

IMPLEMENTACIÓN DE JUSTO A TIEMPO EN EL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA EN UNA EMPRESA DE REFRIGERADORES INDUSTRIALES

(Implementation of just in time in the process of raw material supply in an industrial refrigerators company)

Jhojan Estevan Fory Lucumi¹
jhojan.fory00@usc.edu.co
Cristian Eduardo Calderón Rosero¹
ceccristian02@gmail.com
Nathaly Martínez Escobar, M. Sc²
nathaly.martinez00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de [ingeniería industrial] (1)
Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de [ingeniería industrial] (2)

Resumen

El mejoramiento continuo de los procesos es un tema importante para las empresas, es por ello que buscan implementar estrategias que les ayude a disminuir pérdidas económicas, de tiempo y de recursos. La metodología que se planteó en este trabajo fue la de Justo a tiempo, que tiene como principio básico: que los clientes sean servidos justo en el momento preciso, exactamente en la cantidad requerida, con productos de máxima calidad y mediante un proceso de producción que utilice el mínimo de inventario posible y que se encuentre libre de cualquier despilfarro o costo innecesario. Este artículo es un caso de estudio acerca una empresa localizada en el municipio de Caloto, Cauca, específicamente, en el proceso de abastecimiento de materia prima, debido a que en ese proceso se identificó la presencia constante de tiempos de paro de línea generando horas extras por la falta de material en las subáreas de producción, que ocasiono un incremento mensual de 182 horas extra en el año 2018 hasta el mes de agosto, además, que se presentaban problemas logísticos con retrasos en la llegada de materiales al almacén. Los datos permitieron evidenciar que, en los meses de junio, octubre y noviembre del año 2017, había una cantidad considerable de paradas en la línea de producción lo que equivalía a un promedio de 298 horas extra con un valor de \$1'614.352 por mes y en ese año la cantidad total fue de \$ 42'743.420, lo cual generó reprocesos, pérdidas y atrasos en la fabricación. El objetivo del presente trabajo fue mejorar los tiempos de entrega de materia prima desde el almacén a las diferentes subáreas del departamento de producción, con la implementación del Just-in-Time. Para ello se realizó un mapa de la cadena de valor, lo cual permitió conocer aquellas actividades que agregaban valor al proceso y cuáles no. Posterior a eso se pudo eliminar dichas actividades y disminuir retrasos y desperdicios hasta de un 65% por mes. Gracias a que se identificaron los problemas más relevantes y se les dio solución.

Palabras Clave: Justo a Tiempo, lean manufacturing, mejoramiento continuo, producción de refrigeradores industriales, mapa de la cadena de valor, abastecimiento de materia prima.

Abstract

The continuous improvement of processes is an important issue for companies, which is why they seek to implement strategies that help them to reduce economic, time and resource losses. The methodology proposed in this work was Just in Time, which has as a basic principle: that customers are served right at the precise moment, exactly in the required quantity, with products of the highest quality and through a production process that use the minimum possible inventory and be free of any waste or unnecessary cost. This article is a case study about a company located in the municipality of Caloto, Cauca, specifically, in the process of raw material supply, because in that process was identified the constant presence of line stoppage time generating overtime due to the lack of material in the production sub-areas, which caused a monthly increase of 182 extra hours in the year 2018 until the month of August, in addition, there were logistical problems with delays in the arrival of materials at the warehouse. The data made it possible to show that, in the months of June, October and November of the year 2017, there was a considerable number of stops in the production line which was equivalent to an average of 298 extra hours with a value of \$ 1'614.352 per month and in that year the total amount was \$ 42'743,420, which generated reprocessing, losses and delays in manufacturing. The objective of this work was to improve the delivery times of raw material from the warehouse to the different sub-areas of the production department, with the implementation of Just-in-Time. To do this, a map of the value chain was made, which allowed knowing those activities that added value to the process and which did not. After that, it was possible to eliminate these activities and reduce delays and waste of up to 65% per month. Thanks to which the most relevant problems were identified and solutions were given.

Keywords: Just in Time, lean manufacturing, continuous improvement, production of industrial refrigerators, Value stream mapping, Raw material supply.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas industriales se enfrentan al reto de buscar e implantar nuevas técnicas organizativas y de producción que les permitan competir en un mercado global (Hernández, 2013). Por lo cual se enfocan en la optimización de recursos en tiempo, materiales y esfuerzos, buscando implementar estrategias que les permitan disminuir pérdidas económicas. La metodología Justo a tiempo, tiene como principio básico: que los clientes sean servidos justo en el momento preciso, exactamente en la cantidad requerida, con productos de máxima calidad y mediante un proceso de producción que utilice el mínimo de inventario posible y que se encuentre libre de cualquier despilfarro o costo innecesario (Domínguez Machuca, 1995)

El sistema justo a tiempo (JIT por sus siglas en inglés), comenzó como el sistema de producción de la empresa Toyota en el año 1976 buscando mejorar la flexibilidad de los procesos fabriles, como respuesta al descenso del crecimiento económico de esos años, debido a la segunda crisis mundial del petróleo en 1976. Este método se ha considerado como una herramienta de mucha ayuda para todo tipo de empresas, ya que su filosofía está definitivamente muy orientada al mejoramiento continuo, a través de la eficiencia en cada una de los elementos que constituyen el sistema de la empresa, (proveedores, proceso productivo, personal y clientes). El autor (Villalva, 2008) expresa que La herramienta justo a tiempo se define como cualquier actividad que aporta valor añadido al cliente, enfocada a la eliminación de todo lo que implique desperdicio en el proceso de producción, desde las compras hasta la distribución y que con una filosofía (JIT) bien ejecutada, la empresa puede hacer de su fabricación un arma estratégica. Y reitera que la herramienta (JIT) no sólo les ofrece a las empresas la oportunidad de mejorar continuamente la calidad de sus productos elaborados, sino que les permite reducir su tiempo necesario para lanzar al mercado productos nuevos o modificados de acuerdo con la petición de la clientela, se reduce a la mitad.

Los autores (Sanmartín & Solís García, 2015) afirman que el método justo a tiempo, otorga a la empresa un cambio en la metodología tradicional, no solo en el proceso de producción sino en todas las áreas que comprende la misma. Para obtener resultados favorables es necesario que el cambio se realice en la mentalidad de todos los miembros de la organización guiados por la administración, y con ellos lograr una empresa eficiente. Las aplicaciones del (JIT) a nivel interno y externo de la empresa según (Edward J, 1989) son las siguientes: Producción o procesos de producción, Mejoramiento del control de calidad, Mejoramiento de la calidad y la fiabilidad, Flexibilidad del producto, Responsabilidad en la distribución, Utilización de los activos, Utilización del personal, Minimización de los costes.

Debido a la importancia del (JIT), varios autores han estudiado e implementado esta metodología, tal es el caso de (Vijay, 2005) donde en su estudio examina empíricamente la medida en que se correlacionan justo a tiempo, la gestión de la cadena de suministro y la gestión de la calidad, y cómo afectan el rendimiento del negocio. Los resultados demuestran que, tanto a nivel estratégico como operacional, existen vínculos entre la forma en que las organizaciones ven las directivas justo a tiempo, la gestión de calidad total y la gestión de la cadena de suministro como parte de su estrategia de operaciones. Otra investigación importante es la realizada por (Aksoy, 2011) cuyo propósito es ayudar a los fabricantes a seleccionar de manera adecuada sus proveedores, la adquisición de piezas y materiales se convierte en tema muy importante en la implementación exitosa y efectiva de (JIT). Por lo tanto, los autores realizan la investigación y se presentan los sistemas de selección de proveedores que permitan la evaluación del desempeño del proveedor.

Con una correcta aplicación de los principios del justo a tiempo, una empresa centrada en ofrecer servicios y calidad a los clientes, puede transformarse en productora de artículos a bajos costos, hecho que ocasiona apertura de nuevos mercados donde puede competir en precios, y contar con su anterior fortaleza centrada en la calidad y el servicio, lo que puede posicionarla como líder del mercado, es por eso que el éxito del (JIT) en la parte de producción ha llevado a muchas empresas en Colombia a querer implementarlo, como es el caso de la empresa Grival que con la metodología Justo a Tiempo logró que todo el personal se integrara en equipos autos gestionados, en los que se eliminaron las jerarquías y el personal comenzó a trabajar sin supervisión, únicamente orientados por la misión y visión de los procesos en los que están involucrados. Esto significaba entregar al cliente el producto correcto, en las cantidades exactas, de forma efectiva, en el lugar preciso y a un precio justo. Gracias a la implementación de esta metodología la empresa Grival pasó de tener 14 empleados a ser la compañía líder en Colombia y a exportar sus productos a Ecuador, Venezuela, Perú, Estados

Unidos y otros países del mundo. Por otra parte, el gran éxito que tiene McDonald's es gracias a su calidad y rapidez en su servicio, en su respuesta a los nuevos desafíos y a la competencia que tenían con otros restaurantes de comida rápida, decidieron implementar un nuevo (JIT) para su sistema de cocina al cual se llama "made for you" que está diseñada para mejorar la calidad del producto. Para implementar este sistema al interior de la cocina no solo reestructuró el proceso de elaboración de la comida además fue necesario invertir en nuevas tecnologías que garantizaran una significativa reducción de tiempo y costos de desperdicios. Antes de implementar el (JIT) lo que se solía hacer en McDonald's era pre cocinar un lote de hamburguesas y dejar que reposaran bajo lámparas de calor. Las cuales las mantendrían calientes el mayor tiempo posible y finalmente se desechaban lo que no se podía vender, la única forma de tener una hamburguesa fresca con el anterior sistema era haciendo un pedido especial.

Por su parte, en la empresa objeto de estudio, se realiza la fabricación de refrigeradores industriales; en el proceso de abastecimiento se identificó la presencia constante de tiempos de paro de línea y generación de horas extras por falta de material en las subáreas de producción. Es por eso que se propuso el uso del justo a tiempo (JIT) en el proceso de entrega de materia prima de almacén a producción, para dar una solución de manera ordenada en un proceso continuo, donde se requería la entrega oportuna de los materiales en las diferentes sub-áreas de producción, procurando el ordenamiento adecuado de la materia prima con las cantidades estandarizadas a entregar en las horas propuestas, con el fin de disminuir los retrasos presentados en el sistema, costos en la operación, tiempos en re trabajo, tiempos de paros en las líneas generados por falta de materiales, los daños en la materia prima ocasionados por mala manipulación, también garantizar conteos confiables, confiabilidad en listado de materiales, el estado en que viene el material desde el proveedor (estandarización de empaques), además, se lograría optimizar el espacio en almacén y la estandarización y optimización de los procesos. Con esto se obtendrán beneficios en los resultados de la producción y calidad de los equipos, también mejoraría el control del inventario de materia prima ya que quedaría a cargo solamente del almacén. Este trabajo fue enfocado en el proceso de abastecimiento de materia prima, debido a que era un proceso de vital importancia, puesto que de él dependía el éxito de la fabricación de los equipos y el cumplimiento del programa de producción. El objetivo del presente trabajo fue mejorar los tiempos de entrega de materia prima desde el almacén a las diferentes subáreas del departamento de producción, para ello, se estudió todas las funciones y actividades presentes con el fin de conocer el proceso de una manera más detallada, preguntando todo acerca del proceso a los operarios encargados, se tomaron datos como el número de operarios requeridos en el proceso, tiempo de ciclo del proceso, se estudiaron las causas del problema y se propusieron las posibles soluciones, y así se evidenció las oportunidades de mejora, que de acuerdo a (Sarache Castro & Tovar, 2000) en el sistema justo a tiempo, trata de aproximar a cero las acumulaciones de piezas en espera para ser procesadas y con esto poder lograr: invertir lo mínimo en inventarios, reducir los tiempos de entrega de la producción, reaccionar más rápidamente ante los cambios de la demanda y descubrir cualquier problema en la calidad, los cuales son los intereses de la empresa objeto de estudio.

Para dar cumplimiento al siguiente trabajo se inició definiendo cada una de las etapas del proceso para conocer cuáles eran las áreas involucradas, seguido de eso se establecieron cuáles eran las actividades de estas áreas con el propósito de generar registros donde se pudieran identificar posibles cambios de la programación que no se tuvieran previstos en la producción. Para eso fue necesario determinar los tiempos empleados en la ejecución de las actividades del proceso de abastecimiento de materiales, llevando también registros de tiempos muertos generados por actividades adversas al operario, ya fueran por que el material no se encontraba disponible o porque no tenía existencia en el inventario. Se analizaron los indicadores de proceso como tiempo de ciclo, tiempo de producción y operarios, con todos los registros y datos recopilados se realizó un mapa de la cadena de valor o (VSM) (Value Stream Mapping, por sus siglas en inglés) técnica gráfica que permite visualizar todo un proceso que permitió identificar aquellas actividades que no agregaban valor al producto para posteriormente ser eliminadas. También se utilizó el (VSM) para identificar oportunidades de mejora, gracias a esto se plantearon algunas soluciones para reducir desperdicios y mejorar los indicadores de desempeño.

2. METODOLOGÍA

Se buscó implementar el justo a tiempo, ya que es un método que muestra la manera de cómo debería optimizarse un sistema de producción, entregando las materias primas o componentes a la línea de producción justo en el tiempo preciso, a medida que son requeridos. Para el desarrollo y la implementación de la metodología justo a tiempo se recurrió a tres etapas. La primera etapa fue caracterizar todos los procesos involucrados de manera directa o indirecta de las necesidades de suministro basado por los autores, (Hernández et Al, 2014) donde expresan que caracterizar y clasificar los sistemas productivos y sus procesos resulta un paso esencial para mejorar sus resultados; En la segunda etapa se procedió a analizar la situación actual del proceso para proponer mejoras en el estado actual utilizando herramientas lean (VSM actual), en donde se plantearon los indicadores como el Takt Time y el Lead Time según lo propuesto por (Villalva, 2008), y finalmente en la tercera etapa se incorporó la metodología de justo a tiempo en el proceso de abastecimiento de materia prima a través del (VSM) futuro tomando como referencia el realizado por el autor (Cabrera Calva, 2011), donde exponen que para lograr una correcta implementación de la herramienta justo a tiempo se deben cumplir con tres etapas: Identificar la familia de productos, construir el diagrama del estado actual y realizar el mapeo del estado futuro.

2.1 HERRAMIENTAS LEAN

Las 5 S: El autor (Villalva, 2008) lo describe como la práctica de Calidad ideada en Japón referida al “Mantenimiento Integral” de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos. Representan acciones que son principios expresados con 5 palabras japonesas que empiezan por la letra s, la cuales son:

- Seiri: clasificar
- Seiton: orden
- Seiso: limpieza
- Seiketsu: limpieza estandarizada
- Shitsuke: disciplina

Mapa de la Cadena de Valor o (Value Stream Mapping): El autor (Nash, 2008) ve el (VSM) como una herramienta de mapeo de procesos, que es una manera de "ver" el flujo del proceso y la comunicación dentro del proceso, o cadena de valor. Cabe resaltar que esta técnica ha logrado una rápida aceptación en el mundo de la mejora continua, debido a su capacidad de recopilar, analizar y presentar la información en un período de tiempo muy condensado. Fue gracias a esta herramienta que se pudieron evidenciar aquellas actividades que no agregaban valor al producto para posteriormente ser eliminadas. Algunos autores han tenido casos exitosos en la aplicación del (VSM) como son los de (Albino, 2016) (Carlsson & Fröberg, 2016) y (Alves, Carvalho, & Sousa, 2012) y los autores (Clavijo Tautiva & Rodríguez Ortíz, 2015) que utilizaron el (VSM) para diagnosticar el sistema actual en su estudio y propusieron un nuevo modelo de producción, con lo que pudieron identificar las brechas existentes entre los sistemas que finalmente llevo a proyectar un plan de acción que sugirió construir una nueva línea de manufactura que después de 3 años de entrar en operación logró incrementar la producción en un 72% de lo planeado inicialmente. Actualmente, existen 10 empresas líderes en la implementación del Lean Manufacturing, dichas empresas, que sirven como ejemplos y modelos a seguir, son Nike, Kimberley-Clark Corporation, Caterpillar Inc., Intel, Illinois Tool Works, Textron, Parker Hannifin, John Deere, Ford y Toyota. Este planteamiento se puede alinear con lo que (Womack, 2003) explica (en el paso 4 del capítulo 11 de Lean Thinking), donde se hizo hincapié en la utilidad de mapeo de la cadena de valor completa para todas las familias de productos. (Nash, 2008)

TPS (Toyota's Production System o Sistema de producción Toyota): el sistema de producción inventado y promovido por Toyota Motor Corporation ha sido adoptado por muchas empresas, algunas por consecuencia de la crisis del petróleo de 1973 según nos dice (Villalva, 2008) la finalidad principal del sistema es eliminar a través de las actividades de mejora varias clases de despilfarro que yacen ocultas en el interior de la empresa. En la cual, se espera que los miembros de una organización examinen críticamente el flujo del proceso y saquen a la superficie tanto los problemas como las ineficiencias.

Sistemas de jalar o Pull: Cuando la demanda del producto determina cuánto producir (enfoque pull), los tamaños de las órdenes de producción son pequeños, se generan bajos costos por inventarios, y un bajo riesgo por obsolescencia del

producto. Este enfoque es conveniente cuando se compite por innovación y flexibilidad, y su implantación requiere de información rápida desde los puntos de venta, así como de un sistema de producción rápido y flexible. Las desventajas de este enfoque son la necesidad de tener capacidad para los períodos de demanda pico, menores economías de escala y transporte que el tradicional enfoque push. (Munoz Negron, 2009).

Takt Time: Calcular el Takt time (es decir, la velocidad a la cual la cadena de valor debe operar para satisfacer la demanda del cliente) el cliente es quien marca el ritmo, decide la manera y forma en la que se le entregaran los productos o servicios que desean; además es quien decide que agrega y que no agrega valor dentro de los procesos que es lo que genera desperdicio y lo cual no está dispuesto a pagar el cliente. (Das, Venkatadri , & Pandey, 2014)

2.2 PRIMERA ETAPA. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA

Para dar cumplimiento al siguiente trabajo se inició definiendo cada una de las etapas del proceso para conocer cuáles eran las áreas involucradas, seguido de eso se establecieron cuáles eran las actividades de estas áreas con el propósito de generar registros donde se pudieran identificar posibles cambios de la programación que no se tuvieran previstos en la producción. Para eso fue necesario determinar los tiempos empleados en la ejecución de las actividades del proceso de abastecimiento de materiales, llevando también registros de tiempos muertos generados por actividades adversas al operario, ya fueran por que el material no se encontraba disponible o porque no tenía existencia en el inventario. Se analizaron los indicadores de proceso como tiempo de ciclo, tiempo de producción y operarios.

2.3 SEGUNDA ETAPA. PLANTEARON INDICADORES

Se plantearon los indicadores con el fin de conocer los tiempos del proceso como: el tiempo de ciclo, el tiempo de ensamblaje y el tiempo que requieren los operarios para completar el proceso. Se indagó entre los jefes de las áreas acerca de los problemas que ellos tienen con el proceso, además de las entrevistas con los operarios se realizó una encuesta con algunas preguntas abiertas que nos permitió conocer un poco más.

2.4 TERCERA ETAPA. REALIZACIÓN DEL MAPA DE LA CADENA DE VALOR (VSM)

Se realizó un análisis de la cadena de valor usando el (Value Stream Mapping) basado en la propuesta por (Cabrera calva, 2011) quien complementa la de (Basurto & Ruiz, 2003). Se hizo un levantamiento de información en cada parte del proceso seleccionado. Para ello se tuvo en cuenta los tiempos empleados por la empresa en cada proceso y actividad, con toda la información recolectada, se procedió a diseñar el (VSM) actual. Es aquí donde se logró conocer realmente cual era la situación actual de la empresa, el porqué de las problemáticas que se presentan en la planta y se identificó las posibles oportunidades de mejora, posterior a eso se realizó un (VSM) futuro en donde se plantearon las posibles mejoras.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proceso de abastecimiento se identificó la presencia constante de tiempos de paro de línea y generación de horas extras por falta de material en las sub áreas de producción. que ocasionaba un incremento mensual de 182 horas extra en promedio desde el inicio del año 2018 hasta el mes de agosto según la información obtenida del sistema integral de trabajo (SIT), además de problemas logísticos con retrasos en llegada de materiales al almacén, retrasos en el conteo por parte de los auxiliares de almacén por la presentación en la que llega la MP, retrasos en la entrega a las sub áreas de producción por parte del recuento que se hace en todas las OP por parte de los proveedores lo cual hacían que por semana hubieran tiempos de paro entre 3 y 4 veces, también, se generaban daños por la manipulación de la MP lo cual ocasionaba un costo adicional que variaba dependiendo el tipo de material dañado. De acuerdo a esto se evidenció que, en los meses de junio, octubre y noviembre del año 2017, hubo una cantidad considerable de horas de paro lo que equivale a un promedio de 298 horas extra con un valor de \$1'614,352 por mes y en ese año la cantidad total fue de \$ 42'743,420, lo cual genero re procesos, pérdidas y atrasos en la fabricación. Como se puede evidenciar los costos de paradas de línea del año 2018 en la figura 5.

En la primera etapa se procedió a realizar un cursograma de operaciones donde se pudiera identificar las actividades del proceso de abastecimiento de materia prima desde el momento en que se genera la orden de fabricación hasta donde

entregan los materiales requeridos para la fabricación del producto (Ver figura 1).

Figura 1. Cursograma de operaciones del proceso de abastecimiento de materiales

Cursograma analítico				
Diagrama Num: 1	Hoja Núm 1 de 1	Resumen		
Objeto: análisis del alistamiento de orden de producción y su entrega a planta para fabricación	Actividad: Surtimiento a planta de producción de MP	Operación	Actual	
Lugar: Almacén de materia prima	Operario (s): vease columna de ob.Ficha núm:	Transporte	Propuesta	
Compuesto por: Christian Calderón - Jhojan Fory	Fecha: 09-Jul-2018	Espera	Economía	
Aprobado por: Coordinador de almacén	Fecha:	Inspección		
		Almacenamiento		
		Distancia (m)		
		Tiempo (min-hombre)		
		Costo		
		- Mano de obra - Maquinaria		
		- Materia prima -Eq de computo		
Descripción: Metodo actual	Tiempo (min.)	Distancia (mts)	Simbolo	Observaciones
Liberación de OP (SAP) por 200 equipos , vía correo electrónico.	-	-	○	auxiliar de logística
Segregación de OP en listados por familias de materiales a surtir	2	-	□	Aux Lider Almacen
Entrega de Listados a los auxiliares de almacén	8	120	◇	Aux Lider Almacen
Alistamiento de OP con los listados entregados por el Lider	115	100	⇨	Auxiliares de almacén (7)
Rotulación de la estiba alistada por cada auxiliar debe ser identificada con N° OP, cantidad, modelo de equipo.	1	-	▽	Auxiliares de almacén (7)
Ubicación de cada estiba en la estantería de picking	5	157		Auxiliares de almacén (7)
Entrega de listados al lider de almacen para su revisión (validar que no tenga faltantes)	2	120		Aux Lider Almacen
Solicitud de la OP por parte del departamento de producción vía correo	-	-		coordinador de producción
Traslado de la OP desde el almacén a la línea de producción respectiva (teóricamente) utilizando el programa SAP	5	-		Aux Lider Almacen
Ubicación de cada estiba de la OP a la zona de recuento del departamento de producción	6	70		Aux Lider Almacen
Recuento por parte de los operarios y líderes de producción	110	-		Operarios rotativos de producción/-líderes de producción
Entrega de OP a zona específica de producción	15	220		Operarios rotativos de producción/-líderes de producción
Solicitud de materiales de Scrap o insumos a almacén	10	-		Líderes de Producción
Diligenciamiento de formato de Scrap o insumos	20	-		Aprovisionador de producción
Entrega de materiales de Scrap o insumos al proveedor de producción	60	120		Auxiliares de almacén (7)
Recolección de materiales de Scrap o insumos en el almacén para ser llevados a las líneas de fabricación	10	220		Operarios rotativos de producción/-líderes de producción
Firma de documento de recibo conforme de materiales de Scrap o insumos	3	-		Operarios rotativos de producción/-líderes de producción
Total	365	1127	13 5 2 3 2	

Fuente: elaboración propia.

Aquí se identificó todos los pasos requeridos para entregar la materia prima, donde el auxiliar de bodega se encarga de separar los materiales que requiere cada orden de producción y los organiza en una estiba que rotula con el número de la orden para posteriormente ser entregada a los diferentes líderes de áreas de producción en un tiempo estipulado de 2 horas. Por consiguiente, se dio la tarea de identificar cuáles eran los procesos involucrados, los cuales son: Metal mecánica, pre-ensamble, cabinas de calentamiento, inyección, limpieza, cabeceras de línea ensamble de puerta, cabina de ciclado y termina en la estación de línea final.

En la segunda etapa se plantearon los indicadores con el fin de conocer los tiempos del proceso, este trabajo busca mejorar el servicio al cliente, minimizando los paros de línea y mejorando el tiempo de respuesta de los pedidos, aprovechando la capacidad instalada de la planta. por lo que se tuvieron en cuenta los siguientes indicadores.

Tabla 1. Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
Número de paros	$\frac{\text{Numero de paradas}}{\text{Numero mes}} = \frac{16}{4} = 4/\text{mes}$	Se puede observar que después de aplicar las soluciones obtenidas en el VSM hay un promedio de cuatro paradas por mes
Takt time	$\frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{demanda}} = \frac{28800 \text{ seg/día}}{192 \text{ und/día}}$ $= 150 \text{ seg/und}$	Se tiene un promedio de 24 unidades por hora en la línea de producción.
Lead time	$= \sum \text{tiempos actividades} + \sum \text{esperas}$ $= 1110 \text{ seg} + 2862 \text{ seg} = 3972 \text{ seg}$	Después de haber hecho con el VSM futuro, se efectuó la sumatoria de las actividades y de las esperas entre cada una de ellas para hallar el lead time actual.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 2 Se evidencia que en los meses 2 3 4 y 5 del presente año se tuvieron paradas de línea por falta de material, cuando se refiere a ello, fue porque no se hizo la gestión adecuada para traerlo de las bodegas externas de la compañía, el mes 1 (enero) no aparece porque lo que fue en noviembre, diciembre, enero, no se registraron paradas de línea por parte de almacén, debido al gran aumento de la producción y a la cantidad de material que está llegando a almacén para su fabricación, se recurre a arrendar otras bodegas para almacenar materia prima, las paradas antes mencionadas son por contratiempos al traer materiales de esas bodegas ya sean climáticos, viales o mecánicos porque se transportan mediante urbanos, estas paradas no tienen nada que ver con problemas en el proyecto de abastecimiento a las líneas de producción.

Tabla 2. Paradas de Línea

ALMAC	\$0	\$500,519	\$319,175	\$134,734	\$114,497	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1,068,92
NEV VR20-D1-E1D115BGCIRB DISCO	000005569708	2	14	0605	ALMAC	150	2.50	3	7.50	\$5,411	\$40,583	FALTA CONDENSADOR			
NEV VR20-D1-E1D115BGCIRB DISCO	000005569708	2	14	0608	ALMAC	150	2.50	23	57.50	\$5,411	\$311,133	FALTA CONDENSADOR			
NEV VR20-D1-E1D115BGCIRB DISCO	000005569708	2	18	0609	ALMAC	150	2.50	11	27.50	\$5,411	\$148,803	FALTA CONDENSADOR			
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0607	ALMAC	23	0.38	12	4.56	\$5,411	\$24,674	FALTA DE MATERIAL			
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0607	ALMAC	27	0.45	12	5.40	\$5,411	\$29,219	FALTA DE PANELES			
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0605	ALMAC	25	0.42	6	2.52	\$5,411	\$13,636	FALTA DE PANEL DE VIDRIO			
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0606	ALMAC	20	0.33	18	5.94	\$5,411	\$32,141	EVAPORADORES TROCADOS			
NEV VR12 D BMAD CIR LED B DIS CO	000005598214	3	21	0606	ALMAC	45	0.75	18	13.50	\$5,411	\$73,049	FALTA DE MATERIAL			
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0606	ALMAC	23	0.38	18	6.84	\$5	\$34	FALTA DE MATERIAL			
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0606	ALMAC	27	0.45	18	8.10	\$5,411	\$43,829	FALTA DE PANELES			
NEV VR12 D BMAD CIR LED B DIS CO	000005598214	3	21	0607	ALMAC	45	0.75	12	9.00	\$5,411	\$48,699	FALTA DE MATERIAL			
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0607	ALMAC	50	0.83	12	9.96	\$5,411	\$53,894	EVAPORADORES TROCADOS			
NEV VR33-D2-E1D115BGCIRB DIS CO	000005676400	4	8	0606	ALMAC	50	0.83	12	9.96	\$5,411	\$53,894	FALTA MATERIAL, BISAGRAS, SENSOR TEMPERATURA			
NEV VR33-D2-E1D115BGCIRB DIS CO	000005676400	4	8	0606	ALMAC	50	0.83	18	14.94	\$5,411	\$80,840	FALTA MATERIAL, BISAGRAS, SENSOR TEMPERATURA			
NEV FV08-B1 P21115BGWLN POK ABI CO	000005681138	5	16	0606	ALMAC	30	0.50	23	11.50	\$5,411	\$62,227	FALTA DE COMPRESORES			
NEV FV08-B1 P21115BGWLN POK ABI CO	000005681138	5	16	0606	ALMAC	25	0.42	23	9.66	\$5,411	\$52,270	FALTA DE SOLDADURA			

Material	Orden	Mes	Día	Código Resp	Tiempo de parada (min)	Tiempo de parada (hrs)	No. pers	Tiempo de parada Costo	Costo	Observaciones
----------	-------	-----	-----	-------------	------------------------	------------------------	----------	------------------------	-------	---------------

Fuente: Sistema integral de trabajo (SIT).

Luego se indagó entre los diferentes jefes de área acerca de los problemas que ellos tienen en el proceso de producción para lo que se realizó una encuesta a los líderes de las diferentes áreas que intervienen en el proceso de abastecimiento de materia prima para verificar cuales son los problemas actuales que tienen, obteniendo los siguientes resultados, ver Tabla 3.

Tabla 3: Encuesta de problemas que tienen las diferentes áreas en el proceso de abastecimiento de materia prima.

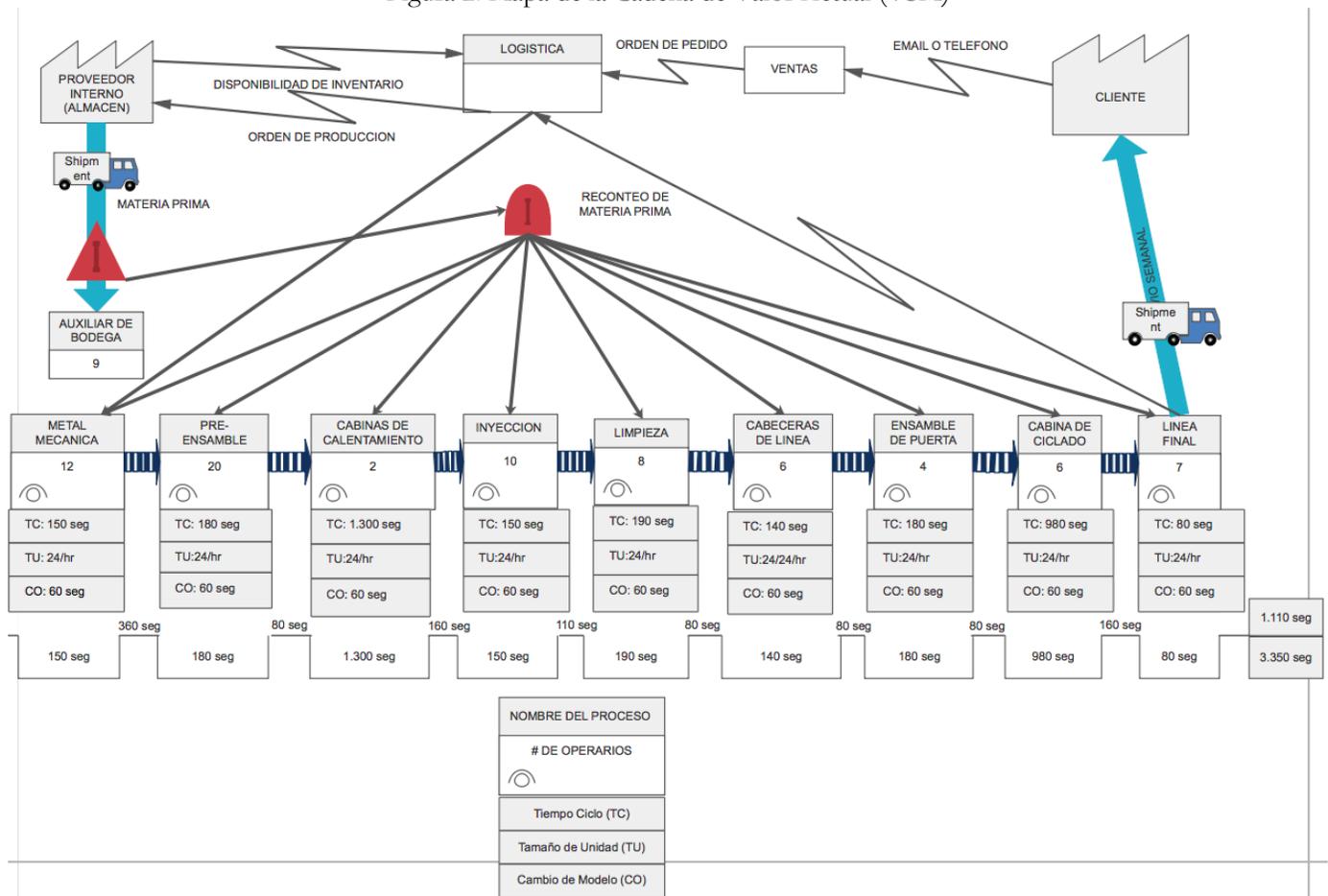
Problemas presentados / Áreas	Total Por Área	% en errores
Parada de Línea o área por falta de MP	8	9%
No pasan material a tiempo	8	9%
No pasan material completo con sus accesorios	5	6%
Material de kanban programado y no llega en el momento adecuado	6	7%
Los líderes de área paran sus labores por ir ayudar con el recuento de la OP	11	13%
El líder de área debe ir al almacén por el material que necesita y contarlos (pierde tiempo de operación en su área)	7	8%
Desgaste y pérdida de tiempo con el cambio repentino de órdenes de producción (volver a contar)	5	6%
Generación de horas extra	10	12%
Generación de re trabajos	4	5%
se pierden tiempos ganados en adelantos	8	9%
Inventario Sobrante en producción	9	10%
materiales llevados a áreas equivocadas	4	5%
MP acumulada en almacén perteneciente a producción	1	1%
Total de todas las áreas	86	100%

Fuente: elaboración propia.

En la encuesta realizada se resaltaron dos problemas los cuales fueron los que obtuvieron mayor porcentaje de error, uno es que los líderes de área paraban sus labores por ir ayudar con el recuento de la orden de producción y el otro problema es la generación de horas extras. De acuerdo a lo anterior se puede evidenciar por qué se generan los retrasos en la fabricación de los equipos, y además que por esa razón se incrementan los costos de fabricación por la generación de horas extras en el reproceso, lo cual hace que tengan inconvenientes para cumplirle al cliente en las fechas de entrega, esto trae como consecuencia que la empresa adquiera una mala imagen con él, dando paso a que prefieran hacer negocios con la competencia y se pierdan futuros negocios.

En la tercera etapa se realizó un (VSM) con todos los datos recopilados como el tiempo ciclo, el Takt Time, el Lead Time, numero de operarios requeridos y datos que se obtuvieron gracias a la información que suministraron los operarios y los jefes de área. A continuación, en la figura 2 se muestra como se plasma el flujo de información en el mapa de la cadena de valor actual. Aquí se puede observar que el flujo empieza cuando el cliente hace la orden de compra del producto al departamento de ventas quien a su vez le remite la orden al departamento de producción, el cual verifica con el almacén la disponibilidad de materia prima. Posterior a eso un auxiliar de bodega alista en una estiba todos los materiales requeridos para la producción de producto que se reparte a las diferentes áreas de producción.

Figura 2: Mapa de la Cadena de Valor Actual (VSM)



Fuente: elaboración propia.

Tras haber definido las actividades y subprocesos del proceso de abastecimiento de materia prima con la información recolectada, se realizó el mapa de la situación actual a partir del ordenamiento de la materia prima en las estibas hasta el almacenamiento del producto terminado. Dentro de cada subproceso se tuvieron en cuenta los tiempos de ciclo en segundos, tiempos de espera entre ellos, número de operarios, tiempo de cambio de modelo, flujo de información y flujo de material. En el (VSM) actual se inicia la cadena de suministros con la solicitud del producto por parte de los clientes hacia el departamento de ventas por medio de llamada telefónica o correo electrónico, luego el departamento de ventas hace una orden de pedido al departamento de producción con la cantidad de productos demandados. Producción verifica la cantidad de materia prima disponible para la producción. Si no hay suficientes, se coloca una orden de compra por las

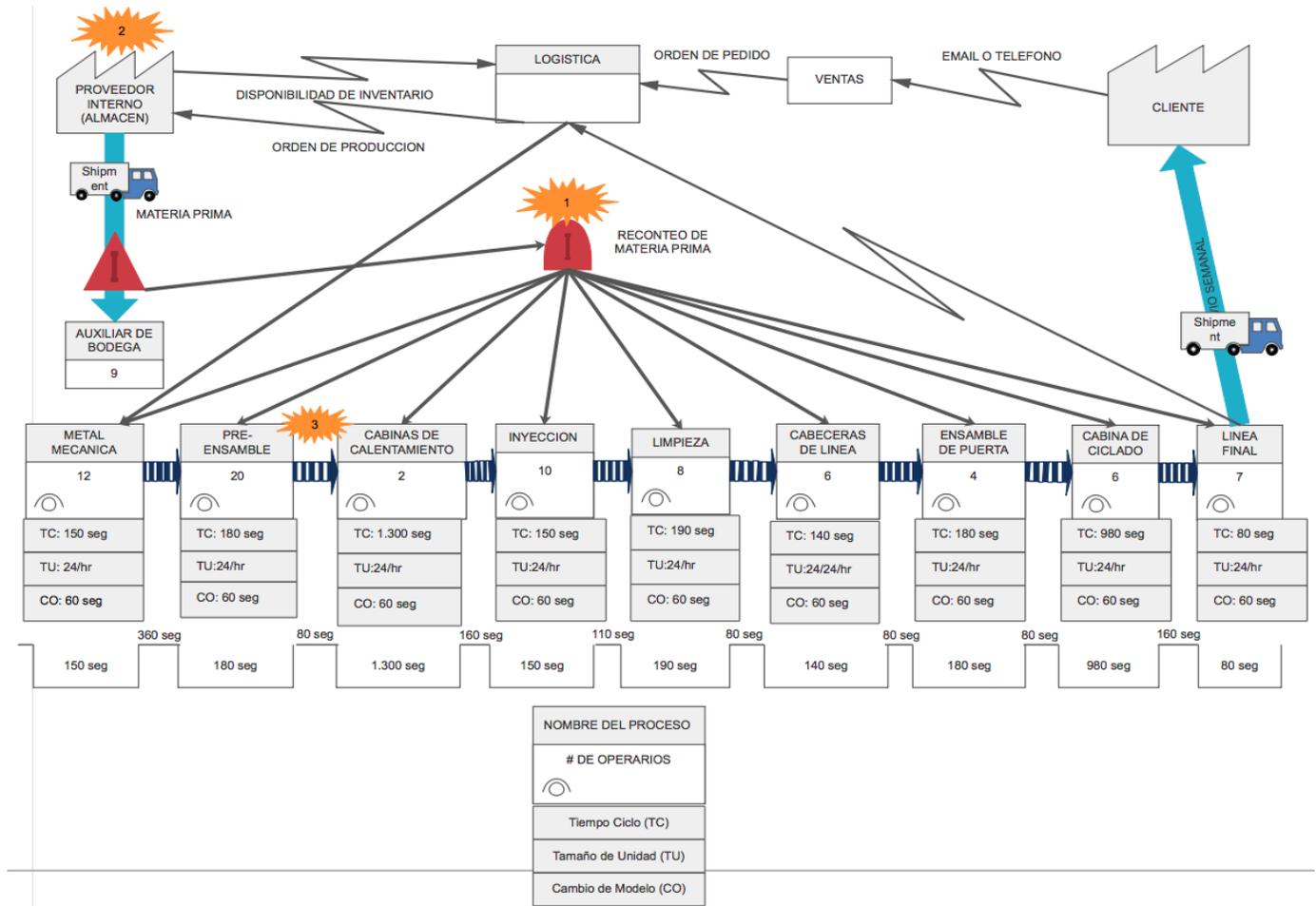
cantidades necesarias. Y ya con la materia prima requerida se inicia la producción con los procesos de metalmecánica, pre-ensamble, cabinas de calentamiento, inyección, limpieza, cabeceras de línea ensamble de puerta, cabina de ciclado y termina en la estación de línea final, posterior a eso se desplaza a la zona de almacenamiento para entregar al cliente.

La información obtenida en el (VSM) da una visión real de la situación actual del proceso, analizándolo a partir de la solicitud de los clientes. Donde los clientes le solicitan producto al departamento de ventas para un tiempo estipulado, donde en ocasiones la entrega del producto se retrasaba, ya que en ese proceso se identificó la presencia constante de tiempos de paro de línea que además de retrasar las entregas generaba horas extras en la empresa, ya fuera por falta de material en las subáreas de producción o situaciones adversas al operario, que ocasiono un incremento mensual de 182 horas extra en el año 2018 hasta el mes de agosto.

3.1 IMPLEMENTACION DEL JUSTO A TIEMPO

De acuerdo con la información obtenida en el (VSM) actual para el proceso de abastecimiento de materia prima, se realizó una descripción de los 3 tipos de desperdicios identificados en la cadena de valor, que según el autor (Matías, 2013) los desperdicios son aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios, como se puede evidenciar en la figura 3, a continuación, se realizaron las propuestas de mejora que mitigaron dichos problemas presentados a lo largo del proceso y se muestran los resultados obtenidos con su aplicación. Como se explicó anteriormente, en la operación de recuento de materiales se evidencia desperdicios de tiempo y talento humano no utilizado. Actualmente es necesario realizar varias operaciones que involucran más personal y un carrito especializado para el transporte de material, el cual acerca los materiales a las líneas por medio de operarios que manipulan y distribuyen la materia prima.

Figura 3: Mapa de la Cadena de Valor Actual (VSM)



Fuente: elaboración propia.



Problemas que trae hacer el recuento:

- Pérdida de tiempo en la entrega de materiales
- Materiales extraviados
- Descontrol en inventario de MP
- Daños en MP
- Costos en compra de materiales adicionales
- Paros de Línea por falta de material
- Improductividad de procesos de producción
- Generación de reprocesos.
- Generación de horas extras por reprocesos.

Para esto se propuso y se implementó un procedimiento nuevo llamado surtimiento a líneas de producción, para esto se designaron roles y funciones a cada puesto de trabajo para garantizar un excelente abastecimiento en líneas de producción justo a tiempo. Con esto se logró que el personal de producción se enfocara en el proceso productivo, al implementar el abastecimiento directamente desde el almacén. Con esto los líderes y el personal de producción ya no tienen la necesidad de desplazarse hasta el almacén para solicitar materiales ya que este siempre va a estar disponible en sus puestos de trabajo por las actividades encomendadas a los aprovisionadores de almacén.

Para lograr tener el apoyo de los aprovisionadores se realizó un estudio de tiempos basado en el autor (Kanawaty , 1996) que consiste en tomar tiempos a cada etapa del proceso y determinar el tiempo estándar de cada operación, en el cual se diagnosticó que se necesitaban 3 personas para surtir una línea de producción y 1 persona que liderara el proceso, en ese estudio se validaron cada una de las actividades que debían desempeñar cada uno, estas personas se encargaron de llevar los materiales a cada estación de trabajo en las horas y las cantidades estandarizadas.



2

La problemática que se tenía en almacén respecto al surtimiento en las líneas:

A causa del recuento que hacia producción de las OF habían demoras en la entrega de la materia prima a las diferentes estaciones de trabajo, los líderes de cada estación debían ir al almacén por esos materiales lo cual generaba que descuidaran el proceso y se volviera menos productivo, además, como las OF eran por cantidades grandes, había material que se trasladaba en el sistema (desde el almacén hacia la línea de producción) pero lo físico no se entregaba todo a la línea por falta de espacio, este material quedaba en almacén lo cual generaba confusión acerca de cuál era el material de inventario y cuál era el de producción.

Se mejoró la confiabilidad de MP recibida desde proveedor (Tiempo, Cantidad, Calidad) ya que se hicieron acuerdos con proveedores para que la MP llegara separada en múltiplos de 80. Después se optimizaron tiempos de prelistamiento de MP, reduciendo las ordenes de producción a cantidad de 80, para entrega a tiempo a producción. Con esto aumentó la confiabilidad de Inventario ya que al realizar las ordenes de producción por 80 equipos, los materiales salen en su totalidad para el área solicitada sin quedar material en almacén (entrega oportuna, en cantidades estandarizadas) con esto se simplificó los materiales sobrantes y faltantes en OP.



3

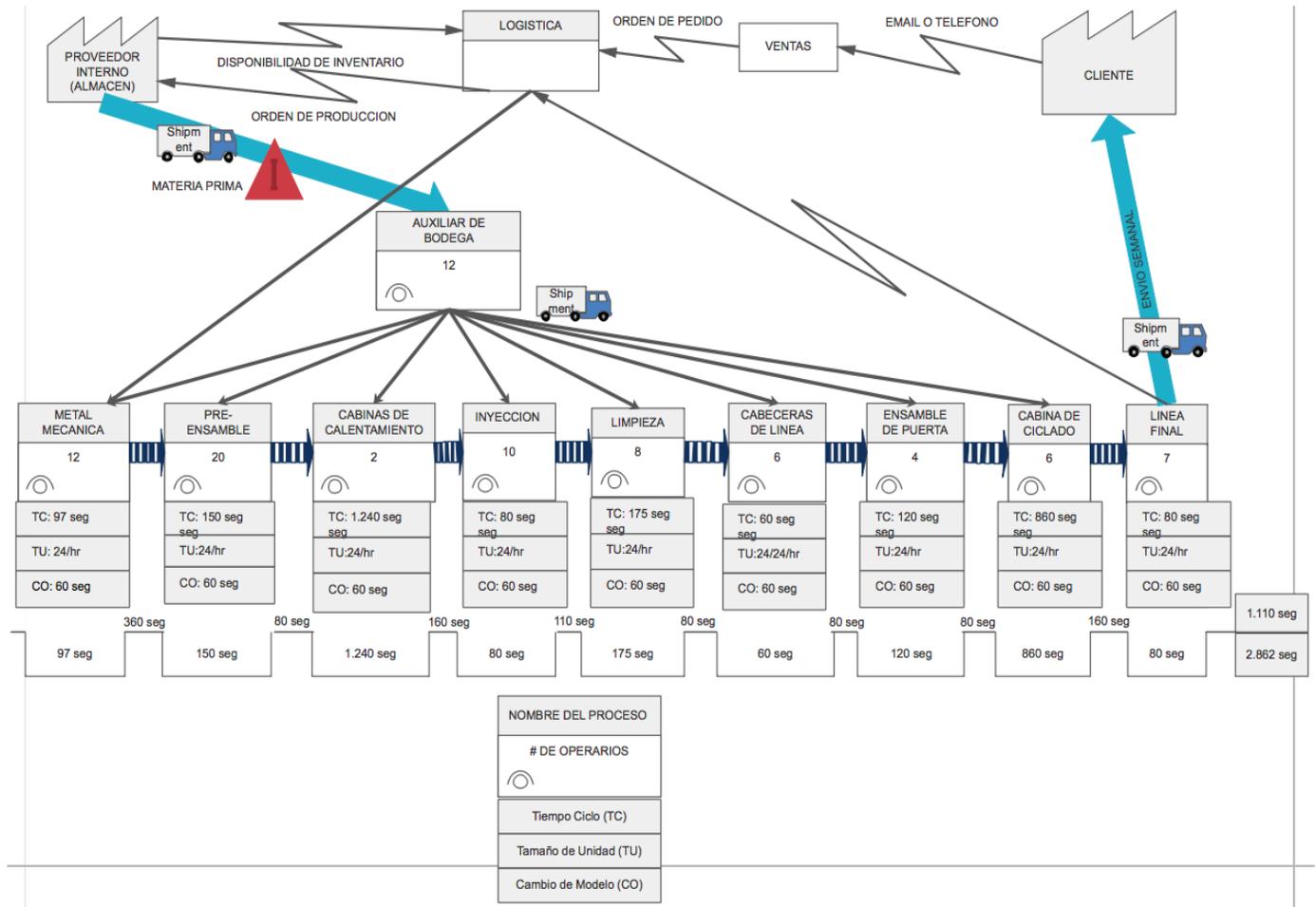
Material sobrante acumulado en las áreas de trabajo:

A raíz de que no había una manera ordenada de entregar las OF a producción se generaba acumulación de materiales en ambas áreas (almacén y producción) no se tenía control de lo que se entregaba y lo que quedaba pendiente por pasar, esto traía como consecuencia desorden, daños en MP, mala calidad, costos por materiales dañados y al generarse estos inconvenientes impactaba de manera directa al inventario de MP de ambas áreas, alteraba la confiabilidad de este cada trimestre, también se perdía el material en las líneas de producción y al sacar más del almacén hacia que generara más descuadre en el inventario.

Como solución se realizó una propuesta de implementar unos carritos diseñados para desplazar y almacenar materiales. Gracias a eso se logró mayor efectividad en el traslado de materiales de volumen como (tolvas, magnéticos, motores), también se logró menor cantidad de material en las líneas de producción, esto permitió mayor control sobre los mismos, y que haya material en los lugares destinados para ello.

En la figura 4 se puede observar el mapa de la cadena de valor futuro donde ya se eliminó el recuento que se hacía en área de almacén y provocaba retrasos de tiempo, y se implementaron nuevas personas para aprovisionar las líneas de producción y así lograr más productividad en los procesos, además con la aplicación de las 5s en las áreas de trabajo y los carros que almacén y transportan material se lograron lugares de trabajo más organizados y ya no mantiene material sobrante en las líneas de producción.

Figura 4. Mapa de la Cadena de Valor Futuro (VSM)



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Costos de paradas de línea 2018.

TOTAL		(MIN) 37,012 (HRS) 616.89	TIEMPO DE PARADAS (HRS) 8,334.77	COSTO DE PARADAS: \$45,651,379								
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
MTTOR	\$84,521	\$57,411	\$18,722	\$4,329	\$171,258	\$146,692	\$267,250	\$44,262	\$0	\$661,333	\$20,331,404	\$207,620
LOGIS	\$854,397	\$247,445	\$288,677	\$879,992	\$561,445	\$587,473	\$970,408	\$176,561	\$175,858	\$618,532	\$1,564,808	\$516,913
INGEN	\$0	\$370,653	\$70,343	\$687,413	\$1,642,618	\$372,385	\$432,881	\$739,466	\$146,097	\$448,517	\$0	\$0
ALMAC	\$1,956,185	\$0	\$0	\$400,414	\$58,439	\$349,010	\$179,754	\$357,126	\$0	\$301,393	\$0	\$0
CALID	\$0	\$0	\$304,369	\$122,072	\$304,423	\$507,660	\$240,033	\$1,143,346	\$414,266	\$307,074	\$0	\$0
SAP	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$2,164,400
PROD	\$0	\$0	\$0	\$413,942	\$201,019	\$0	\$132,786	\$134,572	\$216,440	\$194,038	\$0	\$0
INGIN	\$0	\$0	\$0	\$367,948	\$0	\$81,165	\$0	\$0	\$284,078	\$0	\$0	\$0
RRHH	\$48,700	\$8,117	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$110,926
TOTAL:	\$2,943,803	\$683,626	\$682,111	\$2,876,110	\$2,939,202	\$2,044,385	\$2,223,112	\$2,595,333	\$1,236,739	\$2,530,887	\$21,896,212	\$2,999,859

Fuente: Sistema integral de trabajo (SIT)

También se observa que para el año 2019 donde el proceso ya está implementado, pero aún esta perfeccionándose con los contratiempos que pueden generarse en el día a día, los costos son los siguientes:

Figura 6. Costos de paradas de línea 2019.

TOTAL		(MIN) 10,188 (HRS) 169.81		
Ene	Feb	Abr		
LOGIS	\$5,384,218	\$1,779,680	\$195,337	\$426,927
ALMAC	\$0	\$500,519	\$319,175	\$134,734
CALID	\$515,345	\$0	\$135,600	\$213,734
RRHH	\$693,960	\$0	\$40,583	\$0
INGIN	\$0	\$0	\$547,431	\$0
INGEN	\$445,650	\$0	\$43,504	\$32,466
MTTOR	\$37,877	\$0	\$196,420	\$121,911
PROD	\$203,995	\$0	\$16,233	\$37,498
TOTAL:	\$7,281,045	\$2,280,199	\$1,494,283	\$967,270

Fuente: Sistema integral de trabajo (SIT)

De acuerdo con la figura 6 para enero no hubo paradas, en los meses de febrero, marzo y abril, se evidencian pérdidas económicas, pero son bajas comparadas a las que habían antes de plantear el proyecto de abastecimiento, estas paradas generadas se dieron por incremento en la producción y llegada de personal nuevo que no sabía al 100% sobre la distribución de la materia prima en las estaciones de trabajo, además de factores externos al proceso de abastecimiento que involucran a almacén, como llegadas tardías de la MP, mala programación del personal por parte de la jefatura y como consecuencia atrasos en los procesos que influyen directamente al proceso de abastecimiento. Lo anterior demuestra que el objetivo del trabajo que era mejorar los tiempos de entrega de materia prima desde el almacén hasta las diferentes subáreas del departamento de producción, al implementar la metodología justo a tiempo fue satisfactoria, ya que se redujeron los retrasos y el desperdicio en un porcentaje de hasta el 65% en el proceso de abastecimiento de materia prima.

4. CONCLUSIONES

En la industria no basta con llevar mucho tiempo en el mercado, siempre se debe estar a la vanguardia y en la búsqueda del mejoramiento continuo en los procesos para aplicar nuevas herramientas que permitan alcanzar grandes niveles de desempeño. El gran impacto que tiene la aplicación del justo a tiempo puede representar en beneficios económicos y productivos importantes para las compañías que deciden aplicarla en sus procesos.

Con los resultados obtenidos, se logró evidenciar que todo empieza con el personal de producción quien se encarga del recuento de las ordenes y validación ítem por ítem de los diferentes materiales, este proceso es tan demorado que terminan solicitando la ayuda de los líderes de producción que deben parar sus labores para recantar órdenes y poder lograr que los materiales salgan un más rápido a los puestos de trabajo; es aquí donde se empiezan a generar los retrasos en la fabricación de los equipos, y además se incrementan los costos de fabricación por la generación de horas extras en el reproceso, lo que hace que tengan inconvenientes para cumplirle al cliente en las fechas de entrega.

Gracias a la implementación de la metodología justo a tiempo se logró dar solución al principal problema que era el recuento de materia prima, que ocasionaba la presencia constante de paros de línea generando horas extras en las sub áreas de producción, que en su momento llegó a tener un incremento hasta de 182 horas extras por mes en el año 2018. Donde la solución que se le dio fue incorporar nuevas personas que se encargaran del surtimiento a las líneas de producción y de esa manera evitar que los operarios perdieran tiempo al tener que desplazarse hasta el almacén por materiales que debían estar en el lugar de trabajo en momento que ellos lo requerían. Además, que con la implementación de los carros especializados para el almacenamiento y transporte se logró una entrega más eficaz y ordenada de los materiales lo que minimizó materiales sobrantes en las estaciones de trabajo de producción. Para evitar que el personal de producción dejara de realizar sus funciones (fabricar) por ir ayudar al recuento de las ordenes, se eliminó el proceso de recuento y validación de materiales, asignando dos surtidores de almacén para que abastezcan a cada línea de producción logrando de esta manera mayor productividad y eficiencia en el proceso de entrega de materiales directamente desde el almacén a las diferentes estaciones de trabajo de producción. Por otra parte, con los acuerdos que se hicieron con los proveedores en cuanto a la forma y la cantidad de suministro de materia prima (estandarización de empaques), se logró mayor confiabilidad en el inventario general ya que no se tendría que hacer ninguna modificación del material en cuanto a su cantidad y su empaque, así mismo como llega se entrega a los surtidores en las ordenes de producción para posteriormente ser usados en las estaciones de trabajo de producción, de esta manera, también se minimiza el impacto en los materiales sobrantes ya que se reduce la probabilidad de entregar materiales de más.

REFERENCIAS

- Aksoy, A. &. (2011). Supplier selection and performance evaluation in just-in-time production environments.
- Cabrera calva, R. (2011). VSM. Analisis del mapeo de la cadena de valor.
- Albino, P. (2016). Lean manufacturing: a case of the factors influencing the failure in the introduction in an automotive industry. En Gisele, N. dos Santos Portugal, T. Zatti Rodrigues, O. H. Barolli Reis, & P. dos Santos Portugal Júnior.
- Alves, A., Carvalho, D., & Sousa, R. (2012). Lean Production as Promoter of Thinkers to Achieve Companies Agility. The Learning Organization.
- Basurto, & Ruiz. (2003). El Value Stream Mapping- una herramienta básica para hacer progresos hacia la producción ajustada.
- Carlsson, D., & Fröberg, P. (2016). Lean Manufacturing and Company Integration In Swedish and Danish Machining Industry.
- Clavijo Tautiva, J. A., & Rodríguez Ortiz, E. M. (2015). Diseño de un sistema de producción para una planta de balanceados de pollo de engorde. Tesis, Universidad Sergio Arboleda, Bogotá.
- Das, B., Venkatadri, U., & Pandey, P. (2014). Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 71, 307-

323.

- Domínguez Machuca, J. A. (1995). Dirección de Operaciones: Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. . Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa.
- Edward J, H. (1989). Justo a Tiempo: La Técnica Japonesa que generas mayor ventaja competitiva. Bogotá: Editorial Norma SA. NORMA.
- El Tiempo. (16 de junio de 1998). Una Empresa De Categoría Mundial. El Tiempo.
- Graither, N., & Frazier, G. (2000). Administración de producción y operaciones (Octava edición ed.). Thomson Editores, S.A.
- Hernández Nariño, A., Medina León, A., Nogueira Rivera, D., Negrin Sosa, E., & Marqués León, M. (2014). La caracterización y clasificación de sistemas, un paso necesario en la gestión y mejora de procesos. DYNA: revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín., 81, 193-200.
- Kanawaty , G. (1996). Introduction to work study (Cuarta edición (revisada) ed.). International work office.
- Liker, J. K. (2010). Toyota Way: fourteen management principles from the world's greatest manufacture. McGraw-Hill Inc.
- Muñoz Negrón, D. (2009). Administración de operaciones. Cengage Learning Editores.
- Matías, J. C. (2013). Lean Manufacturing: Concepto, técnicas e implantación. Fundación EOI.
- Nash, M. a. (2008). Mapping the total Value Stream.
- Sanmartín, E. F., & Solís García, E. F. (2015). Propuesta de diseño de la metodología justo a tiempo (JIT) en el área de producción para la Empresa Novo, período 2014-2015. Obtenido de Repositorio institucional: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22853>
- Sarache Castro, W. A., & Tovar, N. J. (2000). Justo a Tiempo y Manufactura Modula: una alternativa para mejorar la competitividad en plantas de confecciones.
- Vijay, K. K. (2005). Just in time, total quality management, and supply chain management: understanding their linkages and impact on business performance. (Elsevier, Ed.) Omega, 33 (2), 153-162.
- Villalva, G. M. (marzo de 2008). herramientas y técnicas lean manufacturing en sistemas de producción y calidad. 144. mineral de la reforma hidalgo, hidalgo.
- Womack, j. &. (2003). Lean Thinking: como utilizar el pensamiento Magro párrafo eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa.