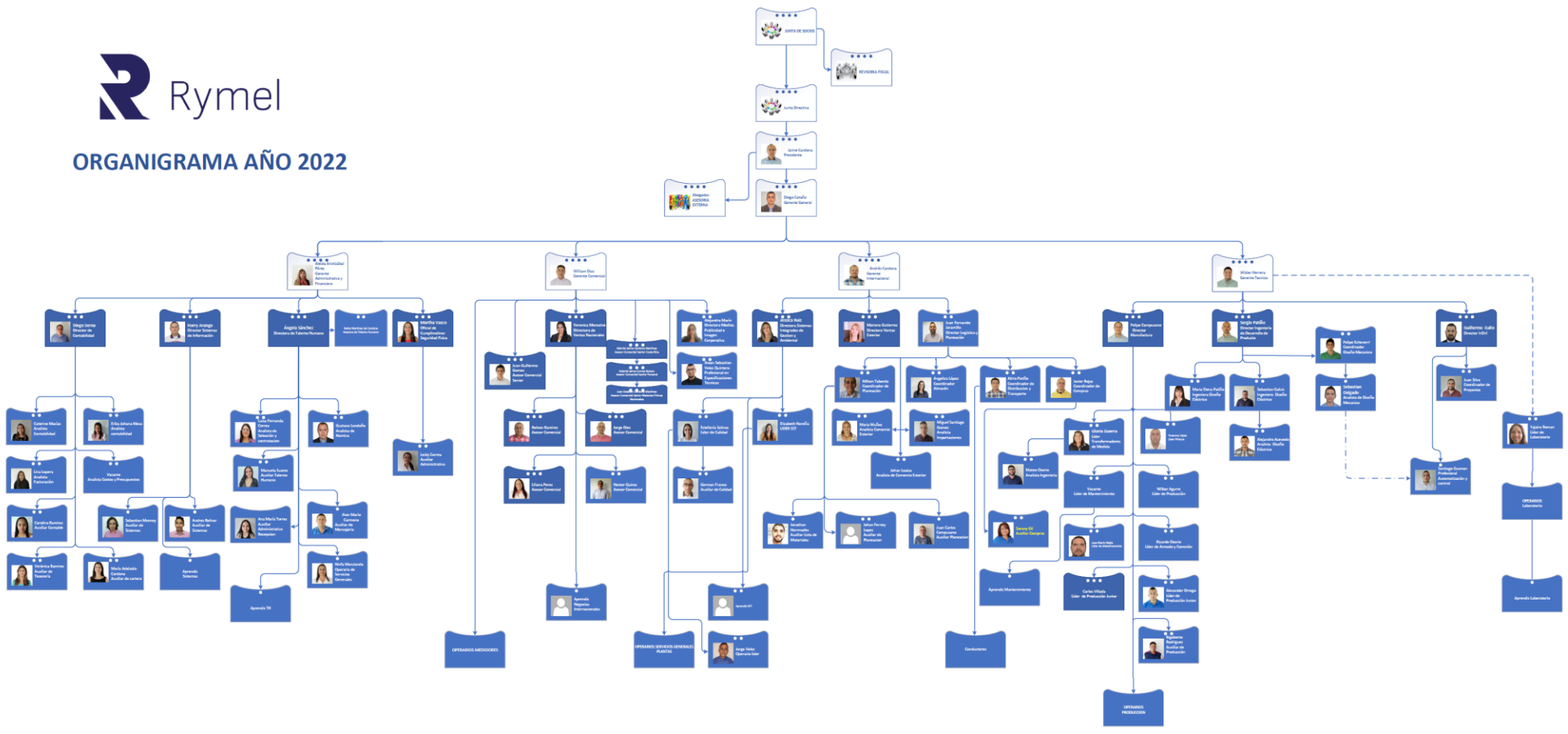
3.3 Organigrama empresarial y aspectos relevantes en el sistema productivo de la empresa

La organización tiene su organigrama empresarial de la siguiente manera: (Ver Gráfico 12).

(Ver Gráfico 12 en siguiente página)



ORGANIGRAMA AÑO 2022



Fuente: Calidad Rymel

Gráfico 12: Organigrama de Rymel S.A.S

Es importante resaltar las características y aspectos de gran relevancia dentro del proceso de producción de Rymel S.A.

- La empresa se ha caracterizado por ser un aliado estratégico de algunas electrificadoras de peso en el país (GRUPO EPM y ENEL/CODENSA). Esto ha generado la confianza por parte de estas para ver en Rymel un proveedor de transformadores o solicitudes especiales, lo cual hace que haya una gran variedad en diseños y tiempos de fabricación.
- Esta misma confianza ha hecho que en repetidas ocasiones la empresa sea buscada para suministrar equipos en momentos de emergencias o necesidades muy puntuales, generando alteración en los tiempos de entrega.
- El sector eléctrico tiene en las electrificadoras sus mejores clientes. Ellas, por la forma de operar realizan sus compras por medio de procesos licitatorios. Estos procesos por su complejidad, pueden tomar meses en ser adjudicados, lo cual hace que en determinados momentos se puedan presentar picos exagerados en los pedidos, obligando a tener un sistema productivo y de entregas bastante flexible.
- Las materias primas del exterior o accesorios especiales toman como mínimo 45 días en llegar al país. Estas por lo general son bastante costosas y su demanda es fluctuante como para mantener en inventario.
 - Se tienen proveedores primarios de materias primas críticas y proveedores secundarios ubicados incluso en diferentes continentes, países y ciudades con el fin de mitigar cualquier desabastecimiento generado por cierres parciales, pandemia, desastres naturales, escasez de contenedores entre otros
- La empresa cuenta con multiplicidad de máquinas para todos sus procesos críticos.
- Todos los componentes principales del transformador, (bobina, núcleo y tanque), cuentan con algún tipo de sistema de trazabilidad, para evitar la confusión o duplicidad de pedidos.

3.4 Metodología propuesta

Es importante anotar que el VSMM debe permear la organización a lo largo y ancho de la misma, pues lo que se busca es integrar todos los procesos de modo tal que se logren identificar oportunidades de mejora, eliminar desperdicios y optimizar aquellas operaciones que realmente agregan valor.

Por este motivo se analizarán todas las secciones de la organización, en especial las relacionadas directamente con el sistema productivo y manejo de proveedores que es donde mayor impacto se puede lograr.

Anup P. Chaple, Balkrishna E. Narkhede recomiendan en su artículo Value stream mapping in a discrete manufacturing: A case study, que el punto de partida para realizar el estudio VSM en la fabricación discreta y en los productos de bajo volumen con gran variedad es la selección de la familia de productos. El enfoque para la selección de la familia de productos es mediante la realización de un análisis producto-cantidad (análisis P-Q) que es el enfoque clásico para la

segmentación de la mezcla de productos. (Chaple & Narkhede, Value stream mapping in a discrete manufacturing: A case study, 2017).

Basado en esta recomendación, se propone entonces como actividad crítica para el desarrollo del VSMM la elaboración del Pareto P-Q para determinar las familias a diagramar e intervenir.

Se opta por usar el Pareto P-Q, pues hacer un VSMM considerando todos los productos puede desvirtuar la efectividad del ejercicio y hacer difícil identificar oportunidades de mejora. Se corre incluso el riesgo de desgastar esfuerzos que, si bien pueden servir para mejorar los procesos y reducir los tiempos de ciclo y mudas, su impacto en el global de la compañía no sea muy dicente. Se opta entonces por identificar el Pareto de aquellos equipos que en volumen y facturación representan mayores ingresos para la empresa.

Esta propuesta utilizará la metodología conocida popularmente como “alistar, apuntar, disparar”. Se escoge esta metodología porque es una metodología bastante práctica, pero a la vez es bastante acertada, permite la inclusión de diferentes participantes del proceso productivo lo cual hace sentir a todos los miembros de la organización bien representados y más abiertos al cambio.

Entre las herramientas usadas estarán las metodologías de mejoramiento de la producción japonesas como, por ejemplo: 5´S, Poka-Yoke, Manufactura Celular, Andon, SMED, Kanban, entre otras. Tal y como lo propone Socconini 2010 en su libro Lean Manufacturing paso a paso.

3.4.1 Objetivos de la metodología propuesta

Como se mencionó esta metodología se enfocará a lo largo y ancho de la organización, con especial énfasis en los procesos productivos y de proveedores, enfocándose en los transformadores convencionales monofásicos y trifásicos tipo convencional. Por medio del VSMM se busca la identificación de posibles opciones de mejora al proceso productivo. Los que se pretende con esta metodología es eliminar los siete desperdicios o mudas:

- Eliminar sobreproducción.
- Eliminar sobre inventarios.
- Eliminar productos defectuosos.
- Eliminar transporte de materiales y herramientas innecesarios.
- Eliminar procesos innecesarios.
- Eliminar esperas.
- Eliminar movimientos innecesarios de los trabajadores.

3.4.2 Reglas de la metodología

Nash and Poling, en su libro Mapping the total value stream, mencionan las siguientes características como reglas importantes a tener en cuenta en la fabricación del VSMM:

- Escoger un líder con capacidad de toma de decisiones para dar así celeridad al proceso.
- No confiar en tiempos existentes.
- Caminar el proceso mientras se mapea.

- Hacer el mapa a papel y lápiz.
- Hacer una sección previa identificando el flujo principal de proceso (máximo 5 minutos y sin mucha discusión).
- Hacer sesiones relámpago de 30 segundos para identificar las operaciones entre procesos.

Debe haber respaldo desde lo más alto de la organización. (Nash & Poling, 2008)

3.4.3 Fases de la metodología

El proyecto se dividirá en las siguientes fases lógicas. De la seriedad y veracidad con la que se recolecte la información, depende el éxito que tenga la metodología acá descrita.

Fase 0: Esta es la fase de divulgación y motivación. Para lograr que un cambio de filosofía como el que requiere la implantación de un VSMM futuro, es necesario concientizar a todos los miembros de la organización. Primero que todo se comienza por la voluntad por parte de la junta de socios y/o la gerencia. Son ellos quienes deben divulgar la idea de implementar esta metodología, dándole así altura al proyecto y comprometiendo a todos los miembros del aparato productivo de la organización. Sin el apoyo de los directivos, el proyecto está destinado al fracaso. Son ellos quienes deben fijar un rumbo (Hoshin Kanri) y determinar fechas concretas para la implementación. Aunque el proyecto acepta retrasos justificados, es importante fijar fechas concretas para que la metodología no se vuelva eterna en ninguna de sus fases y se pierda el interés por parte de los miembros de la organización. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018). (Nash & Poling, 2008).

Fase 1: Esta es la fase de preparación. En esta etapa se debe realizar un diagnóstico inicial para así poder tener un punto de partida y obtener objetivos medibles al final del proyecto. Es también importante implementar un plan de capacitaciones que permita sensibilizar y educar al todo el personal, en especial a los líderes o actores claves del proyecto. En esta etapa se fijan las bases y se da inicio de programas como 5'S, pues parte importante de esta metodología es obtener y mantener el buen orden en la planta de producción, pretendiendo eliminar todo lo que no sea útil, suciedad, errores y accidentes mediante la adecuada ubicación de las herramientas los procesos y la estandarización. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018). (Nash & Poling, 2008).

Fase 2: Esta es la fase de descripción y entendimiento del proceso. En esta etapa, lo que se busca es hacer un análisis muy general con los miembros del equipo de trabajo del proceso productivo. Aquí se definen en 2 ejercicios de unos 5 minutos cuales son todos los clientes y proveedores internos y externos que intervienen en la cadena de valor. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018). (Nash & Poling, 2008).

Fase 3: Fase de identificación de los procedimientos. En esta fase lo que se pretende es listar todos los pasos básicos entre proveedor y cliente. La metodología para realizar esta actividad es a través de un ejercicio relámpago con los miembros del equipo de trabajo y de la organización, mediante el cual ellos en un lapso de 30 segundos deben listar todas las operaciones básicas para llegar de un lugar a otro (proveedor – cliente). Por ser una actividad relámpago, no se permite dar justificaciones o tener discusiones, los participantes de la actividad se deben limitar a listar lo que ellos consideran como actividades básicas entre pasos o procesos de la cadena productiva. Todos estos

procedimientos se notan en un tablero o una hoja de papel; se recomienda que toda la información acá recopilada quede en manos únicamente del líder de la metodología. Luego de realizar estas secciones relámpagos, se les agradece a todos los participantes y se hace una especie de sección resumen, en donde se organizan las ideas y las operaciones de modo tal que queden en un orden lógico. Es muy importante una vez recopilada y organizada toda la información que se les explique a todos los miembros del equipo mapeador que esto es la base del trabajo de mapeo y que es posible que al momento de realizar dicha actividad, no se vea reflejado, pues como se ha comentado en capítulos anteriores, el VSMM es una foto instantánea de lo que está ocurriendo en el proceso productivo en un momento determinado. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018). (Nash & Poling, 2008).

Fase 4: Fase de recorrido del proceso productivo y mapeo actual. Esta es la etapa donde oficialmente se comienzan a mapear los procesos. Es de vital importancia que todos los datos se recolecten en tiempo real. El mapeador y su equipo no se deben fiar de información existente, pues puede empañar los resultados y hacer que se pierda el enfoque de la metodología. Las herramientas esenciales en este momento para el equipo mapeador son: papel, lápiz y cronómetro. El equipo mapeador recorre el proceso productivo, se recomienda que se haga del final hacia atrás. Durante este recorrido se deben tomar información pertinente a los inventarios, tiempos de cambio de referencia, tiempos de espera, materia prima, trabajo en proceso (WIP), paros programados y no programados, recorridos de los operarios y los insumos, tamaño de los lotes a trabajar, orden de procesamiento, flujo de información, número de turnos, duración de los turnos, duración de paros por descansos, que controles se realizan a los procesos y la duración de estos, que sistemas se tienen automatizados, donde hay procesos por baches y la duración de los mismos, frecuencia de pedidos, variabilidad de la mezcla de productos, pronósticos de demandas, tiempos de entrega, entre otros. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018). (Nash & Poling, 2008).

Fase 5: Análisis de información y elaboración del mapa actual. En esta fase lo que se busca es hacer un análisis detallado de toda la información recopilada durante el recorrido hecho al proceso productivo. La idea es ordenar las ideas, calcular los tiempos de ciclo, graficar los inventarios, flujos de información y el resto de información recopilada de la manera más detallada, teniendo en cuenta cuando esta información es parte del proceso productivo como tal y cuando es información de soporte o complementaria. Es aquí donde mayor cuidado se debe poner, es de este mapa de donde saldrán todas las mejoras a los procesos productivos. De una buena labor analizando la información recibida y mapeando la cadena de valor de donde se obtienen los grandes ahorros y las grandes ganancias. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018). (Nash & Poling, 2008).

Fase 6: Eventos Kaizen para implementar las mejoras. Después de hacer un análisis concienzudo de la información recopilada, el equipo mapeador debe comenzar a sugerir un paquete de acciones de mejoramiento de la producción. Dentro de este paquete, tienen cabida temas como por ejemplo:

- 5'S: Mejorar el orden y la limpieza.
- SMED: La idea es reducir al mínimo los tiempos de montaje para así optimizar los procesos y reducir las paras innecesarios y reducir los tiempos globales de proceso.
- LUP's: Las lecciones de un punto, permiten mejoras rápidas en el desempeño de procesos específicos de producción o celdas de manufactura.
- AMEF y 8D'S: La idea es eliminar los problemas de calidad de raíz, para evitar que estos vuelvan a ocurrir, reduciendo así los desperdicios y reprocesos.

- TPM: Esto reduce los paros no programados en la línea de producción y reduce los tiempos de ciclo
- Poka-Yoke: Se implementan con la finalidad de evitar errores. En términos coloquiales, es idear un sistema a prueba de “bobos”
- Andon: Se implementa para detectar cuando una condición normal o anormal ocurre, brindando información en tiempo real y minimizando potencialmente los efectos de aquellas condiciones anormales.
- JIT: Lo que se busca es realizar negociaciones especiales con clientes y proveedores, para que tanto los productos terminados como las materias primas lleguen en el momento que se necesitan, reduciendo el uso de espacio y los inventarios innecesarios.
- Redistribución de los procesos: Lo que se busca acá es disminuir los transportes, la polivalencia de los operarios, el mejor control de los procesos y últimamente la mejora global de los procesos.

(Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018). (Nash & Poling, 2008).

Fase 7: Elaboración del mapa futuro. En esta etapa se incluyen todas las propuestas de mejora planteadas en la fase 6. Este nuevo mapa incluye la nueva distribución de la planta, junto con todos los eventos kaizen que se tienen planteados implementar. Es aquí donde realmente comienza el trabajo, pues de nada sirve hacer todos los análisis del mundo, tener todas las capacitaciones del personal y el apoyo de las directivas y miembros de la junta, si las sugerencias se quedan en el papel y no se implementan. (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO A PASO, 2018). (Nash & Poling, 2008).

Fase 8: Realización de eventos Kaizen. En esta fase lo que se busca es volver realidad todos aquellos eventos sugeridos fruto de la elaboración del VSMM futuro. Lo que se pretende es llevar a cabo los eventos en un orden lógico. La idea es realizar primero aquellas implementaciones que puedan ser llevadas a cabo sin la necesidad de hacer inversiones o cuya inversión sea poca. Adicionalmente se deben implementar primero aquellas iniciativas cuyo tiempo de implementación y generación de resultados sea corto, e ir escalando a proyectos de mayor inversión y mayor tiempo de implementación. Para este trabajo de grado, lo que se pretende es llegar hasta la fase 7, sin embargo, si durante el desarrollo del mismo es posible llevar a cabo algún evento Kaizen, esto se hará y se informarán sus resultados.

4 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

4.1 Divulgación y Motivación de la Iniciativa

Para llevar a cabo la implementación de la metodología, se comenzó primero por solicitar autorización y apoyo por partes de las directivas de la empresa. Para ello se sostuvieron algunas reuniones en donde se explicó el alcance del proyecto al igual que las potenciales ventajas para la empresa del mismo. Una vez aprobada la iniciativa se dio inicio al proyecto, tratando de seguir paso a paso cada una de las fases de la metodología propuesta.

Divulgada la iniciativa en algunas sesiones generales con todos los miembros de la organización, se procedió a crear el equipo de trabajo. Para tal fin, pensando en ahorrar recurso para la organización

al igual que tratando de reducir los tiempos de implementación de la propuesta, se sugirió crear un equipo con miembros con experiencia en metodología LEAN y con certificaciones Green Belt y Yellow Belt. Es de resaltar que la experiencia de los miembros del equipo en temas de manufactura LEAN, fue de gran utilidad, pues facilitó la recopilación de la información y le dio mucha altura a la iniciativa.

Se comenzó entonces con algunas reuniones estratégicas, para definir temas importantes como por ejemplo el alcance del proyecto, las secciones a mapear y los tiempos que se dispusieron para tal fin.

4.2 Preparación y Diagnóstico Inicial

Una vez realizadas las reuniones con los altos directivos y realizadas las actividades de sensibilización sobre el proyecto, se comenzó a avanzar en la preparación y diagnóstico inicial de la compañía.

Esta fase, se dividió en 3 actividades las cuales se fueron trabajando en paralelo y que se listan a continuación:

- Formación en programa de 5's
- Entrevistas cortas informales con los operarios
- Recorrido no formal del proceso productivo

4.2.1 Formación en programa de 5's

Aprovechando que ya la compañía estaba realizando sus primeras incursiones en la metodología Lean, se vincularon ambas iniciativas y se comenzó con la capacitación e implementación de las 5'S, buscando facilitar el objetivo primordial que es la implementación de la metodología propuesta.

Para tal fin, se optimizó y realizó una propuesta de implementación de 5'S junto con un cronograma ajustados a las necesidades de la empresa. Actualmente la empresa ya ha realizado a todos sus miembros la divulgación de este proyecto y a la fecha se han implementado jornadas de capacitación e implementado las 3 primeras eses, (Seleccionar, Ordenar, Limpiar).

Se comenzó escogiendo un equipo líder, en el cual se incluían los líderes de los procesos a nivel administrativo, junto con un líder (operario), de la sección.

Se realizaron varias 5 capacitaciones con los líderes de la implementación y 2 capacitaciones generales para todo el personal de la empresa.

La idea es que todo el personal entienda a fondo el concepto de lo que se está implementando y que este a su vez sea orientado y jalonado por los líderes.

Se creó una campaña de expectativa, se idearon concursos y se ofrecerán reconocimientos a lo largo de la implementación, al igual que un reconocimiento general al final de la implementación para aquella sección que haya tenido el mejor desempeño.

Según se programó la implementación de la iniciativa, la idea es que para fin de año ya se hayan logrado implementar todos los cinco principios. Hasta el momento la implementación va acorde a lo programado.

A continuación, se muestra material correspondiente a la capacitación del personal y la implementación de las tres primeras eses. Estas capacitaciones se llevaron a cabo en el marco de la implementación del VSMM en la empresa.

- Diapositivas de la Capacitación de las 5's

○ **SOLES (5S):** Disciplina sistemática para lograr que el área de trabajo se mantenga...



Definición

Fuente: Calidad Rymel

Gráfico 13: Presentación 5'S

SELECCIONAR

- Eliminar lo innecesario y clasificar lo útil.



"Menos es más".

Para qué seleccionar?

- Para tener al alcance de nuestra mano todo aquello que utilizamos con mayor frecuencia, en la cantidad adecuada.



Cómo seleccionar?



- Áreas de oportunidad
- Criterio de selección
- Identificar objetos seleccionados
- Evaluar objetos seleccionados.

1. Áreas de oportunidad

¿Qué?

- Materia prima
- Componentes
- Producto en proceso
- Producto terminado



1. Áreas de oportunidad

¿Dónde?

- Puestos de trabajo
- Estanterías
- Escritorios
- Cajones
- Zonas de difícil acceso
- Áreas comunes (sin dueño)



2. Criterios de selección

Necesario

- Lo que se utilizará durante un mes de trabajo.
- Lo que se utiliza más de una vez/mes.



Fuente: Calidad Rymel

Gráfico 14: Seleccionar - 1

2. Criterios de selección

No Necesario

- Lo que no se utilizó el mes pasado.
- Lo que se utiliza menos de una vez/mes.



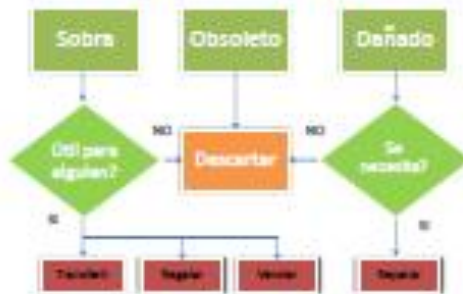
2. Criterios de selección

No Necesario

- Excedente de lo que se utiliza en el área de trabajo.



4. Evaluación de los objetos



BENEFICIOS INMEDIATOS



- Más espacio
- Menos costo de inventario
- Menos obstáculos

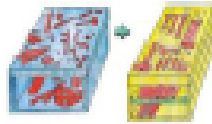


Fuente: Calidad Rymel

Gráfico 15: Seleccionar - 2

ORDENAR

- Acondicionar los medios para guardar y localizar el material.
- Señalizar.



"Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar".

¿Para qué ordenar?



- Para tener un lugar en donde ubicar los elementos que usamos y encontrarlos nuevamente con rapidez cuando los necesitemos.
- Para evitar accidentes.
- Para evitar equivocaciones.

Cómo ordenar?

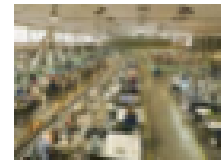


- Preparar el área de trabajo.
- Ordenar el área de trabajo.
- Establecer reglas y seguirlos.

1. Preparar el área de trabajo

Definir lugares para ubicar diferentes tipos de objetos.

- Materia Prima
- Producto en proceso
- Producto terminado
- Herramientas



1. Preparar el área de trabajo (Gerencia Visual)

- Rótulos y contornos
- Códigos de colores
- Marcaciones en el piso
- Kanban
- Listas de chequeo (Check list)
- Señales e indicadores de seguridad
- Tableros de información
- Alarmas



2. Ordenar el área de trabajo



Fuente: Calidad Rymel

Gráfico 16: Ordenar - 1

3. Establecer reglas y seguirlas



- Elaboración de un manual de organización y guías de orden en planta.
- Verificar cumplimiento

Beneficios inmediatos

- Uso más eficiente de los recursos
- Localización rápida
- Ayudas visuales para evitar accidentes
- Menos errores



Fuente: Calidad Rymel

Gráfico 17: Ordenar - 2

LIMPIEZA

- Evitar ensuciar
- Limpiar de inmediato
- Inspeccionar mientras limpio.



"La clave no es limpiar más; sino evitar que se ensucie".

LIMPIAR



Cómo se ve afectado nuestro desempeño debido a la suciedad?, cómo se afecta nuestra velocidad de reacción?



La clave no es limpiar más, sino evitar que se ensucie

¿Para qué limpiar?



- Para tener un ambiente de trabajo más agradable.
- Para detectar y evitar daños en las máquinas.
- Para cuidar nuestra salud.
- Para evitar accidentes.

Cómo limpiar?



- Establecer un programa de limpieza.
- Crear disciplina.

1. Establecer un programa de limpieza

¿Qué se debe limpiar?

- Áreas y puestos de trabajo
- Máquinas y herramientas
- Zonas comunes



2. Crear disciplina

- Hacer seguimiento de la realización de las labores de limpieza.
- Acompañamiento permanente y ejemplo de los líderes.



Fuente: Calidad Rymel

Gráfico 18: Limpiar



ESTANDARIZACIÓN

- Definición de procedimientos estándar de orden y limpieza.
- Cumplimiento constante.



"Todos siempre igual".

¿Para qué estandarizar?



Para asegurar que la selección, organización y limpieza son mantenidas y mejoradas en las áreas de trabajo.

Cómo estandarizar?



- Integrar las actividades S O L a los métodos de trabajo cotidiano.
- Evaluar los resultados.
- Medidas preventivas.

1. Integrar S O L a los métodos de trabajo.

Manuales, procedimientos y guías de estandarización:

- Estandarizar colores y tipos de líneas
- Codificación de artículos y estanterías
- Guías de ubicación de artículos.
- Etiquetas
- Estándares de limpieza
- Reglamento



3. Implementar medidas preventivas respecto a S O L.

- **SELECCIÓN:** Controlar el ingreso de artículos innecesarios.
- **ORDEN:** Evitar colocar elementos en un lugar que no corresponde.
- **LIMPIEZA:** Detectar y eliminar las fuentes de suciedad.



Fuente: Calidad Rymel

Gráfico 19: Estandarizar

SEGUIMIENTO



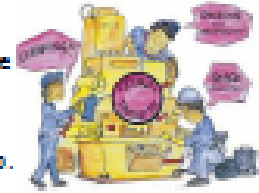
Es necesario garantizar que los cambios se mantengan para no regresar a la situación inicial.



Autodisciplina y compromiso !

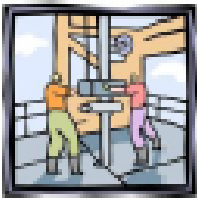
SEGUIMIENTO

- Autodisciplina y compromiso para la creación de hábitos de trabajo y cultura del mejoramiento.
- Liderar con el ejemplo.



"Lo difícil no es llegar sino mantenerse".

¿Para qué hacer seguimiento?



- Para que SOLES se convierta en una cultura; manteniendo los compromisos de S O L a través del compromiso de todos y así podamos disfrutar permanentemente sus beneficios.

Fuente: Calidad Rymel

Cómo hacer seguimiento?



- Capacitación de todo el personal.
- Material de difusión.
- Motivación.
- Garantizar recursos.

Gráfico 20: Seguimiento

Gracias al trabajo realizado con las 5'S y fruto de reuniones particulares con el equipo de trabajo, se lograron identificar todos los actores (clientes y proveedores) del proceso productivo.

4.2.2 Entrevistas cortas informales con los operarios

La finalidad de estas primeras entrevistas de una forma muy rápida e informal, era la de tener un poco la idea de cómo funcionan las cosas al interior de la organización en todos los niveles. Se buscaba comprender desde la óptica de cada uno de los colaboradores y sus diferentes niveles jerárquicos, el pensar de cada uno de ellos, de modo que el VSMM fuese más ajustado a la realidad y no estuviese sesgado. De nuevo la finalidad de estas primeras entrevistas no era la de tomar ninguna determinación, simplemente se buscaba generar confianza y cercanía con el personal al igual que un entendimiento muy básico del mismo

4.2.3 Recorrido no formal del proceso productivo

Se hizo una primera visita a planta, no se mapeo nada ni se tomaron decisiones de ningún tipo, simplemente se visualizó el proceso para interiorizar de cierta manera la forma como el mismo fluye.

4.3 Descripción y Entendimiento del Proceso

Una vez familiarizados levemente con el flujo de los procesos y con el apoyo de las directivas de la organización, se procede a iniciar con la siguiente fase del proyecto. Esta siguiente fase, busca de una manera oficial y de la mano de los miembros del equipo productivo lograr una adecuada descripción y entendimiento del mismo de una forma oficial.

Para ellos se hacen 2 ejercicios de unos 5 minutos. En estos ejercicios se busca que sean los miembros del proceso quienes definan cuales son todos los clientes y proveedores internos y externos que intervienen en la cadena de valor.

Lo que se busca con esto es lograr identificar primero si hay un real entendimiento de los procesos al interior de la compañía y sus miembros, y tener una idea metal del mapa de valor que posteriormente se realizará.

4.3.1 Resultados “ejercicio de los 5 minutos”

Producto del ejercicio de los 5 minutos con diversos miembros de la organización en las diversas secciones, se obtienen los siguientes resultados:

- Proveedores por sección
 - Compras
 - Acero al Silicio (Posco, Thyssen Krupp, Mitsui, Technosteel)
 - Aceite (Importex, Calumet, Cargill/FR3)
 - Material Aislante (Weidmann, Isovolta)
 - Conductores Eléctricos (Centelsa, Xinyiu, Laminaco, CM, Rospont, Kunyao)
 - Aisladores (Gamma, Leosan, HJ)
 - Pintura en Polvo (Akzo Noble, Axalta, Govensan, Pintuco)
 - Gases y Soldadura (Praxair, Cryogas/Indura)
 - Lamina de hierro (Ternium, Arme, G&J, Aceros Mapa)
 - Núcleo
 - Almacén
 - Ingeniería de Diseño
 - Ingeniería de Producción
 - Bobinados
 - Almacén
 - Ingeniería de Diseño
 - Ingeniería de Producción
 - Armado
 - Bobinados
 - Núcleo
 - Almacén
 - Conexión
 - Armado
 - Almacén
 - Encube
 - Conexión
 - Pintura

- Almacén
 - Metalmecánica
 - Almacén
 - Ingeniería de Diseño
 - Ingeniería de Producción
 - Pintura
 - Metalmecánica
 - Almacén
 - Laboratorio
 - Encube
 - Despachos
 - Laboratorio
 - Almacén
 - Pintura
- Clientes por sección
 - Compras
 - Núcleo
 - Bobinados
 - Armado
 - Conexión
 - Encube
 - Metalmecánica
 - Pintura
 - Despachos
 - Núcleo
 - Horno Recocido
 - Armado
 - Bobinados
 - Bobinado BT
 - Bobinado AT
 - Prensado
 - Horno Curado Bobinas
 - Armado
 - Armado
 - Conexión
 - Conexión
 - Encube
 - Horno Curado Partes Activas
 - Encube
 - Bomba Vacío
 - Laboratorio
 - Metalmecánica
 - Cizalla
 - Troquelado
 - Rolado
 - Rebordeado

- Fabricación Aros
 - Doblez
 - Fabricación Radiadores
 - Soldadura
 - Chequeo
 - Pintura
- Pintura
 - Tanques Lavado
 - Cabina de Pintura en Polvo
 - Emblemado
 - Encube
- Laboratorio
 - Despachos
- Despachos
 - Transporte Nacional
 - Transporte Internacional

Cabe resaltar que, para la sección de compras, se clasificaron los proveedores como críticos y no críticos. El VSMM se aplicó solo para proveedores críticos, pues los otros son proveedores de productos de fácil consecución, multiplicidad de proveedores y tiempos de entrega muy cortos (se pueden considerar inmediatos), por este motivo se determina no necesario su involucramiento en estas fases iniciales y quizá tampoco sea necesario en el proceso del VSMM en general.

4.4 Identificación de los Procedimientos

Una vez identificados los principales autores de la cadena de valor, se procedió a realizar la actividad relámpago de 30 segundos (no se permiten justificaciones o discusiones) en donde diversas personas de la organización, junto que los líderes escogidos para la implementación listaron las actividades entre cliente – proveedor (procesos).

Estas actividades posteriormente fueron separadas y organizadas en un orden lógico de modo tal que no hubiera confusión entre actividades y procesos.

Esta información es de vital importancia, pues como se mencionó en capítulos anteriores, es el punto de partida para el mapeo del VSMM.

Una vez recopilada la información se agradece a todo y se procede a explicar a todos los miembros involucrados en el ejercicio y a aquellos del equipo mapeador, que es posible que alguna parte de la información descrita en este ejercicio relámpago no aparezca al momento de realizar el VSMM, pues como ya se ha explicado en el desarrollo de este trabajo, el VSMM opera a manera de una foto instantánea de los procesos productivos

A continuación, se listan los resultados obtenidos:

4.4.1 Resultados Ejercicio Relámpago de 30 Segundos

Operaciones por sección

- Compras

- Negociación con proveedores
 - Generación órdenes de compra
 - Actualización en sistema de necesidades y existencias
- Núcleo
 - Recibir y alistar rollos de acero al silicio
 - Corte bloques según necesidades de producción
 - Cargue horno recocido
 - Descargar horno recocido
- Bobinados
 - Armar matachos
 - Armar cocos
 - Bobinar BT
 - Bobinar AT
 - Alistar conductores
 - Aislar bobinas
 - Alistar bobinas para prensado
 - Cargar horno curado
 - Descargar horno curado
 - Llevar a las estanterías
- Armado
 - Cortar fibra
 - Recoger bloques de acero al silicio
 - Recoger bobinas
 - Integrar bloques acero al silicio con bobinas
 - Llenar tarjeta de seguimiento
- Conexión
 - Poner canastilla
 - Conectar conmutador
 - Conectar terminales de BT
 - Conectar terminales de AT
 - Cargar horno curado
- Encube
 - Descargar horno de curado
 - Alistar tanques
 - Meter parte activa en el tanque
 - Ensamblar accesorios del transformador
 - Hacer vacío
 - Armar tapas
 - Tapar tanques
 - Entregar al laboratorio
- Metalmecánica
 - Recibir y revisar lámina de hierro
 - Cortar lámina
 - Marcar lámina
 - Perforar lámina
 - Rolar o doblar lámina
 - Rebordear tanque

- Soldar tanque
- Escoriar tanque
- Chequear tanque
- Revisión de calidad
- Recibir material para hacer radiadores (celdas)
- Puntear celdas
- Cerrar celdas
- Armar grupos de celdas
- Soldar tubos y correas
- Chequear radiadores
- Cortar aros
- Rebordear aros
- Pulir aros
- Perforar aros
- Pintura
 - Cargar canasta
 - Desengrase
 - Enjuague
 - Decapado
 - Enjuague
 - Enjuague
 - Activador
 - Fosfato
 - Enjuague
 - Descargar canasta
 - Secado y alistamiento de tanques
 - Pintar
 - Hornear
 - Emblemar
 - Despachar a encube tanques
- Laboratorio
 - Chequear equipos
 - Hacer placa
 - Hacer protocolos
 - Sacar transformadores del laboratorio
- Despachos
 - Limpiar
 - Retocar
 - Poner plástico
 - Estibar o enguacalar
 - Cargar carros

4.5 Recorrido del Proceso Productivo y VSMM Actual

Fruto de los resultados obtenidos en los ejercicios relámpago se procedió con el equipo de trabajo a realizar recorridos por los procesos productivos. Durante estos recorridos se tomaron tiempos de fabricación, tiempos de tránsito de materias primas, esperas, inventarios, paros no programados.

Igualmente se observaron metodologías de trabajo, tiempos de montaje, cambios de referencia, tiempos de los procesos por bache (hornos de recocido, pintura y curado), tiempos de chequeo y demás operaciones que influyen en el proceso global.

4.5.1 VSMM's Actuales

Para poder realizar los VSMM's, fue primero necesario determinar los paretos de los equipos que Rymel fabrica de modo tal que se dé línea de trabajo para el equipo mapeador y así tengan claridad sobre qué tipo de equipos y sus procesos mapear.

Esto se hace con el entendido que son los equipos Pareto (P-Q) aquellos que representan mayor cantidad de equipos fabricados y que cualquier eliminación de mudad impacta altamente los resultados de la compañía en cuanto a tiempos que es el principal motivo de este proyecto y por qué no, en cuanto a rentabilidad.

Para hallar estas familias a mapear se hizo una consulta en el software UNOE de la compañía. En ella se sacó información de producción para el último año y esto fue lo que se encontró:

4.5.1.1 Identificación Pareto (P-Q) Para la Elaboración del VSMM

PRODUCCIÓN TDS ÚLTIMO AÑO (Ene-21 a Ene-22)

<i>SUM de Q.E.(inv.)</i>	<i>Tipo</i>							
<i>Fases</i>	AU	CM	CV	PD	SE	SU	Suma total	Participación por Fases
1	3323		18130	189	22	8	21672	86.97%
3	143	23	2052	727	277	26	3248	13.03%
Suma total	3466	23	20182	916	299	34	24920	
Participación por Tipo	13,91%	0,99%	80,99%	3,67%	1,2%	0,14%		

Fuente: Software Producción Rymel

Tabla 2: Pareto Número de Unidades Producción Rymel

Producto de esta consulta se pudo evidenciar que las dos familias que predominan en el sistema productivo de la compañía son las de los transformadores convencionales monofásicos y trifásicos con un 80.99% de total de la producción y de ella el 86.97% de la producción es para equipos monofásicos

Con base en esta información, la orientación del VSMM se hará enfocada en estas dos familias de productos. Después de hablar con el equipo mapeador y los directores de producción, se determinó que era necesario también, encontrar una potencia equivalente para los transformadores

monofásicos y una potencia equivalente para los transformadores trifásicos con el fin de poder estandarizar algunos tiempos de ciclo para el cálculo global de las variables del VSMM.

4.5.1.2 Identificación Potencia Equivalente

Rymel tienen una gran variedad de productos en su portafolio y sus clientes pueden pedir desde lotes de 1 unidad hasta lotes de 1500 o más unidades en cualquier momento. Esta variabilidad ha generado al interior de la compañía una necesidad de buscar la mejor forma de medir la productividad en sus procesos.

Se aprovechó entonces la necesidad de buscar una mejor manera de medir la producción y se dictamina que es mediante el uso de potencias equivalentes, algo que también se tuvo en cuenta para la elaboración del VSMM.

Para tal fin, se recopiló la información de los equipos vendidos en el último año y con esta información se encontraron las potencias o grupos de potencias más representativas de las dos familias de transformadores.

Después de realizar este análisis se concluye que la potencia equivalente será basada en el grupo de equipos monofásicos entre 0.5 KVA y 10 KVA. Igualmente, se identifica un grupo base de potencias trifásicas que va desde los 10 KVA hasta los 50 KVA.

El motivo de dicha selección es debido a que cuando se analizan en conjunto los tiempos de ciclo/proceso para cada uno de estos equipos, estos son bastante parecidos en el global. Si bien son equipos de potencia y fabricación levemente diferente, sus procesos globales terminan siendo bastante parecidos.

Adicionalmente se identificó el promedio de pedidos que entran a la organización mes a mes de modo tal que se pudiera calcular el takt time.

4.5.1.3 Identificación del Takt Time

Uno de los elementos de mayor importancia en la elaboración del VSMM es el takt time. Para ello se hizo uso del informe sobre los equipos pedidos en el último año y se discriminó mes a mes el requerido de equipos monofásicos y trifásicos arrojando los siguientes resultados:

Mes	Demanda	% Demanda	Monofásicos	Trifásicos
ene-21	2202	8.8%	1919	283
feb-21	2023	8.1%	1801	222
mar-21	1611	6.5%	1297	314
abr-21	1052	4.2%	751	301
may-21	1330	5.3%	1096	234
jun-21	2113	8.5%	1865	248
jul-21	2054	8.2%	1792	262

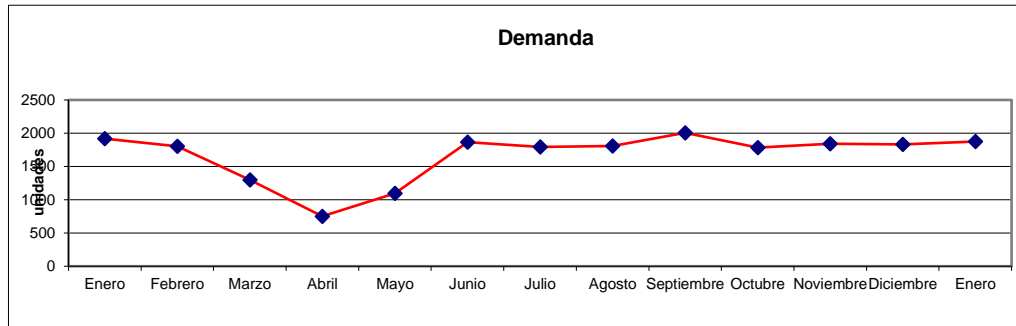
ago-21	2053	8.2%	1810	243
sep-21	2198	8.8%	2006	192
oct-21	1963	7.9%	1785	178
nov-21	2146	8.6%	1841	305
dic-21	2061	8.3%	1834	227
ene-22	2114	8.5%	1875	239
Demanda Total	24920	100.0%		

Fuente: Software Producción Rymel

Tabla 3: Demanda Unidades Producción Rymel Por Tipo

Con esta información a mano se elaboraron 3 tablas de takt time, una para monofásicos, otra para trifásicos y otra global las cuales se ilustran a continuación:

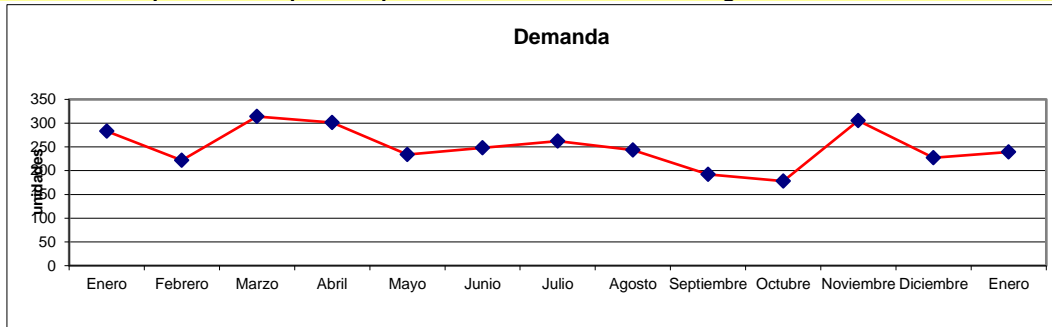
Producto		Transformador eléctrico										
Descripción		Monofásico de distribución										
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
1919	1801	1297	751	1096	1865	1792	1810	2006	1785	1841	1834	1875
											Demanda Mensual	1667
días laborales	22	Tiempo disponible		28800	seg.							
hrs. X turno	8.75	Demanda diaria		76	7920							
turnos	1			0								
Descansos x turno (min)	45	TAKT TIME		380	Seg/Und		6	Min/Und				
El cliente está dispuesto a comprar una pieza cada							380	segundos				



Fuente: Propia

Tabla 4: Takt Time Monofásicos

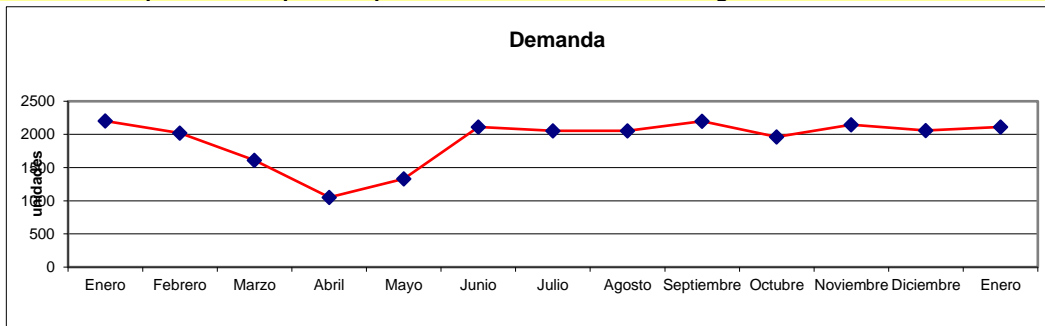
Producto		Transformador eléctrico										
Descripción		Trifásico de distribución										
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
283	222	314	301	234	248	262	243	192	178	305	227	239
Demanda Mensual											250	
dias laborales	22	Tiempo disponible		28800	seg.							
hrs. X turno	8.75	Demanda diaria		11	7920							
turnos	1									0		
Descansos x turno (min)	45	TAKT TIME		2536	Seg/Und		42	Min/Und				
El cliente está dispuesto a comprar una pieza cada							2536	segundos				



Fuente: Propia

Tabla 5: Takt Time Trifásicos

Producto		Transformador eléctrico										
Descripción		Trifásico de distribución										
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
2202	2023	1611	1052	1330	2113	2054	2053	2198	1963	2146	2061	2114
Demanda Mensual											1917	
dias laborales	22	Tiempo disponible		28800	seg.							
hrs. X turno	8.75	Demanda diaria		87	7920							
turnos	1									0		
Descansos x turno (min)	45	TAKT TIME		331	seg/pza		5.50883					
El cliente está dispuesto a comprar una pieza cada							331	segundos				



Fuente: Propia

Tabla 6: Takt Time Global

Una vez recopilada esta información se procedió a recopilar información pertinente a los tiempos de ciclo para cada una de las actividades que agregan valor al producto y junto con información proporcionada por el departamento de producción de la empresa se complementaron el resto de potencias para finalmente poder sacar el VSMM global el cual incluye todos los procesos que agregan valor que son un total de 47 procesos. La tabla 7 muestra un resumen de los tiempos de ciclo:

PROCESO	Fabricación de transformadores	HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS						Fecha análisis		24-28 de Enero 2022			Observador			Ricardo Osorio / Andrés Cardona	
								Hora análisis		7:30 - 17:00							
No.	Elemento de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Moda Tiempos
1	Cizalla	1.00	1.01	1.00	1.01	1.03	1.00	1.02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.05	1.02	1.05	1.01	1.000
2	Cortadora de papel	67.50	63.00	66.50	67.50	67.49	67.50	67.40	68.00	62.00	67.50	64.60	65.50	67.50	67.00	67.50	67.500
3	Quitar Rebaba	104.30	105.00	105.00	105.00	104.90	105.00	103.00	105.10	105.00	105.00	104.90	105.10	105.00	105.10	105.00	105.000
4	Elaboración Cuñas	0.80	0.78	0.81	0.81	0.79	0.80	0.81	0.82	0.81	0.85	0.77	0.81	0.82	0.81	0.83	0.810
5	Elaboración Estuches y Tubos	4.80	4.80	5.00	4.50	4.90	4.82	4.80	4.81	4.90	5.00	4.40	4.80	4.70	4.80	4.83	4.800
6	Bobinado BT	26.00	26.70	26.25	26.25	26.28	26.25	26.25	26.20	25.98	27.25	26.00	26.24	26.25	26.28	27.00	26.250
7	Bobinado AT	43.10	43.21	43.11	43.10	43.10	43.11	43.13	43.14	43.10	42.98	44.00	42.95	43.20	43.13	43.22	43.100
8	Prensado Bobinas	3.01	2.59	3.00	3.02	3.05	3.00	3.00	3.01	3.00	3.03	3.05	2.97	3.00	3.04	3.01	3.000
9	Secado Bobinas	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.143
10	Desprensado Bobinas	2.00	2.03	2.01	2.05	2.00	2.05	2.01	2.00	2.03	2.00	2.00	2.00	2.06	2.00	2.01	2.000
11	Armado Parte Activa	20.00	21.00	21.50	22.00	22.00	23.00	21.70	22.00	22.05	22.50	22.80	22.01	22.80	20.00	23.00	22.000
12	Conexión Parte Activa	30.00	30.50	30.88	30.88	30.50	32.00	33.20	30.87	30.88	30.86	30.89	31.00	30.88	30.86	30.88	30.880
13	Secado Parte Activa	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.143
14	Corte Núcleo Unicore	26.40	26.52	26.56	26.52	25.56	25.96	26.00	26.48	26.52	26.48	26.52	26.00	26.40	26.60	26.52	26.520
15	Corte Núcleo Tranco	19.94	20.10	20.06	19.80	19.84	19.94	19.94	19.98	20.00	19.94	19.78	20.02	19.94	19.92	19.94	19.940
16	Prensado Núcleo	12.30	11.89	12.18	12.29	12.24	12.35	12.30	12.27	12.45	12.30	12.33	12.41	12.30	12.33	12.30	12.300
17	Recocido Núcleo	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.900
18	Cortar Monofásicos	4.10	4.00	4.10	4.20	4.00	4.00	4.00	4.01	4.05	4.50	3.00	3.78	4.00	3.88	3.95	4.000
19	Troquelar Monofásicos	12.10	12.00	12.20	12.10	12.50	12.30	12.10	12.00	12.40	12.10	12.10	12.30	12.20	12.25	12.15	12.100
20	Rolado	2.05	2.02	2.10	2.11	2.20	2.07	2.11	2.03	2.10	2.02	2.03	2.09	2.00	2.10	2.16	2.100
21	Rebordeo	6.35	6.50	6.48	6.51	6.50	6.50	6.78	6.46	6.30	6.50	6.60	6.54	6.50	6.30	6.50	6.500
22	Soldar Monofásicos	27.00	27.53	26.45	27.00	23.89	27.44	27.00	27.12	27.05	27.00	26.88	26.54	27.30	27.00	25.42	27.000
23	Cortar Aros	0.52	0.49	0.50	0.48	0.55	0.51	0.50	0.50	0.52	0.51	0.48	0.50	0.50	0.49	0.48	0.500
24	Rebordeo Aros	0.75	0.75	0.80	0.81	0.70	0.75	0.72	0.73	0.71	0.75	0.75	0.72	0.73	0.75	0.77	0.750
25	Doblar Aro	0.83	0.78	0.83	0.83	0.79	0.80	0.83	0.81	0.82	0.83	0.85	0.83	0.90	0.83	0.80	0.830
26	Perforar Aro	0.27	0.27	0.24	0.25	0.30	0.31	0.26	0.27	0.30	0.24	0.27	0.26	0.27	0.24	0.27	0.270
27	Descolillar Aro	0.49	0.48	0.49	0.50	0.51	0.50	0.55	0.49	0.50	0.50	0.55	0.52	0.50	0.50	0.50	0.500
28	Pulir Aro	1.27	1.29	1.30	1.31	1.30	1.31	1.29	1.25	1.33	1.30	1.30	1.31	1.35	1.28	1.34	1.300
29	Soldadura de Costura	2.12	2.00	2.00	2.10	2.10	2.10	1.50	2.00	2.12	2.15	2.10	2.10	2.11	2.09	2.01	2.100
30	Armar Grupos	23.00	24.50	23.00	25.00	25.00	25.00	25.20	25.30	25.00	24.55	26.01	27.00	25.30	25.00	26.77	25.000
31	Soldar Tubos y Correas	34.00	34.50	33.20	35.00	35.00	31.50	35.05	34.50	35.00	32.45	33.25	35.00	35.15	35.00	35.16	35.000
32	Chequear Grupos	40.15	41.00	40.00	41.25	40.00	40.00	43.10	41.50	40.20	40.00	40.10	40.13	40.15	40.00	40.00	40.000
33	Cortar Trifásicos	9.00	9.00	8.50	8.55	9.01	9.12	9.00	8.44	8.33	8.15	9.00	9.00	9.25	9.33	9.00	9.000

34	Troquelar Trifásicos	19.00	18.31	18.05	18.00	19.00	18.55	19.22	19.00	19.00	19.00	19.48	19.33	19.00	19.24	19.00	19.000	
35	Doblar Trifásicos	6.56	7.12	6.44	6.52	6.56	6.56	6.51	6.00	6.56	8.00	6.55	6.56	7.00	6.56	6.52	6.560	
36	Soldar Trifásicos	86.54	85.88	87.30	87.00	84.66	87.00	86.95	87.00	87.10	86.65	87.00	84.22	85.05	86.37	87.00	87.000	
37	Chequear Tanques	19.00	20.00	20.10	20.00	20.50	19.00	18.20	20.00	20.30	19.50	20.00	19.30	20.25	21.00	21.30	20.000	
38	Control Calidad Tanques	10.00	9.30	10.05	10.10	9.25	9.50	10.33	10.00	10.00	10.40	10.20	10.15	8.45	11.20	9.55	10.000	
39	Pre-tratamiento tanques	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.000	
40	Secado	14.40	13.25	14.55	15.00	15.00	15.20	15.30	14.50	15.10	15.00	15.00	15.00	15.20	15.50	16.00	15.000	
41	Pintar en Polvo Tanques	44.30	44.55	45.00	45.12	45.08	45.00	45.01	45.00	45.59	46.20	44.39	44.26	45.02	45.00	40.03	45.000	
42	Curar Pintura	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.000	
43	Emblemar Tanques	5.28	5.50	6.01	6.02	6.00	6.00	5.59	5.57	6.01	6.00	6.00	6.03	6.00	5.48	5.57	6.000	
44	Encubar	23.86	24.00	24.15	23.80	23.86	22.56	25.57	23.86	23.85	23.77	23.86	22.88	23.86	22.00	22.15	23.860	
45	Laboratorio	29.00	30.00	30.00	28.00	29.00	27.00	30.00	32.00	31.00	30.00	31.00	30.00	29.00	33.00	36.00	30.000	
46	Alistamiento	18.50	19.00	20.00	20.00	19.56	21.30	19.80	22.00	21.47	20.00	20.33	20.05	21.23	24.90	20.00	20.000	
47	Despacho	2.20	2.20	2.10	2.30	2.50	2.33	2.15	2.44	2.50	2.50	2.50	2.49	2.50	2.20	2.47	2.500	
																	SUMATORIA MODAS	941.156
	Sumatoria Tiempos de ciclo	927.976	929.536	933.986	938.776	933.186	935.176	943.366	944.646	939.117	941.446	938.806	935.936	940.826	946.596	944.106		

Fuente: Propia

Tabla 7: Tiempos de Ciclo

Una de las dificultades que se encontraron durante el mapeo de valor fue la de mezclar procesos con tiempos de ciclo por unidad (individuales) con partes del proceso por bache. Para estos procesos fue necesario el uso de unidades equivalentes, para poder sacar la unidad de medida para dichos procesos. Habiendo dicho esto, las siguientes consideraciones fueron tenidas en cuenta para la definición de los tiempos de ciclo.

- El tiempo de ciclo de los hornos de prensado bobinas y conexión es de 720 minutos
- La capacidad de carga para los hornos de armado y conexión es de 140 unidades
 - Para calcular el tiempo de ciclo de estos dos procesos, se dividió el tiempo de horno entre el número de bobinas o partes activas conectadas que caben en el horno
- La capacidad del horno de recocido es de 5000 kilos
- Se dictaminó que en promedio los núcleos de los transformadores pesan 30 kilos
 - Se determina entonces que la capacidad del horno es de 167 unidades equivalentes aproximadamente
- El tiempo de ciclo del horno se divide sobre la capacidad total de carga del mismo y el número de unidades equivalentes por carga
- El armado de las partes activas trifásicas toma en promedio 20 minutos mas
- La conexión de las partes activas trifásicas toma en promedio 35 minutos mas
- El tiempo de encube de los transformadores trifásicos es en promedio un 20% mayor que el de los monofásicos.

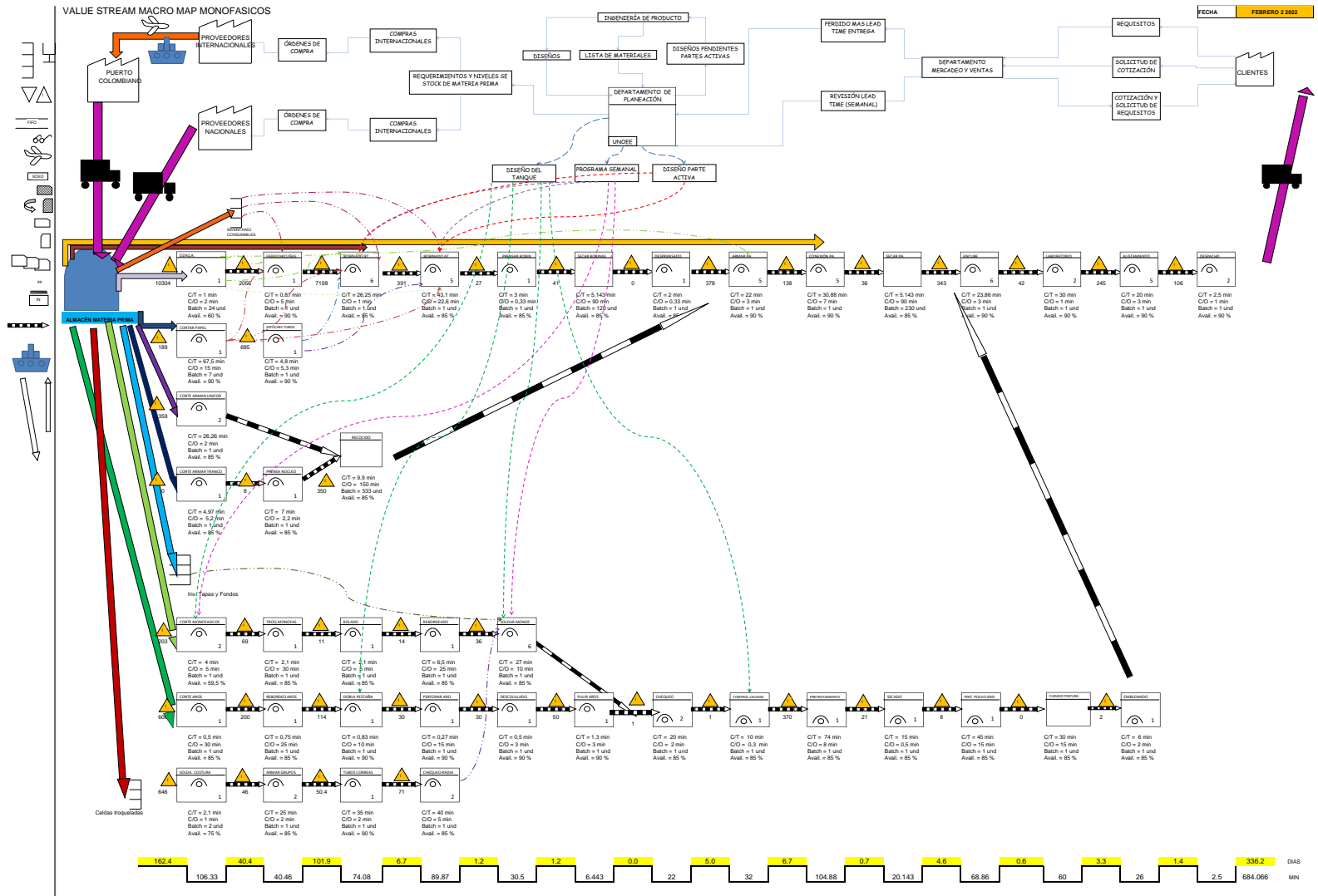
- El tiempo de laboratorio de los transformadores trifásicos es en promedio un 15% mayor que el de los monofásicos
- El tiempo de alistamiento de los transformadores trifásicos es en promedio un 10% mayor que el de los monofásicos

Una vez recopilada toda la información requerida se hacen individualmente VSM's para cada una de las secciones de la compañía. Una vez diagramados los VSM's individuales, se procede a integrarlos todos en un solo mapeo dando origen al VSMM global actual.

Sin embargo, para tener un mejor entendimiento del VSMM, se observó que era necesario realizar un VSMM para el proceso de los transformadores monofásicos y otro para el de los transformadores trifásicos y así filtrar de cierta manera un poco del ruido que se detectó en el VSMM global, y estos fueron los resultados obtenidos:

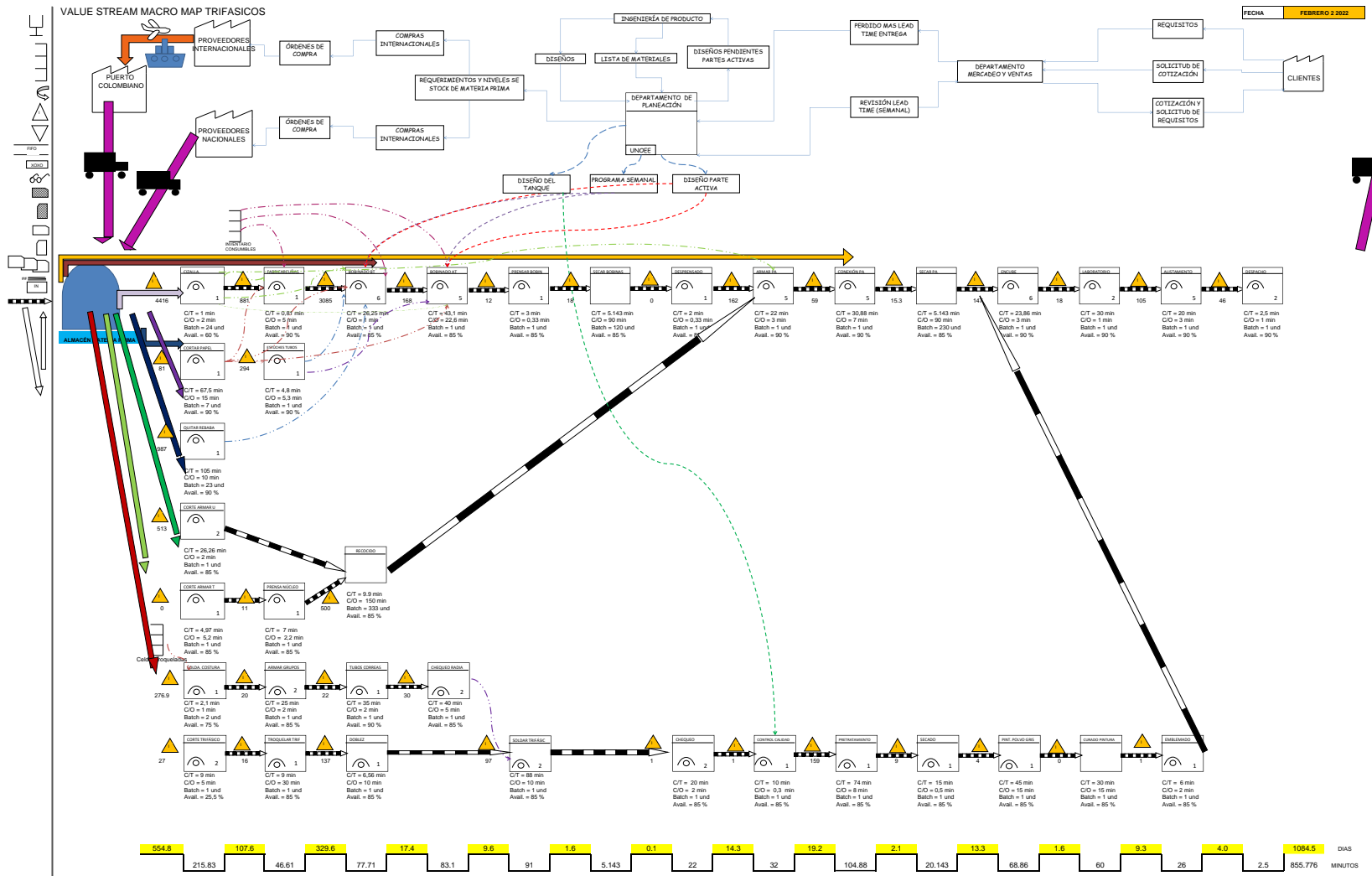
4.5.1.4 VSMM Actual para Transformadores Monofásicos y Trifásicos

(Ver Gráficos del VSMM en las siguientes páginas)



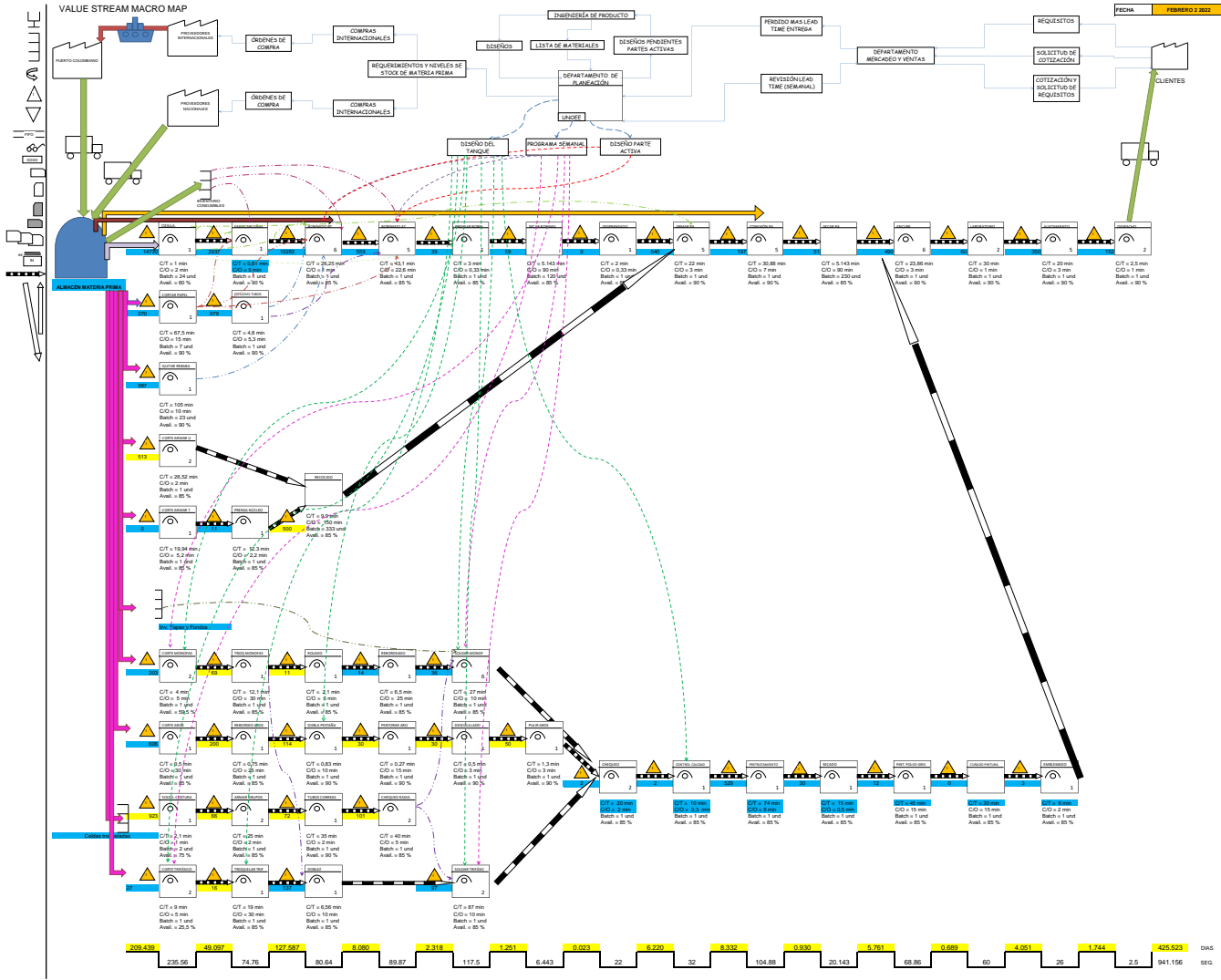
Fuente: Propia

Gráfico 21: VSMM Actual Monofásicos



Fuente: Propia

Gráfico 22: VSM Actual Trifásicos



Fuente: Propia

Gráfico 23: VSM Actual Global

4.6 Análisis de Información y Eventos Kaizen Sugeridos

Una vez finalizado el primer ejercicio de mapeo con el estado actual de los procesos, el equipo mapeador analizó el resultado del ejercicio y logró identificar algunas oportunidades de mejora. Dichas oportunidades están orientadas a reducir los tiempos de fabricación, las esperas, los problemas de calidad, ergonomía, transportes, accidentalidad entre otros, se procede a proponer ideas de mejoramiento las cuales podrán ser incluidas en el VSMM futuro si se logran implementar.

Fruto de esta recopilación se logró observar lo siguiente:

- **Largos tiempos de tránsito para materia prima crítica proveniente del extranjero.**
 - **Acero al silicio (análisis de la situación actual):** Se ha detectado gran variabilidad en los diseños de la empresa, lo cual impide fabricar producciones en serie y la estandarización de los procesos. Dicha variabilidad se debe a las múltiples referencias de los materiales usados (diferentes referencias = diferentes pérdidas → todos los diseños diferentes). Las órdenes de compra de este material se deben programar en promedio con unos 3 meses de anticipación, lo cual genera agotados de algunas referencias de acero al silicio, ante picos inesperados de producción, generando el cambio de referencia y, por consiguiente, inventarios de tanques, bobinas y reprocesos. Los tiempos totales para la reposición de esta materia prima son normalmente de 90 días como mínimo.
 - **Acero al silicio (acciones a tomar):** Se sugiere para reducir la variabilidad tomar la determinación de reducir las clases de acero al silicio. La idea es reducir la variabilidad al solo tener acero al silicio clase MOH (que es la mejor clase). Esto arroja diseños más económicos, compactos y eficientes a pesar de ser su precio inicial (el de la materia prima) superior, adicionalmente genera ahorros al no tenerse variación en los diseños y poder estandarizar todas las medidas de bobinas y tanques.
 - **Material aislante (análisis de situación actual):** Se pudo observar que esta mercancía se pide con una frecuencia relativamente baja, pero en cantidades relativamente altas, generando altos inventarios innecesarios, desabastecimientos ante picos inesperados de producción y potencial de deterioro en esta materia prima. Los tiempos totales para la reposición de esta materia prima son normalmente de 60 días como mínimo.
 - **Material aislante (acciones a tomar):** Se sugiere para reducir los desperdicios, el alto inventario y mejorar la calidad de los materiales aislantes se decidió, seguir comprando los estuches, tubos y las cuñas ya fabricadas por el proveedor aprovechando que este tipo de productos está dentro de su portafolio y tienen la facilidad de tener equipos en zona franca colombiana. Estos elementos se comprarán en una presentación tipo manguera para los estuches y tubo largo de 3 metros para los tubos. Con respecto al papel crepe y el papel de rombo epóxico se sugiere comprar cortados a las medidas requeridas por producción. Adicionalmente se negociará con el proveedor el tener la mercancía que Rymel consume en zona franca, para reducir los tiempos de suministro a máximo 1 semana.
 - **Aisladores y Pararrayos (análisis de situación actual):** Los tiempos de entrega son aproximadamente de 20 días en el caso de los aisladores y unos 30 – 45 días en el caso de los pararrayos. Se observa retrasos en las entregas debido a altos porcentajes de rotura en el control final del proveedor en ocasiones. También se observan altos

tiempos de entrega en ocasiones para los pararrayos pues estos no son de fabricación local y sus tiempos de tránsito son variables. Finalmente, con respecto a los aisladores de baja tensión, se observa que en ocasiones el proveedor tiene problemas para conseguir materia prima (cobre y bronce), para la fabricación de los herrajes. Adicionalmente presentan en ocasiones problemas para lograr la mezcla adecuada del material requerido para los herrajes. Debido a estos retrasos y al ser considerada esta materia prima como crítica, la organización maneja altos niveles de inventario para estas referencias.

- **Aisladores y Pararrayos (acciones a tomar):** se sugiere desarrollar nuevos proveedores para estos accesorios. Adicionalmente se sugiere lograr acuerdos para manejar esta materia prima en plan consignación o plan confianza en las instalaciones de Rymel para reducir los inventarios y garantizar el suministro ininterrumpido de estos accesorios. Se sugiere también manejar materia prima en consignación o plan confianza para reducir los inventarios y garantizar el suministro ininterrumpido de los aisladores y pararrayos
- **Lámina de hierro para la fabricación de los transformadores (análisis de situación actual):** Se observa un consumo mensual de unas 200 toneladas en promedio. El desperdicio debido al formato en el que viene la lámina y al tamaño de los tanques que se fabrican en la empresa es entre un 10% – 15%.
- **Lámina de hierro para la fabricación de los transformadores (acciones a tomar):** Se sugiere analizar la posibilidad de manejar la lámina en blancos (o sea que venga de las dimensiones exactas que producción requiere), con el fin de reducir los desperdicios y los tiempos de procesamientos, pues no habría que cortar la lámina.
- **Perforación tanques (análisis de situación actual):** Los tiempos de procesamiento al igual que los transportes internos son relativamente elevados. Se presentan en ocasiones errores de calidad debido a malas mediciones (error humano). Se presentan problemas de calidad en ocasiones debido a desgaste de los troqueles actuales y de la maquinaria.
- **Perforación tanques (acciones a tomar):** Se sugiere la programación de la punzonadora desde el mismo software de ingeniería. Esto se hace aprovechando que recientemente la compañía actualizó la maquinaria usada para el proceso de troquelado y esta es una funcionalidad que trae la máquina y no se está aprovechando. El uso de estas máquinas no solo redujo los tiempos de troquelado de las piezas, sino que también redujo los errores humanos al no ser necesaria la intervención adicional al momento de programar los cortes. Se sugiere que, desde la punzonadora, se haga la marcación de todas las medidas críticas de los tanques, para así evitar el error humano
- **Doblado tanques (análisis de situación actual):** Hay riesgo de atrapamiento.
- **Doblado tanques (acciones a tomar):** Se recomienda la implementación de sistemas preventivos que eviten el riesgo de atrapamiento mediante el uso por ejemplo de haz de luz o cualquier otra alternativa de seguridad.
- **Rebordeo de Tanques (análisis de situación actual):** Se observa que el proceso es bastante rudimentario y la máquina es bastante vieja. La máquina actual no tiene una presión pareja, lo cual genera que los cilindros deban ser rebordeados varias veces para que los tanques no queden muy ovalados y el rebordeo adquiera la geometría adecuada.
- **Rebordeo de Tanques (acciones a tomar):** Se recomienda cambio de maquina por una con control numérico, más ergonómica, más rápida y que garantice la presión continua

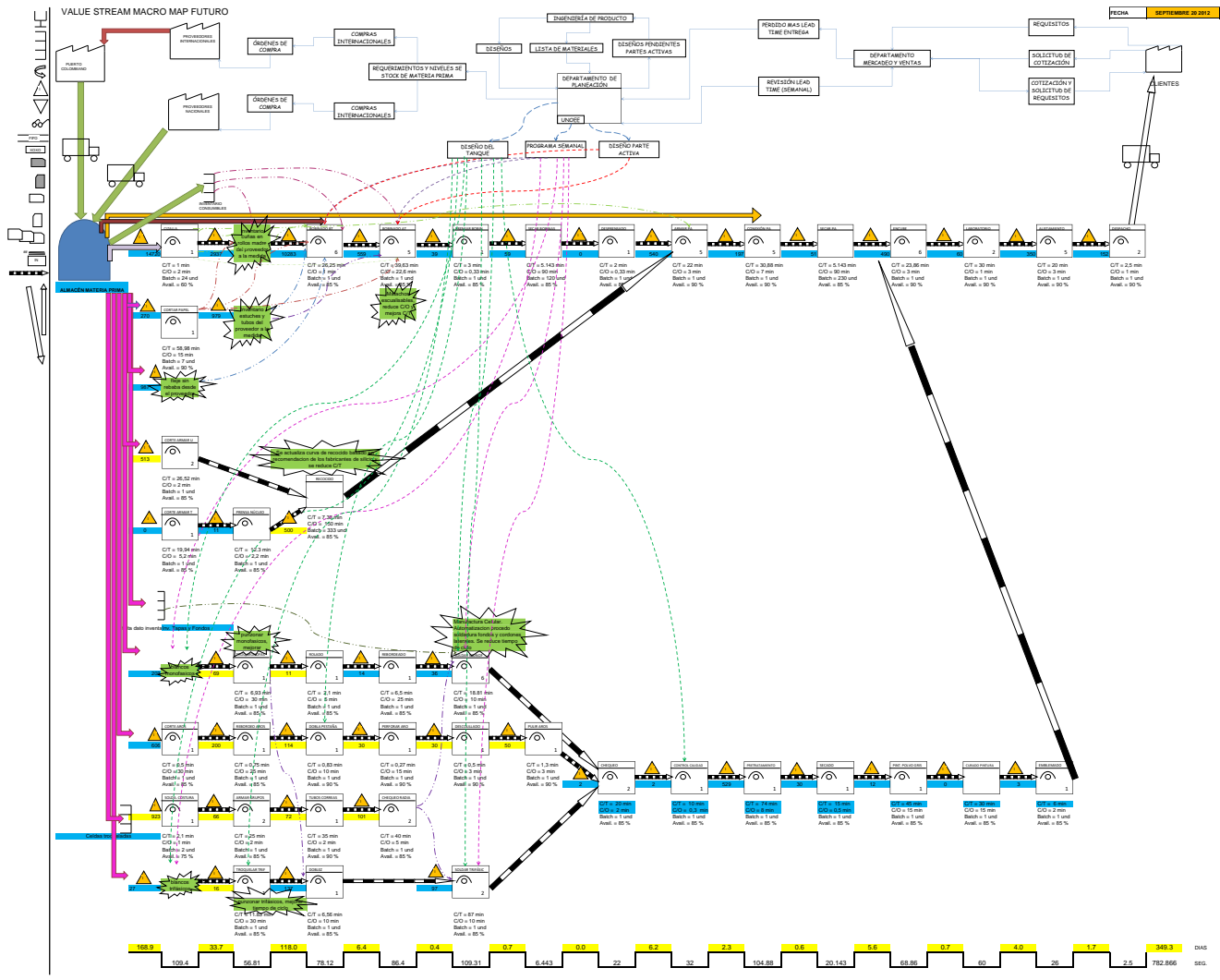
- a lo largo del rebordeo, de modo tal que los tanques salgan en menor tiempo, no sea necesario enderezarlos para garantizar su circunferencia y una geometría adecuada.
- **Soldadura de costura (análisis de situación actual):** Se observan problemas de producción debido a que en repetidas ocasiones las celdas quedan mal soldadas o se rompen debido a altas corrientes. La máquina tiene consumos de energía bastante elevados, y sus consumibles no están durando el tiempo que deberían.
 - **Soldadura de costura (acciones a tomar):** Se sugiere hacer un mantenimiento general de la máquina. Se sugiere cambio del transformador de la máquina, revisar piñonería, coronas, sistema de refrigeración y el sistema hidráulico. Con el fin de reducir tiempos de fabricación, problemas de calidad y consumo de energía. Se recomienda cambio de los discos de costura en material de cobre, por unos discos en aleación apta para este tipo de operaciones y que resista las altas corrientes.
 - **Soldadura de tanques (análisis de situación actual):** Se presentan problemas de interpretación de planos, los operarios manifiestan que esto se debe al tamaño de los mismos (muy pequeños), y la gran cantidad de información contenida en ellos. Se pierde mucho tiempo escoriando los tanques.
 - **Soldadura de tanques (acciones a tomar):** Se recomienda hacer nuevamente trabajo de capacitación con los soldadores en temas de lectura e interpretación de planos, manejo adecuado de los gases de soldadura y capacitación en GMAW (Gas Metal Arc Welding) para mejorar la aplicación y calidad de la soldadura y así reducir las fugas, los poros y la cantidad de escoria generada al momento de soldar, reduciendo los tiempos de chequeo de tanques. Se recomienda automatizar el proceso de soldadura de los cordones laterales e inferiores de los tanques monofásicos y trabajar los tanques monofásicos en una célula de manufactura independiente.
 - **Bobinados (análisis de situación actual):** Se observan largos tiempos de montaje de matachos y cambios de referencia. Los bobinadores deben ajustar con cualquier método posible los matachos en donde se fabrican las bobinas de los transformadores de distribución. Una vez listas las bobinas deben quitar todos estos ajustes a los matachos para poder retirar la misma y comenzar nuevamente desde cero para fabricar una bobina nueva. Debido a esta situación, se ha observado que en ocasiones las bobinas pierden su medida, o tienen “barrigas” al interior de las mismas, generando problemas de calidad y retrasos al momento de ensamblar o prensar las mismas. Se observa un elevado número de matachos para las múltiples referencias de bobinas que se manejan al interior de la empresa, producto de la gran variabilidad en los diseños. Se observan cuellos de botella en esta sección.
 - **Bobinados (acciones a tomar):** Se sugiere la fabricación de matachos expandibles, los cuales simplifiquen el tiempo de montaje y desmontaje de las bobinas, igualmente generando la calidad de las mismas y eliminando el exagerado número de matachos que se mantienen en la sección dándole un mejor uso al espacio productivo y mejorando el ambiente de trabajo. Se recomienda la contratación de más personal para la sección pues la capacidad instalada no es suficiente con lo requerido por producción. Se recomienda actualizar gran parte de la maquinaria, de modo tal que haya mayor número de bobinadoras del mismo tipo, logrando así la estandarización de los procesos al interior de la sección pues ya no se dependería del tipo de máquina.
 - **Armado y Conexión (análisis de situación actual):** Se observa represamiento de material en estas secciones, el personal no es capaz de evacuar todo lo que se produce.

- **Armado y Conexión (acciones a tomar):** Se recomienda la contratación de nuevo personal para implementar un nuevo turno o reforzar la sección.
- **Laboratorio (análisis de situación actual):** Se observan altos tiempos requeridos para hacer el chequeo, la fabricación y montaje de placas y la generación de los protocolos y garantías de los equipos chequeados. Se observa errores humanos en la generación de protocolos.
- **Laboratorio (acciones a tomar):** Se sugiere la implementación de un nuevo turno en la sección de chequeo. También se sugiere la creación de una macro en Excel para la elaboración de los protocolos, esto con el fin de minimizar los errores humanos y garantizar la veracidad de los protocolos generados en el laboratorio. Se sugiere la implementación de estaciones de chequeo remotas, que permitan evacuar las diferentes pruebas de calidad conforme los equipos vayan saliendo de la sección de encube.
- **Despachos (análisis de situación actual):** Se observa tiempos altos de transporte. Se está trabajando mucha producción en serie que requiere de estibas y huacales de la misma referencia. En ocasiones no se tiene la certeza de las cantidades que se pueden cargar al interior de un camión o un contenedor previo su llegada, lo cual retrasa los procesos de facturación. Hay acuerdos con múltiples transportadoras para garantizar los costos más bajos en los transportes al igual que la prontitud en las entregas, pues cada transportadora tiene sus zonas donde son más fuertes y rápidos en las entregas.
- **Despachos (acciones a tomar):** Se recomienda comprar la madera para despachos grandes ya cortada con las medidas, de modo tal que solo sea necesario el armado de los huacales. Igualmente se sugiere la negociación con un tercero para la fabricación de aquellas estibas de consumo masivo. Se sugiere un sistema de control de la mercancía con ubicación, que permita ubicar con prontitud los equipos en la sección de despacho, controlar mejor el proceso de facturación, seleccionar los equipos y evitar errores humanos al despachar los equipos

4.7 Elaboración del VSMM futuro

Producto de los análisis realizados a los VSM's y VSMM Actual de la compañía se proponen los siguientes VSM's y VSMM futuro. Al igual que cuando se planteó la elaboración del VSMM Actual, la metodología será la misma. Se propone mapear individualmente las diferentes secciones mediante un VSM, para posteriormente integrar estos mapas en un VSMM Futuro. En esta oportunidad por practicidad y gracias al conocimiento adquirido, se entregará solo el VSMM Completo Futuro.

(Ver Gráficos del VSMM Futuro en la siguiente página)



Fuente: Propia

Gráfico 24: VSM Futuro Global

4.8 Eventos Kaizen sugeridos

Basado en el análisis realizado después de realizar los VSM's y haber hecho ciertas sugerencias, se sostuvieron varias reuniones con el equipo de trabajo y las directivas de la empresa, para analizar la viabilidad de poder implementar dichas sugerencias al igual que otras que fueran surgiendo. Igualmente, para determinar el orden en que se implementarían las que fuesen posibles.

Producto de los recorridos y entrevistas con el personal, se pudo evidenciar que la compañía viene en un proceso de actualización tecnológica que requiere alta inversión y obvio mejorará los procesos en sus tiempos de ciclo, costos y seguridad. Algunas ideas o sugerencias se plantearon más que como una necesidad de empresa y no como un resultado del VSMM, aunque el VSMM y su proceso de construcción fase a fase haya evidenciado lo mismo.

Conscientes del alto precio de estos equipos, se trató de hacer un cronograma de renovación de equipos acorde a las capacidades de la organización y las necesidades de cada sección.

También se hizo especial énfasis en el ahorro de energía y calor, pues es una forma de desperdicio que puede pasar desapercibida, pero su costo en el tiempo es bastante elevado e incluso incalculable.

Se buscó atacar los tiempos de procesos y cambios de referencia elevados los cuales se atacaron mediante SMED, LUP, Células de manufactura, JIT entre otros.

Finalmente se hizo un esfuerzo grande con la mayoría de los proveedores de materia prima crítica, para cambiar la forma de negociación y así obtener mejores precios y una mejor capacidad de reacción, garantizando los suministros y reduciendo los tiempos de entrega al igual que los elevados inventarios generados por dichas materias primas.

Estos son los resultados de los eventos kaizen implementados al interior de la organización.

El la descripción de estas mejoras se realizar en un orden lógico del proceso productivo tal cual aparece en los VSMM, se indicará el área intervenida, la parte del proceso que fue intervenida y los resultados obtenidos

4.8.1 Eventos Kaizen Sección de Bobinados

En la sección de bobinados se evidenciaron oportunidades de mejora asociadas a la maquinaria y proveeduría de las materias primas ya fuese en su forma o proveedor

Los 3 eventos Kaizen aplicados en esta sección fueron en la cizalla, en las bobinadoras de AT y BT y en la proveeduría de materia prima

4.8.1.1 Mejora Cortadora de Papel

En el VSMM actual, se evidencio una cortadora de papel con una longitud de rodillo cercana a 1200 mm. Esto significaba que el ancho máximo del rollo madre no podía exceder los 1016 mm (esta era la limitante de la máquina). El VSMM evidenció que la multiplicidad de máquinas en la sección de bobinados, hacía que este proceso en momentos pudiera no llegar a dar abasto, aumentando los tiempos de ciclo del proceso de corte y de bobinados.

Se evidenció también un inventario relativamente elevado para compensar las limitantes de la máquina.

El evento kaizen fue entonces orientado a la negociación de la materia prima y a intervenir la máquina como tal. Se habló con el proveedor primero sobre la posibilidad de comprar rollos madre de mayor longitud y si esto tendría algún beneficio en el precio unitario del papel. El proveedor aceptó dicho cambio y ofreció mejora en el precio y financió parte del proyecto.

Las directivas de la empresa aceptaron la fabricación de una nueva cortadora de papel con capacidad de manejar rollos madre de mayor longitud. Todo el corte de la estructura de la nueva cortadora de papel se hizo en la máquina laser, garantizando mejor precisión y estabilidad de la misma, lo cual derivó en cortes mas precisos del papel. Finalmente, la máquina permite cortar hasta 6 rollos de papel “hijos” en simultaneo. (Ver imagen 1 con la máquina vieja y nueva)

Beneficios:

- Reducción en el tiempo de ciclo en 8.52 minutos o un 13% menos de tiempo
- Reducción en el precio por kilo del papel. Este tiene un gran impacto si se tiene en cuenta que la empresa consume unas 7-8 toneladas de papel al mes
 - El papel de la referencia antigua tiene un precio por kilo de 5.17 USD mientras que el precio usando los rollos de mayor longitud tiene un precio por kilo de 4.93 USD. Esto representa un ahorro del 5% (ver imagen 2 con cotización)



Fuente: Propia

Imagen 1: Cortadora de Papel (Antes y Después)

WEIDMANN

Quotation BTB 0076-22

Fecha Abril 20, 2022

Cliente: Rymel

Contacto: Andrés Felipe Cardona

Tel.: 57 4 4440430

e-mail: andrescardona@rymel.com.co

tem	Descripcion del producto	Dim. (LxAxH) (Pulg)	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
	Papel Diamantado TUF-Flex 0,076 x 1016mm / ID 3" - OD18"	44x44x46	Kg	800	8,16	6.528,00
	Papel Diamantado TUF-Flex 0,076 x 1524mm / ID 3" - OD16"	44x44x46	Kg	800	7,79	6.232,00
	Papel Diamantado DPP 0,13 x 1016mm / ID 3" - OD18"	44x44x46	Kg	800	5,17	4.136,00
	Papel Diamantado DPP 0,25 x 1016mm / ID 3" - OD18"	44x44x46	Kg	800	4,70	3.760,00
	Papel Diamantado DPP 0,13 x 1524mm / ID 3" - OD16"	44x44x46	Kg	800	4,93	3.944,00
	Papel Diamantado DPP 0,25 x 1524mm / ID 3" - OD16"	44x44x46	Kg	800	4,50	3.600,00

Fuente: Propia

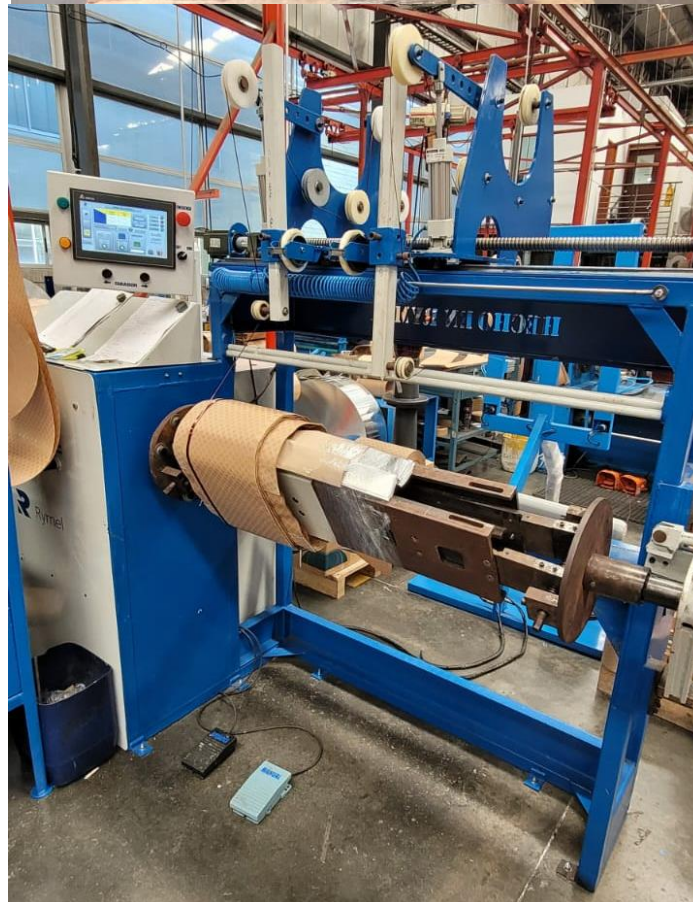
Imagen 2: Cotización Papel Diamantado

4.8.1.2 Mejora Bobinadora AT

En el VSMM se evidenciaron algunas máquinas con algunas limitantes en su capacidad de producción y potencial de paros inesperados por obsolescencia de las bobinadoras. Aprovechando la vinculación a la compañía de un ingeniero mecatrónico al igual que la reciente adquisición de algunas bobinadoras nuevas (una de origen canadiense, otra de origen hindú y otras de origen chino) y la repotenciación de algunas bobinadoras viejas, se planteó a la compañía la posibilidad de diseñar y fabricar unas bobinadoras haciendo ingeniería inversa a las recientes adquisiciones. Las directivas aceptaron este proyecto y se dio luz verde a la fabricación in house de nuevas bobinadoras que incorporaran las fortalezas de cada una de las bobinadoras que se tienen en la compañía.

La construcción de la nueva bobinadora trajo consigo los siguientes beneficios:

- Reducción en el tiempo de ciclo de bobinado gracias a la mejor relación de velocidad y torque en las nuevas bobinadoras. Se logró pasar de 43.1 minutos a 39.63 minutos un 8% menos
- Reducción en los problemas de precisión en el bobinado gracias al sistema de movimiento con servomotor sobre la guía lineal y tornillo de bolas recirculantes
- Reducción de reprocesos asociados a errores en el número de espiras, gracias a control del proceso mediante un PLC
- Mejor distribución de las espiras entre capas, gracias a factor de compensación que se agregó al programa para ajustar el paso del alambre.
- En una segunda etapa, la compañía buscará, si este proyecto es exitoso, reemplazar todas las bobinadoras viejas por estas, de modo que se tengan todas iguales y poder realizar un trabajo de estandarización que tendría impactos muy relevantes en cuanto a productividad



Fuente: Propia

Imagen 3: Bobinadora AT (Antes y Después)

El VSMM logro evidenciar unos tiempos de alistamiento relativamente altos asociados al proceso de montaje de las bobinas o change over.

Otro de los eventos kaizen aplicados en la sección de bobinados de AT, Aprovechando la ingeniería inversa aplicada a las bobinadoras adquiridas, fue la elaboración de matachos expandibles basados en la metodología SMED. Con esto se logra reducir el número de referencias de matachos usados, ahorrando espacio. También se logra dar mayor agilidad para el montaje de los mismos, reduciendo los tiempos de operación. Finalmente se garantiza mayor exactitud en las medidas internas de las bobinas, pues estos tienen mejor ajuste y ya no es necesario usar elementos foráneos al matacho para terminar de ajustar las bobinas.

Beneficios:

- Los tiempos de montaje (C/O) de bobinas se redujeron en un 80%.
- Los problemas de calidad por errores en las medidas internas de la bobina fueron virtualmente eliminados.
- Se mejoró el ambiente laboral de los operarios, pues tienen más espacio y los transportes disminuyeron al no tener que hacer desplazamientos en búsqueda de matachos. Ver Imagen 4.



Fuente: Propia

Imagen 4: Matachos Expandibles

4.8.1.3 Suministro Fleje de Aluminio, Estuches, Tubos y Cuñas

En el VSMM se evidenció un proceso bastante dispendioso y particular. Este proceso consiste en usar algún tipo de lima o elemento metálico para remover la rebaba o bordos irregulares en el fleje que se usa para el bobinado de BT.

Se sugirió hablar con los proveedores de dicha materia prima la posibilidad de ofrecer material con bordo redondeado o con garantía de que llegue sin rebaba. Esto significó para la compañía dejar de usar alguno de los proveedores que tenían en su sistema, pero fue aprobado por las directivas de la empresa al evidenciar que tener rebaba representaba una pérdida de tiempo y un potencial de garantía en los equipos fabricados por Rymel.

Cuando un fleje llega con rebaba y esta no se elimina, la rebaba puede llegar a perforar el papel aislante del equipo y generar un corto en la bobina. Este tipo de daño tiene un alto costo, pues implica fabricar una bobina nueva para su reemplazo al igual que hacer todo el proceso de ensamble desde el bobinado sin contar con el daño reputacional.

Beneficios:

- Se elimina por completo este procedimiento, pasando de un tiempo de ciclo de 105 minutos por rollo a 0 minutos

El proceso de estuche, tubos y cuñas es un proceso que se hace al interior de la compañía. Se tiene personal y espacio dedicado a esto. El ancho de los estuches y cuñas no es el óptimo y se genera algo de desperdicio.

Se aprovechó entonces que el proveedor de material aislante vende para otros fabricantes este mismo producto. Se pidió oferta, se analizó el impacto económico de comprar estos elementos prefabricados y eliminar su fabricación en planta. Las directivas aprobaron esta iniciativa y se comenzó a traer este producto desde zona franca en Pereira

Beneficios:

- Se eliminaron por completo estos procesos al interior de la compañía pasando de un tiempo de ciclo de los tubos de 0.81 minutos a 0 minutos para las cuñas. En el caso de los estuches y tubos también se eliminaron por completo de estos procesos y se pasó de un tiempo de ciclo de 4.8 minutos a 0 minutos
- Se lograron ahorros significativos de costos y desperdicios y se mejoró la calidad de los mismos. Ver imagen 5 con los estuches in house y los estuches comprados al proveedor



Fuente: Propia

Imagen 4: Tubos y estuches por Weidmann

4.8.2 Eventos Kaizen Sección de Núcleo

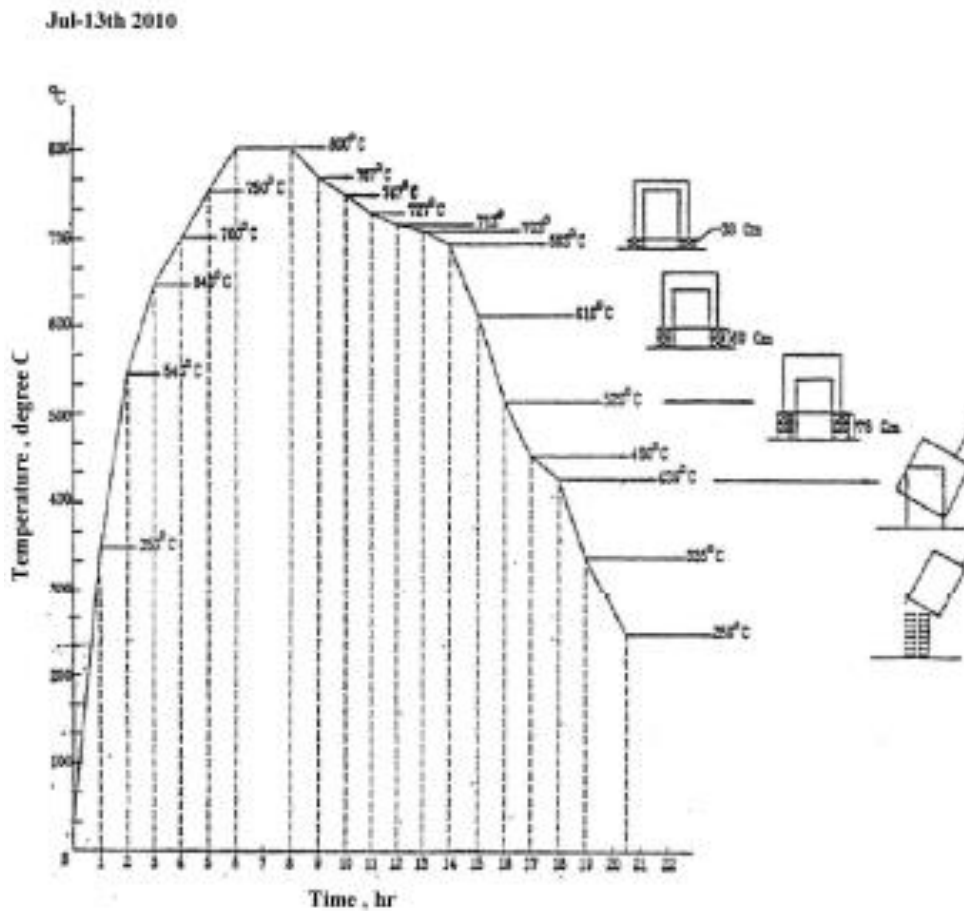
4.8.2.1 Intervención Curva de Recocido

El proceso de recocido de núcleo es uno de los más críticos y largos en el proceso productivo. Este es un proceso por baches y que como se pudo evidenciar en la elaboración del VSMM dura aproximadamente 27.5 horas (1650 minutos) y representa un tiempo de ciclo por unidad equivalente de 9.9 minutos.

Buscando eficiencias en este proceso, entendiendo que cualquier mejora acá afecta directamente los tiempos de ciclo al igual que el consumo de nitrógeno y gas potencialmente significando ahorros económicos, se propuso optimizar la curva de recocido.

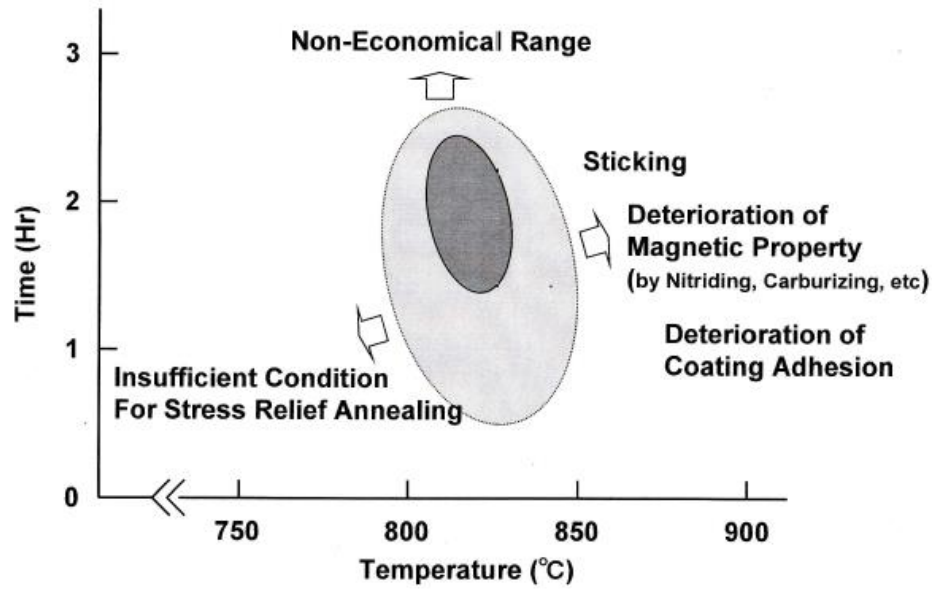
Para tal fin se sostuvieron reuniones con los proveedores de acero al silicio y se les pidió recomendación sobre la curva de recocido recomendada para el proceso productivo. Como fruto de estas reuniones se sugirió:

- Realizar un chequeo general de los hornos para detectar problemas en él. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios pues se logró la detección problemas en el regulador de nitrógeno, (estaba defectuoso y desperdiciando nitrógeno), se reemplazó la tubería del sistema de refrigeración para los hornos que se encontraban taponados (la tubería estaba oxidada por dentro debido al continuo uso de la misma).
- Se obtuvieron las curvas de recocido recomendadas por los fabricantes, de modo que se estandarizara y se redujera el tiempo de duración de dicha curva. Ver gráfico 25 y 26 para la curva sugerida del recocido y para el análisis económico del mismo.
- Se optó por estandarizar el acero al silicio comprado, manejando de ahora en adelante solo la referencia de mejor calidad MOH reduciendo la variabilidad en los diseños. Ver imagen 14.



Fuente: JFE – Technosteel

Gráfico 25: Curva sugerida para el proceso de recocido



Fuente: JFE – Technosteel

Gráfico 26: Análisis económico del proceso de recocido



Fuente: Propia

Imagen 5: Estandarización acero al silicio

Producto de la información recopilada con los proveedores de silicio, la empresa procedió a realizar diversas pruebas de recocido, evaluando la calidad del acero al silicio antes y después del recocido, garantizando que el material no sufriera deterioro en sus condiciones y que, por el contrario, tal y como debe ser el caso, el silicio mejorara sus pérdidas después del proceso de recocido. Ver tabla 8 con los resultados

Prueba N°	1		Inducción	16		Potencia	15	
Fecha	19/09/2022		Wo Esperado	0,97	2.40%	Voltaje BT	240	
Horno	Campana B1							
		Valores Crudo			Valores Recocido			2%
Muestra	Ubicación	Corriente	% Io	Wo (W/kg)	Corriente	% Io	Wo (W/kg)	Mejora Wo [%]

AD	Abajo-Lateral	2,15	3,4%	0,95	0,99	1,6%	0,85	11%
BD	Medio-Lateral	2,36	3,8%	0,97	1,15	1,8%	0,90	7%
CD	Arriba-Lateral	2,14	3,4%	0,94	0,97	1,6%	0,85	10%
AC	Abajo-Centro	2,18	3,5%	0,93	0,96	1,5%	0,83	11%
BC	Medio-Centro	2,18	3,5%	0,96	0,95	1,5%	0,83	14%
CC	Arriba-Centro	2,14	3,4%	0,94	0,99	1,6%	0,85	10%
								10%

Observaciones: Las 6 muestras fueron del mismo diseño, se aprecia que crudas cumplen en Wo pero la Io se pasa del valor de norma 2,40%. Se carga el horno de forma tradicional sin dejar espacios entre los bloques y se observa una homogeneidad en los valores de salida; todos cumpliendo lo esperado.

Prueba N°	2		Inducción	16		Potencia	75	
Fecha	20/09/2022		Wo Esperado	0,97	1,70%	Voltaje BT	240	
Horno	Campana B1							
		Valores Crudo			Valores Recocado			10%
Muestra	Ubicación	Corriente	% Io	Wo (W/kg)	Corriente	% Io	Wo (W/kg)	Mejora Wo [%]
AD	Abajo-Lateral	2,42	3,9%	1,06	1,55	2,5%	0,96	9%
BD	Medio-Lateral	2,55	4,1%	1,06	1,59	2,5%	0,97	8%
CD	Arriba-Lateral	2,86	4,6%	1,13	1,62	2,6%	0,98	13%
AC	Abajo-Centro	3,85	6,2%	1,39	1,54	2,5%	0,97	30%
BC	Medio-Centro	3,53	5,6%	1,36	1,60	2,6%	0,98	28%
CC	Arriba-Centro	3,47	5,6%	1,32	1,53	2,4%	0,96	27%
								19%

Observaciones: Las 6 muestras fueron del mismo diseño, un 75kVA 4 bloques; todas cortadas con Chapa de rayado laser. Se Observa también una variación importante entre las mismas muestras antes del recocado, a pesar de que a todas se les verificó ajuste y tenían buena apariencia de conformado; sin embargo, la sorpresa se obtuvo después del recocado donde las Wo que se veían imposibles de bajar como por ejemplo de un 1,39 a 0,97 se logró mediante el recocado dejando todos los valores muy homogéneos después del proceso. Hasta esta 2da carga se puede ir apreciando que el proceso de recocado en el horno campana muestra una homogeneidad adecuada a lo alto y ancho de la carga y también se evidencia que la Chapa de rayado laser si se mejora con el recocado.

Prueba N°	3		Inducción	16		Potencia	15	
Fecha	21/09/2022		Wo Esperado	0,97	2,40%	Voltaje BT	240	
Horno	Campana B1							
		Valores Crudo			Valores Recocado			0%
Muestra	Ubicación	Corriente	% Io	Wo (W/kg)	Corriente	% Io	Wo (W/kg)	Mejora Wo [%]
1	Abajo-Centro	3,51	5,6%	1,25	1,54	2,5%	0,93	26%
2	Medio-Centro	3,70	5,9%	1,28	1,53	2,4%	0,95	26%
3	Arriba-Centro	3,68	5,9%	1,29	2,07	3,3%	0,95	26%
								26%

Observaciones: Con este recocado se tuvo novedad, esta se presenta cuando la Guarda On que es la que garantiza el tiempo completo del sostenimiento se descontrola al iniciar el proceso con una diferencia mayor a 100°C entre el set point y la temperatura del proceso. El horno supero los 850 °C y se tuvo que parar el proceso y reiniciar de nuevo con una curva de enfriamiento; esta parada genera algo de oxidación dado que implica suspensión del nitrógeno. Aun con estas novedades que fueron relevantes, se nota que el aporte del recocado fue homogéneo en las 3 ubicaciones y deja unos núcleos cumpliendo Wo. Vale la pena resaltar que las muestras 1 y 2 eran de rayado laser y la muestra 3 no lo era; esto puede explicar en parte la Io resultante del proceso de recocado para esta muestra.

Prueba N°	4		Inducción	16		Potencia	25	
Fecha	27/09/2022		Wo Esperado	0,97	2%	Voltaje BT	240	

Horno	Campana B1							
		Valores Crudo			Valores Recocido			4%
Muestra	Ubicación	Corriente	% Io	Wo (W/kg)	Corriente	% Io	Wo (W/kg)	Mejora Wo [%]
4	Abajo-Lateral	2,63	4,2%	0,96	1,42	2,3%	0,82	15%
5	Medio-Lateral	2,41	3,8%	0,92	1,33	2,1%	0,78	15%
6	Arriba-Lateral	2,88	4,6%	1,00	1,45	2,3%	0,83	17%
1	Abajo-Centro	3,09	4,9%	1,04	1,65	2,6%	0,90	13%
2	Medio-Centro	2,77	4,4%	1,01	1,38	2,2%	0,84	17%
3	Arriba-Centro	2,82	4,5%	1,07	1,28	2,0%	0,80	25%
								17%

Fuente: Propia

Tabla 8: Pruebas Nueva Curva de Recocido

Optimizar el proceso de recocido trajo los siguientes beneficios para la compañía.

Beneficios:

- Reducción del tiempo de ciclo de 1620 minutos y 9.9 minutos por bloque equivalente a 1230 minutos y 7.38 minutos por bloque equivalente
- Hubo reducción en el consumo de energía y gas
- Se observaron mejorías en las pérdidas del material, la antigua curva estaba dañando el aislamiento del acero al silicio y por consiguiente desmejorando las perdidas

4.8.3 Eventos Kaizen Sección de Metalmecánica

4.8.3.1 Suministro Lámina Para la Fabricación de Tanques

Optimizar el proceso de metalmecánica fue otro de los focos derivados del VSMM ya que se evidenciaron un gran número de operaciones con tiempos de ciclo relativamente altos, igualmente, en esta sección se evidenciaron tasas de desperdicio en el corte de lámina cercanas al 15% de la totalidad de la lámina de hierro que compra la compañía.

Basados en la metodología JIT y luego de un sondeo de mercado, se habló con varios de los proveedores de lámina, para que estos nos entreguen la lámina en blancos cortados ofrecen la posibilidad de comprar la misma en blancos, o sea, ofrecen la posibilidad a rymel que el material llegue de una vez de las dimensiones que se requieren, eliminando por completo el proceso de corte.

Beneficios:

- Reducción del tiempo de ciclo de corte de 4 minutos a 0 minutos para los monofásicos y de 9 minutos a 0 minutos para los trifásicos
- Se reduce el desgaste “innecesario” en la máquina de corte
- Se reduce el riesgo de accidentalidad en la máquina de corte. Si bien no hay accidentes y hay buenos sistemas de protección, siempre hay un riesgo latente de accidente en este tipo de maquinaria.

- Se logró la reducción del desperdicio de lámina, pues a Rymel solo llegan los blancos que se requieren sin necesidad de tener que tratar de mezclar programas de corte, para así optimizar el mismo y reducir los desperdicios.
- Se logró la estandarización de ciertos productos y tanques, con esto se logra mantener ciertos blancos en stock y así mejorar la capacidad de respuesta ante una eventual urgencia o necesidad por parte de un cliente.

4.8.3.2 Intervención Soldadura de Costura

La compañía tenía dentro de sus planes una intervención mayor en la soldadura de costura pues se evidenciaban algunas deficiencias en sus sistemas mecánicos y eléctricos. Aprovechando esta intervención y basados en las entrevistas que se hicieron durante el proceso de mapeo, donde se pudo evidenciar que la soldadura de costura usaba discos de cobre de un alto valor económico en su sistema con una necesidad de recambio de los mismo muy elevada (los discos duraban menos de un mes).

Se investigo sobre la idoneidad o no de los discos de cobre y después de consultar sobre sistemas similares se encontró que los discos deberían ser de un material diferente al cobre o una aleación que proteja al cobre como elemento conductor de las altas corrientes, después de todo el principio de operación de una soldadura de costura se puede asemejar al de un corto eléctrico.

Habiendo encontrado el material idóneo (aleación de cobre con cromo y zirconio) se sugiere y realiza la compra de estos discos para que al realizar el mantenimiento mayor se obtuvieran varios beneficios

Beneficios:

- Se redujo la frecuencia de cambio de los discos de costura. Se paso de un juego de discos al mes a un juego de discos al semestre mínimo.
- Se mejora la calidad del proceso de soldadura y se reducen los reprocesos
- Se cambió transformador de la soldadura de costura, para reducir el consumo de energía.
- Se cambiaron los piñones de la máquina para eliminar vibraciones, desgastes innecesarios en los componentes móviles de la máquina y mejorar el sello al momento de soldar las celdas para radiador.
- Para una segunda etapa de intervención, la compañía planea el cambio del mecanismo de control de la máquina para que quede funcionando con electrónica de potencia y sea menos susceptible a daños. Ver imagen 6 y 7.



Fuente: Propia

Imagen 6: Soldadora de costura previo mantenimiento



Fuente: Propia

Imagen 7: Soldadora de costura después del mantenimiento

4.8.3.3 Mejoras de Proceso Usando Maquina Laser

El VSMM logró identificar una posibilidad de mejora para el proceso de chequeo de tanques trifásicos. Durante la elaboración del mapa actual, se pudo evidenciar que todos los tanques trifásicos haciendo uso del proceso de punzonado, salen con las pestañas de los tanques perforadas. Sin embargo, las tapas salen sin perforar. Esto requiere entonces un proceso adicional de marcado y perforado de las tapas el cual se vuelve bastante costoso en tiempo y consumibles para la compañía.

Aprovechando entonces el nuevo software de diseño que fue adquirido por la compañía como parte de su programa de optimización y renovación tecnológica, se propuso que desde el diseño mecánico

saliera todo marcado y perforado (el plano llevaría toda esta información para ser programada en la cortadora laser).

Entendiendo que el proceso de doblado y soldadura sigue a cargo de humanos y los humanos son susceptibles de error, se propuso a los ingenieros mecánicos buscar una manera que garantizara la coincidencia de los orificios inferiores con los superiores, de modo tal que, si había una pequeña desviación en el doblado o armado del tanque, no fuese necesario hacer ningún reproceso, pero que a la vez siguiera siendo práctico para la compañía y ante todo que no desmejorara la calidad.

Es así como se logró la implementación de tener desde el proceso de corte los orificios para la tapa y el tanque predeterminados. Desde ingeniería se implementó también el sistema de premarcado (la máquina laser hace unas señales en la lámina o pequeñas marcas, que indican al operario los puntos donde debe soldar los accesorios del tanque y realizar los dobleces de modo tal que se reduzca la posibilidad de error. Adicionalmente los ingenieros mecánicos de la compañía sugirieron y probaron con éxito que uno de los orificios (el de la tapa) fuesen en forma de “ojo chino” de modo tal que se tuviera algo de holgura en el proceso de cierre del tanque.

Beneficios:

- Se redujo el tiempo de ciclo en el proceso de chequeo de los tanques trifásicos. Se pasó de 35 minutos de tiempo de ciclo a 31.47 minutos
- Se redujo el consumo de consumibles tales como brocas.
- Se reduce el riesgo de accidentalidad asociado al proceso de perforación de los orificios de las tapas

4.8.3.4 Optimización Proceso de Soldadura Tanques Monofásicos

Durante la elaboración de VSMM se vio la posibilidad de cambiar la forma de producir los tanques monofásicos mediante el uso de Manufactura Celular.

Lo primero que se buscó fue que la implementación de este proceso se hiciera sin la inversión de recursos adicionales o que la inversión fuera mínima. Es así como surgió la idea de crear una línea de manufactura celular en la sección de metalmecánica, para la fabricación de los tanques monofásicos.

Se redistribuyó la sección, no se aumentó el área y con la ayuda de los ingenieros mecánicos y mecatrónicos de la compañía se crearon unos brazos robóticos in-house para soldar los fondos de los tanques y los laterales de los tanques. Esta idea surgió gracias a un referenciamiento tecnológico de otras empresas del sector y algunos videos corporativos donde se evidencia esta metodología para el proceso de tanques monofásicos

Beneficios:

- Al usar un sistema de “tornamesa” para soldar los fondos de los tanques y sistema de soldado descendente para soldar el cordón lateral de los tanques se logra mayor homogeneidad en la soldadura de los tanques, pues las variables son fijas y no se está dependiendo del pulso y estamina del operario.
- Se logró reducir el tiempo de ciclo de los tanques monofásicos de 27 minutos a 18.81 minutos por tanque en promedio

4.8.4 Eventos Kaizen Sección de Compras

El VSMM evidencio que algunos proveedores que la compañía tiene son bastante fuertes, con precios competitivos y con un muy buen nivel de servicio. Se evidencia también por medio de las entrevistas y el recorrido a la planta que en algunos productos se manejan niveles de inventarios elevados debido a los picos de consumo o agotados que se han tenido en el pasado de materias primas críticas.

4.8.4.1 Implementación Plan de Mercancía en Consignación

Se sugiere entonces tratar de tener una proveeduría tipo “supermercado”, donde el proveedor tenga dicho “supermercado” en Rymel y el costo del inventario y la administración del mismo se le traslade al proveedor a cambio si de un consumo mínimo y/o exclusividad. Esto con el fin de disminuir los costos de transporte e inventarios, al igual que garantizar el suministro del mismo.

Basados en la metodología JIT, se logró negociar con los proveedores de pintura, tornillería, aisladores de AT y BT mejores precios y la aceptación por parte de ellos para suministrar sus productos en plan confianza o consignación. Esto garantiza el suministro ininterrumpido de estas materias primas, garantizando la continuidad del proceso, la reducción de costos de materias primas. Ver Imagen 8.



Fuente: Propia

Imagen 8: Pintura en plan consignación

4.8.5 Resumen de Mejoras Tiempos de Ciclo

En la siguiente tabla se ilustra de una forma muy reducida las mejoras en tiempo de ciclo que se obtuvieron producto de este evento kaizen. Ver tabla 9 con tiempos futuros

42	Curar Pintura	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
43	Emblemar Tanques	5.28	5.50	6.01	6.02	6.00	6.00	5.59	5.57	6.01	6.00	6.00	6.03	6.00	5.48	5.57	6.000
44	Encubar	23.86	24.00	24.15	23.80	23.86	22.56	25.57	23.86	23.85	23.77	23.86	22.88	23.86	22.00	22.15	23.860
45	Laboratorio	29.00	30.00	30.00	28.00	29.00	27.00	30.00	32.00	31.00	30.00	31.00	30.00	29.00	33.00	36.00	30.000
46	Alistamiento	18.50	19.00	20.00	20.00	19.56	21.30	19.80	22.00	21.47	20.00	20.33	20.05	21.23	24.90	20.00	20.000
47	Despacho	2.20	2.20	2.10	2.30	2.50	2.33	2.15	2.44	2.50	2.50	2.50	2.49	2.50	2.20	2.47	2.500
Sumatoria Tiempos de ciclo		772.46	773.44	778.06	783.20	777.07	778.92	789.24	788.95	783.51	785.43	784.22	779.93	784.54	790.16	787.98	

Fuente: Propia

Tabla 9: Tiempos de Ciclo Futuros

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se logró cumplir con el objetivo general y los específicos enunciados en esta tesis, logrando la implementación de una metodología que permitiera describir y entender el momento actual del proceso en la compañía, para que posteriormente se pudiesen emitir acciones de mejorar que lograra la reducción en los tiempos de ciclo y por consiguiente en las entregas al pasar de 941.156 minutos a 782.506 minutos
- Elaborar el VSMM probó ser todo un desafío debido a la complejidad de los procesos, la gran variabilidad en los mismos y la gran cantidad de referencias que se manejan al interior de la organización. Se puede concluir también que VSMM es una herramienta muy poderosa y de gran utilidad para conocer la realidad actual de una empresa y los procesos en ella y con base en los productos pareto, entender a fondo el flujo de los mismos, la información, los tiempos, el inventario, las operaciones y por quizá lo más importante de todo, es que permite conocer aquellas actividades que no agregan valor y que son innecesarias en el proceso productivo, para que a la postre se puedan reducir o eliminar por completo.
- La elaboración del VSMM al interior de Rymel fue una actividad de bastante complejidad, pues al tener manufactura cerrada y discreta, cada sección se convierte casi que en una propia empresa que produce un producto específico con un listado de materiales específicos y diseños específicos, los cuales son entregados a los clientes internos en ella. Se convierte entonces la construcción del VSMM en la integración de múltiples componentes o pequeños VSM's correspondientes a cada sección, y donde su éxito depende de los eventos de mejora que se puedan tener en cada una de ellas desde un punto de vista individual como parte de un todo. Para poder hacer un mapeo eficiente, pero que conservara toda la información realmente relevante, fue necesario hacer algunas equivalencias en potencias y así reducir el ruido que podría agregarle esto al VSMM. Por la complejidad del producto fue necesario realizar una clasificación de las familias del transformador y elegir en una primera fase los transformadores monofásicos y trifásicos convencionales que representaban más del 80% de las unidades fabricadas por la compañía.

- La aplicación del VSMM contribuyó a mejorar los flujos de información y material de la cadena de suministro en la industria de fabricación de transformadores, es gracias al VSMM que se logra una visión global de los procesos al igual que se permite la identificación de las MUDAS en él. El uso de herramientas de Manufactura Lean ayudaron al desarrollo de eventos kaizen los cuales derivaron en mejoras de algunos procesos críticos, impactando así los tiempos de ciclo y ayudando a mejorar los tiempos de entrega de los productos.
- Quien esté a cargo de la ejecución del VSMM debe ser una persona con capacidad de toma de decisiones, para poder darle celeridad al proceso y realizar las implementaciones que se requieran en un corto tiempo.
- El VSMM probó ser una metodología en continua evolución, pues cada que se implementaba algún evento kaizen o mejora enfocada, inmediatamente tenía repercusiones a lo largo de toda la cadena productiva, lo cual, a la misma vez, podría ser causal de nuevos estudios. Se puede decir que es una cultura de mejora continua.
- La organización, a pesar de ser bastante estructurada y sólida en el ámbito financiero y productivo, tiene un enorme potencial de mejoras. En una primera fase, la mayoría de estas mejoras estarán enfocadas a la renovación de muchas de las máquinas con que cuenta la organización, pues la gran mayoría están llegando al final de su vida útil, o son un poco obsoletas, para el ritmo de producción con el que la empresa cuenta ahora, al igual que las exigencias de productividad que el sector eléctrico de Colombia y la región demandan.
- Los impactos positivos más significativos se vieron en temas de suministro de materias primas críticas como los conductores, material aislante, aisladores y accesorios. Estas son materias de consumo masivo, alto valor y tiempos de entrega elevados. Gracias al VSMM se lograron identificar algunas oportunidades de mejora, promoviendo el uso de material en consignación y en el caso de los proveedores del exterior, la figura de tener la mercancía en zona franca. Esto redujo los tiempos de entrega a un dígito, los inventarios de material propiedad de Rymel bajaron en cerca del 10%.
- El VSMM permitió reducciones de tiempo de ciclo en los procesos de bobinado, recocado de núcleo, chequeo de tanques trifásicos al igual que la eliminación de actividades tales como el corte de tanques, y la fabricación de estuches cuñas y tubos para la sección de bobinado.
- Gracias al VSMM la empresa logró negociar con proveedores de materias primas tales como tornillería, pintura y aisladores el tener la mercancía en consignación en las instalaciones de la empresa. Logrando la reducción de los inventarios (no hacen parte del inventario de Rymel sino hasta que se consumen) al igual que la reducción de los tiempos de entrega (al tenerlos en consignación la entrega se vuelve inmediata)
- Se logra la creación de un weekly planner, el cual permite ver las necesidades de producción de la compañía hasta un año mínimo adelante. Esto permite determinar la capacidad de planta para cada semana, logrando una mejor planeación de las compras y potencialmente evitando sobrecargar la planta en momentos/semanas específicas.

- Esto permite mejorar el flujo de información a lo largo de la cadena productiva, lo cual está permitiendo informar a todos los involucrados en el proceso productivo sobre posibles cambios en las entregas.
- Producto de la elaboración del VSMM se logró evidenciar la criticidad de algunas materias primas en especial ahora después de la pandemia donde el tema logístico ha cambiado bastante. Gracias a ello, se sugiere modificar un poco la forma en que la empresa se provee logrando entonces la multiplicidad de proveedores en diferentes zonas geográficas. Esto se hace con el fin de mitigar temas asociados por ejemplo a las guerras, los cierres por COVID y la crisis de contenedores. Se sacan entonces las siguientes conclusiones.
 - Producto de la pandemia, la guerra en Ucrania y la crisis de contenedores, la compañía aprendió que no solo es necesario tener proveedores secundarios, sino que también es importante tenerlos en diferentes zonas geográficas de modo tal que el suministro se vea ininterrumpido a pesar de las dificultades.
 - Actualmente la compañía tiene proveedores de silicio en Asia, Europa, Norte América y Centro América
 - Actualmente la compañía tiene proveedores de aluminio en Asia, Norte América y Centro América
 - Actualmente la compañía tiene proveedores de aislantes en Europa, Norte América y Centro América
 - Actualmente la compañía tiene proveedores de aceites en Norte América y Centro América y Sur América
 - Finalmente, la compañía también desarrolló alianzas locales para casos extremos, lo cual permite suministros de emergencia (a precios probablemente elevados) pero que evitan el paro total de la compañía por falta de insumos
- La implementación del VSMM, permitió la identificación de enormes desperdicios (mudas) y la implementación de muchos eventos (kaizen) enfocados mayoritariamente en la reducción de tiempos de ciclo, disminución de inventarios y eliminación de actividades, apoyándose en la manufactura lean y herramientas como JIT, SMED, 5's entre otras. Producto de ello fue posible:
 - Se identificaron desperdicios de espacio en la sección de bobinados, fruto de la gran cantidad de matachos que esta sección manejaba, los cuales fueron eliminados mediante el uso de los matachos ajustables lo cual permitió la reducción en el C/O.
 - También se identificaron desperdicios de energía en las bobinadoras ya que las bombas hidráulicas de estas permanecían todo el tiempo encendidas sin necesidad y los tanques de pintura, los cuales no contaban con un recubrimiento adecuado y dejaban escapar el calor.

- Se detectaron problemas de throughput y de sobreproducción en algunas secciones de la empresa, lo que generó la implementación de nuevos turnos en las secciones donde fuera necesario evacuar mercancía y la implementación de acciones correctivas para eliminar los excesos de producción y convertirlos en productos que generaran utilidad para la empresa.
- Se redujeron desperdicios de materia prima y tiempo al lograr tercerizar y conseguir algunos insumos a la medida o en diferentes presentaciones, lo que a su vez redujo altamente algunos tiempos de ciclo.
- Se redujeron reprocesos y problemas de calidad al mejorar las condiciones de almacenamiento del aceite, disminuyendo la cantidad de humedad en el aceite
- Gracias a la elaboración del VSMM actual, fue posible identificar y caracterizar adecuadamente cada uno de los actores importantes de la cadena de valor, brindando un mejor entendimiento de cómo funciona cada uno de ellos, lo que permitió tomar medidas preventivas y correctivas mediante el VSMM futuro, en aras de mejorar los procesos y últimamente mejorar los tiempos de entrega, reducir costos de producción, inventarios y hacer de este proceso de manufactura un proceso más LEAN.
- La metodología propuesta puede ser compatible con industrias del mismo sector que manejen sistemas productivos similares como el de Rymel, en donde se manejen múltiples referencias, procesos por baches y tiempos de ciclo variables.

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Anand, G., & Kodali, R. (2009). Selection of lean manufacturing systems using the analytic network process – a case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(2), 258-289.

Andersson, R., Eriksson, H., & Torstensson, H. (2006). Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. *The TQM Magazine*, 18(3), 282-296.

Arbós, L. C. (2002). Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of variability of performance. *Int. J. Production Economics*(80), 169–183.

Bayou, M., & Korvin, A. d. (2008). Measuring the leanness of manufacturing systems—A case study of Ford Motor Company and General Motors. *Journal of Engineering and Technology Management*, 25, 287–304.

C57.12.00-2000 - IEEE Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers. (2000). IEEE.

C57.12.34-2015 - IEEE Standard Requirements for Pad-Mounted, Compartmental-Type, Self-Cooled, Three-Phase Distribution Transformers, 10 MVA and Smaller; High-Voltage, 34.5 kV Nominal System Voltage and Below; Low-Voltage, 15 kV Nominal System Voltage and . (2015). IEEE.

Chaple, A. P., & Narkhede, B. E. (2017). Value stream mapping in a discrete manufacturing: A case study. *International Journal of Supply Chain Management*, 13.

Chaple, A. P., & Narkhede, B. E. (2017). Value stream mapping in a discrete manufacturing: A case study. *International Journal of Supply Chain Management*, 13.

Chen, H., Lindeke, R. R., & Wyrick, D. A. (2010). Lean automated manufacturing: avoiding the pitfalls to embrace the opportunities. *Assembly Automation*, 30(2), 117–123.

Dogan, N. O., & Yagli, B. S. (2020). *Value Stream Mapping: A Method That Makes the Waste in the Process Visible*. Intech Open.

Fawaz A. Abdulmaleka, J. R. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream. *Int. J. Production Economics*, 107, 223–236.

Fontanini, P. S., & Picchi, F. A. (2004). VALUE STREAM MACRO MAPPING - A CASE STUDY OF ALUMINUM WINDOWS FOR CONSTRUCTION SUPPLY CHAIN. 12.

- Fortuny Santos, J., Cuatrecasas Arbós, L., Cuatrecasas Castellsaques, O., & Olivella Nadal, J. (2008). Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales. *UNIVERSIA BUSINESS REVIEW*, 15.
- Heathcote, M. J. (2007). *J & P Transformer Book 13th Edition*. Newnes.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 19.
- Jones, D. T., & Womack, J. P. (2012). *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Gestion 2000.
- Kosko, B. (1995). *Pensamiento Borroso*.
- Krisztina Demeter, Z. M. (2010). The impact of lean practices on inventory turnover. *International Journal of Production Economics*.
- Lee-Mortimer, A. (2006). A lean route to manufacturing survival. *Assembly Automation*, 26(4), 265–272.
- Nabhani, F., & Shokri, A. (2009). Reducing the delivery lead time in a food distribution SME through the implementation of six sigma methodology. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(7), 957-974.
- Nash, M. A., & Poling, S. R. (2008). *Mapping the Total Value Stream: A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes 1st Edición*. CRC Press.
- Noamnaa, S., Thongphuna, T., & Kongjit, C. (2022). TRANSFORMER PRODUCTION IMPROVEMENT BY LEAN AND MTM-2 TECHNIQUE. *ASEAN Engineering Journal* 12:2 29–35, 7.
- NTC 317:1998 ELECTROTECNIA. TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION. TERMINOLOGIA. (1998). ICONTEC.
- NTC 3445:2019 Electrotecnia. Transformadores trifásicos autorrefrigerados, tipo seco abiertos y encapsulados en resina. corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito. (2019). ICONTEC.
- Ocak, Z. (2011). Streamlining waste. *Industrial Engineer*, 4.
- Pepper, M., & Spedding, T. (2010). The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 138-155.
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM Journal*, 21(2), 127-142.

- Phan, A. C., Abdallah, A. B., & Matsui, Y. (2011). Quality management practices and competitive performance: Empirical evidence from Japanese manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*.
- Pons, D. (2010). System model of production inventory control. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 20(1-4), 120 - 155.
- Pool, A., Wijngaard, J., & Zee, D.-J. v. (2010). Lean planning in the semi-process industry, a case study. *International Journal of Production Economics*.
- Rahman, S., Laosirihongthong, T., & Sohal, A. S. (2010). Impact of lean strategy on operational performance: a study of Thai manufacturing companies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(7), 839-852.
- Shamou, M., & Arunachalam, S. (2009). Integrating Lean and Six Sigma for optimum manufacturing performance. *Integrating lean and six sigma for optimum manufacturing performance' Proceedings of Advances in Computing and Technology, (AC&T) The School of Computing and Technology 4th Annual Conference* (págs. 51-60). East London: Advanced in Computing Technology.
- Sim, K. L., & Rogers, J. W. (2009). Implementing lean production systems: barriers to change. *Management Research News*, 32(1), 37-49.
- Singh, B., & Sharma, S. (2009). Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm. *MEASURING BUSINESS EXCELLENCE*, 13(3), 58-68.
- Slack, N., & Lewis, M. (2008). *Operations Strategy Second Edition*. Prentice Hall.
- Slack, N., & Lewis, M. (2008). *Operations Strategy Second Edition*. Prentice Hall.
- Socconini, L. (2018). *LEAN MANUFACTURING PASO A PASO*. NORMA.
- Socconini, L., & Barrantes, M. (s.f.). *El proceso de las 5's en acción*.
- Stadnickaa, D., & Ratnayake, R. C. (2017). Enhancing Aircraft Maintenance Services: a VSM Based Case Study. *Procedia ENGINEERING*, 8.
- Vinodh, S., Arvind, K. R., & Somanaathan, M. (2010). Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organisation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 13.
- Wee, H., & Wu, S. (2009). Lean supply chain and its effect on product cost and quality: a case study on Ford Motor Company. *Supply Chain Management: An International Journal*, 14(5), 335–341.

www.rymel.com. (15 de Julio de 2020). Obtenido de *www.rymel.com*