

Mejora de la línea de producción de mallas para incrementar la productividad en una empresa de confecciones textiles

Improvement of netting production line to increase the productivity in a textile manufacturing company

*Charly Gastelo María Fernanda
Perleche Moises Zelada*

*Escuela de Ingeniería Industrial
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
alangb01@gmail.com; maferr.pq@gmail.com;
moises.luis0903@gmail.com*

Resumen

El objetivo del presente estudio es implementar la metodología basada el Mapa de la Cadena de Valor (VSM, por sus siglas en inglés), en una empresa de confecciones textiles, ubicada en la ciudad de Chiclayo (Perú), en la cual se identificaron excesivos desperdicios en el sistema productivo. Equilibrando el flujo y utilizando células flexibles que contengan algunas operaciones, se obtuvo como principales resultados una reducción del tiempo de producción de 137,5 minutos a 82,35 minutos; así mismo se logró una disminución de las actividades que no agregan valor en un 96,89%.

Palabras claves: VSM, mapeo de la cadena de valor, mejoramiento continuo

Abstract

The purpose of this research is to develop a Value Stream Map (VSM), for a textil manufacturing company in Chiclayo (Perú). The goal is to identify the waste in the production process to improve the production line of meshes, which is a product that the company makes. In order to do that is necessary to balance the flow and using flexible cells that containing operations of the production process. Based on all the information gathered was obtained a reduction in production time from 137,5 minutes to 82,35 minutes. Also the non-value added activities were reduced by 96,89%.

Keywords: VSM, Value Stream Mapping, Process improvement.

Introducción

Enfocados en un contexto global en el que las empresas manufactureras se encuentran ante la necesidad de replantear y rediseñar sus sistemas productivos con el objetivo de alcanzar la competitividad necesaria para afrontar los retos de los mercados actuales, es necesario dar un giro a la manera tradicional de operar de las empresas y optimizar los procesos productivos, eliminando los desperdicios que generan los mismos. Por tanto, se requiere disponer de herramientas prácticas que apoyen el proceso de rediseño de sus sistemas productivos.

Según Cuatrecasas Lluís (2009) para la transformación a los principios lean de una planta industrial se debe implantar un sistema productivo, con el mínimo coste y la calidad debida, que opere sobre la base de los pedidos de sus clientes, para lo cual debe ser flexible y de respuesta rápida. Para ello será necesario eliminar las actividades que no aporten valor añadido, diseñando e implantando unos procesos y sus operaciones.

Este estudio se enfocó específicamente en la empresa “Novedades Charly” del sector textil, la cual se encuentra dedicada a la producción y comercialización de prendas de vestir para damas, como son: mallas, polos y shorts, tomando como objeto de estudio a la producción de mallas, ya que este es el producto que cuenta con la mayor demanda dentro de la empresa.

Para la elaboración de dicho producto se siguió una serie de operaciones, que se muestran en la tabla N°01 con sus respectivos tiempos de proceso.

Tabla N° 01. Tiempos estándares para la confección de mallas

Actividades	Tiempos (min)
Tendido	18,1
Trazado	9,4
Corte 1	13
Remalle 1	14,5
Recubierto 1	16,5
Remalle 2	11
Corte 2	6,5
Recubierto 2	21
Estampado - brillo	13,75
Planchado	13,75
Total	137,5

Cabe señalar que durante la fabricación existen una serie de desperdicios los cuales afectan el sistema productivo. Estos son: stocks en proceso, retrasos en los tiempos de entrega, paros de proceso, paros en las operaciones, esperas por falta de material y por el recorrido del proceso.

Este estudio aporta una propuesta para la operación de la empresa acorde con el modelo lean de gestión, la cual se basó en ver como el Mapa de Cadena de Valor (VSM), ayudo a reducir o eliminar aquellos problemas vinculados al proceso productivo mencionados anteriormente para eliminar dichos desperdicios.

Materiales y métodos

La unidad de estudio es una empresa del sector textil – confecciones, ubicada en la ciudad de José Leonardo Ortiz – Chiclayo, Perú. Su producción alcanza las 30 130 unidades/año, distribuidos entre los tres tipos de productos elaborados, mencionados anteriormente. La demanda de estos bienes tiene un comportamiento ascendente, con variaciones no pronunciadas a lo largo del año. Para mejorar la línea de producción de mallas, se propuso el uso del Mapa de Cadena de Valor (VSM).

Para el desarrollo de esta investigación se ejecutaron los siguientes pasos: (Gonzales, Velázquez. 2012)

1. Análisis del flujo de información y material.
2. Cálculo de stock en proceso y tiempo que no genera valor agregado.
 - Valor no agregado (NVA)
 - Trabajo en proceso (WIP).
3. Cálculo de tiempo de flujo equilibrado y número de estaciones.

- Tiempo de flujo equilibrado.
 - Número de trabajadores.
 - Número de estaciones de trabajo.
4. Identificación de posibles mejoras.
 5. Mapeo de la cadena de valor situación futura.

Las fórmulas consideradas para el cálculo de indicadores del VSM se muestran a continuación:

Fórmula 1: Trabajo en proceso, utilizada para indicar las unidades que aún no están terminadas.

$$WIP = Q \times \left[1 - \frac{1}{CM} \times \left(C_1 - \frac{1}{n} \times \sum_1^N C_i \right) \right]$$

Donde:

Q = Demanda

CM = Ciclo máximo de operación

C_1 = Ciclo de la primera operación

C_i = Ciclo en operación

n = Lote de transferencia

N = Número de transferencia

Fórmula 2: Tiempo de no valor agregado, tiempo en el que una unidad no está siendo sometida a una operación de valor agregado, en este caso son tiempos de espera.

$$NVA = \frac{INV \times C}{Tiempo de operación disponible}$$

Donde:

INV = Inventario o lote en proceso

C = Tiempo de ciclo de la siguiente operación

Fórmula 3: Trabajo en proceso en el cuello de botella, usada para ver las unidades que aún no están terminadas pero exclusivamente en la operación condicionante.

$$WIP_{(CB)} = WIP * U\%$$

$$U\% = \frac{\sum \text{Tiempo de ciclo}}{\sum \text{Tiempo ciclo acumulado}}$$

Donde:

WIP = Trabajo en proceso en el cuello de botella

$U\%$ = Porcentaje de utilización

Fórmula 4: Lead time, es el tiempo de espera que se necesitó para el cumplimiento de un proceso.

$$Lead\ time = \sum Op_n$$

Donde:

Op = Tiempo de ciclo de operación

Fórmula 5: Tiempo de flujo equilibrado, para determinar el tiempo al que se deben adecuar las operaciones en mantener el equilibrio del sistema.

$$Tiempo\ de\ flujo\ equilibrado = \frac{\text{Tiempo ciclo de la siguiente operación}}{\text{Tiempo de operación disponible}}$$

Fórmula 6: Demanda diaria, para calcular la demanda diaria que se tendrá de un producto.

$$Demanda\ diaria = \frac{\text{Tiempo de Operación Disponible}}{\text{Tiempo de flujo Equilibrado}}$$

Fórmula 7: Número de operarios, para calcular el número de operarios necesarios para una estación de trabajo.

$$Número\ de\ operarios = \frac{\text{Tiempo de producción total}}{\text{Tiempo de flujo equilibrado}}$$

Fórmula 8: Número de tarjetas Kanban, utilizada para determinar el número de tarjetas kanban necesarias para el sistema.

$$Kanban = \frac{\text{Producción diaria} \times \text{Tiempo de flujo equilibrado}}{\text{Tiempo disponible}}$$

Fórmula 9: Takt time, determinó el ritmo al que se debe producir para estar en sincronía con la demanda del producto.

$$Takt\ time = \frac{\text{Tiempo de Operación Disponible}}{\text{Demanda diaria}}$$

Fórmula 10: Tiempo de agrupaciones, determinó el tiempo en el que se agruparán las operaciones para tener un flujo equilibrado.

$$\text{Tiempo de agrupaciones} = \frac{\sum \text{Tiempo de operaciones}}{\text{Número de Operaciones}}$$

Fórmula 11: Lote de transferencia, estableció la cantidad de unidades que serán agrupadas para ser transferidas de una vez de un recurso a otro.

$$\text{Lote de transferencia} = \frac{\text{Producción diaria}}{\text{Kanban}}$$

Una vez que se fueron calculado los indicadores y dibujado el VSM (Value Stream Mapping) tanto actual como futuro, se compararon los principales resultados obtenidos con las datos iniciales de la investigación.

Resultado

Mediante la evaluación y análisis del proceso de confección de mallas en la empresa, y con la ayuda de una de las herramientas Lean, se procedió a presentar los siguientes resultados:

Análisis del flujo de información y material

A continuación se muestra la Figura N° 1, la cual representa el flujo de información de la empresa. En donde se puede observar que el flujo se inicia desde el cliente hacia el área de producción, y continúa desde esta hasta al proveedor. Actualmente la empresa produce 26 unidades diarias y tiene un lote

de producción de 700 unidades mensuales. Destinan, durante su jornada de trabajo diaria (10 horas, 2 turnos), 60 minutos para paros programados, teniéndose un tiempo operativo de 540 minutos.

Con respecto al flujo de material, este se muestra en la figura N° 2, el cual recorre todas las operaciones del proceso. Empieza con la estación de trabajo de tendido, continua con trazado, después a la estación de corte 1, posteriormente a remalle 1, subsiguientemente pasa a la estación de recubierto 1, inmediatamente a remalle 2, en seguida a corte 2, más tarde pasa a

Figura N° 1: Flujo de información

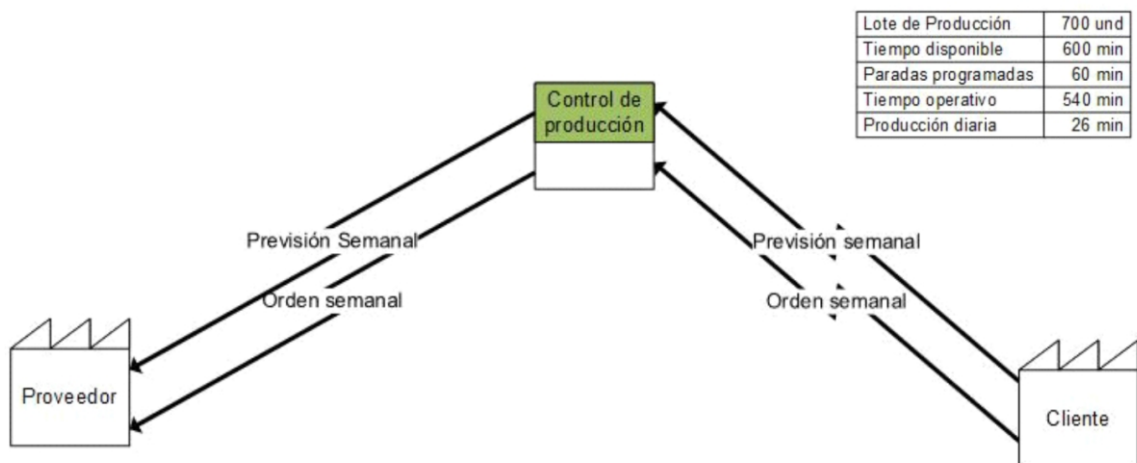
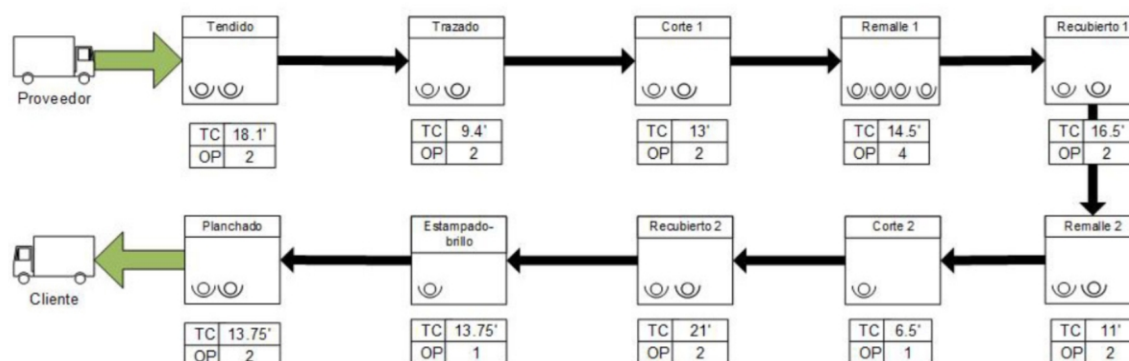


Figura N° 2: Flujo de material



recubierto 2 continua con la estación de estampado – brillo y termina en la estación de planchado. En cada una de estas se indica el tiempo de ciclo (en minutos), así como el número de operarios correspondiente. La empresa cuenta con 10 estaciones de trabajo, mencionadas anteriormente, y con un total de 20 trabajadores.

Cálculo de stock en proceso y tiempos que no generan valor agregado: VSM situación actual

Los cálculos realizados se resumen en la tabla N° 3, para los cuales se ha tenido en cuenta la información presentada en el punto anterior y los lotes de transferencia mostrados en la tabla N° 2, los cuales son necesarios para determinar la cantidad de unidades de stock en proceso.

Tabla N° 02. Lotes de transferencia por estación de trabajo

Estaciones de trabajo	Lote de transferencia
Tendido	1
Trazado	1
Corte 1	2
Remalle 1	4
Recubierto 1	3
Remalle 2	8
Corte 2	13
Recubierto 2	8
Estampado - brillo	4
Planchado	3

Tabla N°03: Valores del VSM actual

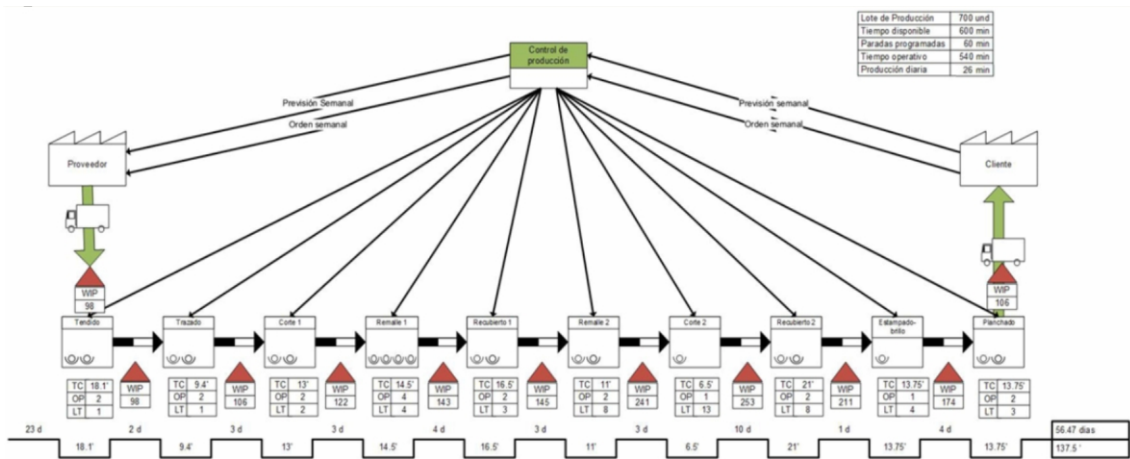
	Indicador	Cantidad
(*)Word in process	WIP 1	98 unidades
	WIP 2	106 unidades
	WIP 3	122 unidades
	WIP 4	143 unidades
	WIP 5	145 unidades
	WIP 6	241 unidades
	WIP 7	253 unidades
	WIP 8***	211 unidades
	WIP 9	174 unidades
	WIP 10	175 unidades
	Total	1495 unidades
(**)No value added	NVA1	12670 minutos
	NVA2	917 minutos
	NVA3	1378 minutos
	NVA4	1771 minutos
	NVA5	2351 minutos
	NVA6	1598 minutos
	NVA7	1569 minutos
	NVA8	5309 minutos
	NVA9	529 minutos
	NVA10	2399 minutos
	Total	30492 minutos

*Fórmula 1; **Fórmula 2, ***Fórmula 3

Del mismo modo, la Figura N° 3 bosqueja el VSM del Estado Actual de la empresa a estudiar.

Los resultados que muestra el VSM actual es un stock en proceso total de 1495 unidades, teniendo como stock mayor 253

Figura N° 3: Diagrama VSM situación actual



unidades entre las operaciones de Corte 2 y Recubierto 2, siendo este último el cuello de botella. A su vez el tiempo total de las actividades que no generan valor agregado fue de 30492 minutos, teniendo como mayor tiempo de no valor agregado 12670 minutos al inicio del proceso, lo cual provoca el retraso de todas las operaciones siguientes.

El lead time del proceso es 137,5 minutos. Mediante estos indicadores podemos darnos cuenta que existe un bajo nivel de eficiencia durante el proceso, así también un mal uso de los recursos básicos de la empresa como son: tiempo, mano de obra y maquinaria.

Cálculo del tiempo de flujo equilibrado y número de estaciones

El valor del tiempo de flujo equilibrado fue de 13,75 minutos, el cual se obtuvo dividiendo la sumatoria de los tiempos de producción entre el número de operaciones, como lo indica la fórmula 5.

Una vez determinado el tiempo de flujo equilibrado, se procedió a hallar el número de trabajadores de acuerdo a este, en donde se obtuvo un total de 10 trabajadores. A su vez, se determinó un total de 6 estaciones de trabajo.

A continuación se muestra la tabla N°4 donde muestra la procedencia de los resultados presentados.

Tabla N°04: Cálculo tiempo de flujo equilibrado y estaciones de trabajo

	Cálculo	Resultado
Tiempo de flujo equilibrado	$\frac{137,5 \text{ min}}{10}$	13,75 minutos
Estaciones de trabajo	$\frac{137,5 \text{ min} \times 26 \text{ und}}{\text{und} \frac{540 \text{ min}}{\text{dia}}}$	6 estaciones
Número de trabajadores	$\frac{137,5 \text{ min}}{13,5 \text{ min}}$	10 operarios

Identificación de puntos críticos

A partir de los resultados anteriores en el mapa VSM situación actual se puede evidenciar la existencia de grandes cantidades de inventarios y largos tiempos de valor no agregado. Con la finalidad de crear un flujo continuo entre todas las operaciones, se consideró la agrupación de estas en células de trabajo.

A continuación se muestran las tablas N° 5, 6, 7 y 8 en donde se realizan las agrupaciones de las células flexibles, tomando en cuenta que los tiempos de estas se encuentren dentro del rango entre ciclo mínimo y ciclo máximo: 11,79 minutos y 13,75 minutos respectivamente.

En la tabla N° 5 se procedió a escoger el tiempo de 13,7 minutos, en donde se agruparon las operaciones de tendido y trazado (operaciones 1 y 2, respectivamente) con 2 trabajadores, dicho valor fue seleccionado debido a que este se

Tabla N°05: Agrupación de las operaciones de Tendido y Trazado

Rango: 11,79 min - 13,75 min		
Operación /trabajadores	*Operación: 1 y 2	Operación: 1, 2 y 3
1	$\frac{18,1 + 9,4}{1} = 27,5\text{min}$	$\frac{18,1 + 9,4 + 13}{1} = 37,3\text{min}$
2	$\frac{18,1 + 9,4}{2} = 13,7\text{min}$	$\frac{18,1 + 9,4 + 13}{2} = 18,65\text{min}$
3	$\frac{18,1 + 9,4}{3} = 9,17\text{min}$	$\frac{18,1 + 9,4 + 13}{3} = 12,43\text{min}$

*Operación 1: Tendido, operación 2: Trazado

encontró dentro del rango establecido, y no se tomó en cuenta el tiempo 12,55 minutos, con 3 trabajadores (a pesar de encontrarse en dicho rango) puesto que se incurriría en un costo adicional al colocar otro trabajador.

Mientras tanto para la agrupación de las operaciones 3 y 4: Corte 1 y Remalle 1, respectivamente, en la tabla N° 6, se tomó el tiempo de 13,75 minutos donde se cuenta con 2 trabajadores, ya que este tiempo es el mismo al tiempo del flujo equilibrado.

Tabla N°06: Agrupación de las operaciones de Corte 1 y Remalle 1

Rango: 11,79 min - 13,75 min		
Operación /trabajadores	*Operación: 3 y 4	Operación: 3, 4 y 5
1	$\frac{13 + 14,5}{1} = 27,5\text{min}$	$\frac{13 + 14,5 + 16,5}{1} = 45\text{min}$
2	$\frac{13 + 14,5}{2} = 13,75\text{min}$	$\frac{13 + 14,5 + 16,5}{2} = 22,5\text{min}$
3	$\frac{13 + 14,5}{3} = 9,167\text{min}$	$\frac{13 + 14,5 + 16,5}{3} = 15\text{min}$

*Operación 3: Corte 1, operación 4: Remalle 1

Tabla N°07: Agrupación de las operaciones de Recubierto 1 y Remalle 2

Rango: 11,79 min - 13.75 min		
Operación /trabajadores	*Operación: 5 y 6	Operación: 5, 6 y 7
1	$\frac{16,5 + 11}{1} = 27,5\text{min}$	$\frac{16,5 + 11 + 6,5}{1} = 31,5\text{min}$
2	$\frac{16,5 + 11}{1} = 13,75\text{min}$	$\frac{16,5 + 11 + 6,5}{2} = 15,75\text{min}$
3	$\frac{16,5 + 11}{1} = 9,17\text{min}$	$\frac{16,5 + 11 + 6,5}{3} = 10,5\text{min}$

*Operación 5: Recubierto 1, operación 6: Remalle 2

En la tabla N° 7 se consideró algo parecido puesto que en la agrupación de las operaciones 5 y 6: Recubierto 1 y Remalle 2, donde se cuenta con 2 trabajadores se obtuvo un tiempo estimado de 13,75 minutos, el cual es similar al tiempo de flujo equilibrado.

Por otro lado, en la tabla N° 8 ocurre algo

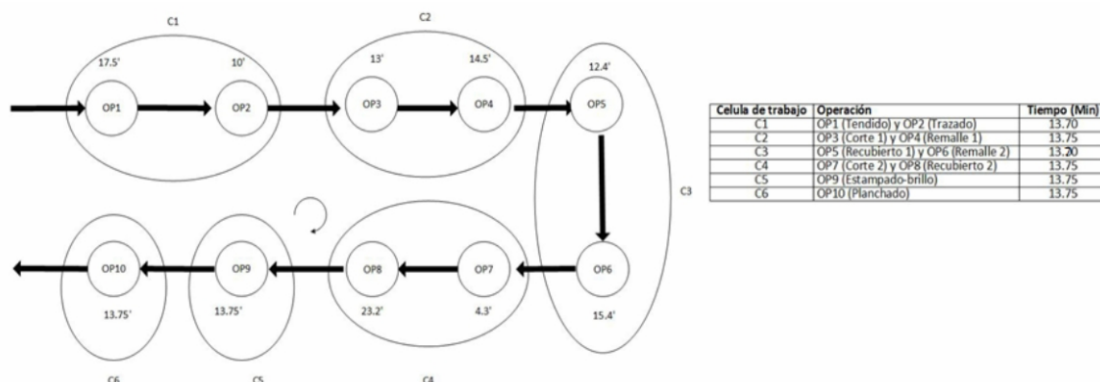
similar a la agrupación de las operaciones de la tabla N° 5. En este caso, se tomará el tiempo de 13,75 minutos (con 2 trabajadores) y no el de 13,67 minutos (con 3 trabajadores), porque lo ideal sería que se trabajara cada operación por cada trabajador, además se incurriría en un costo innecesario al colocar un trabajador adicional.

Tabla N°08: Agrupación de las operaciones de Corte 2 y Recubierto 2

Rango: 11,79 min - 13.75 min		
Operación /trabajadores	Operación: 7 y 8	Operación: 7,8 y 9
1	$\frac{6,5 + 21}{1} = 27,5$	$\frac{6,5 + 21 + 13,75}{1} = 41 \text{ min}$
2	$\frac{6,5 + 21}{2} = 13,75$	$\frac{6,5 + 21 + 13,75}{1} = 20,5\text{min}$
3	$\frac{6,5 + 21}{3} = 9,16$	$\frac{6,5 + 21 + 13,75}{1} = 13,67$

*Operación 7: Corte 2, operación 8: Recubierto 2

Figura N° 4: Agrupación de las operaciones en células de trabajo



En el caso de las operaciones 9 y 10: Estampado – brillo y Planchado, cada una con tiempos de ciclo de 13,75 minutos estas fueron agrupadas de manera independiente pues ambas se debieron ajustar al tiempo del flujo equilibrado (13,5 minutos). Por otro lado no fueron agrupadas debido a que las maquinarias de estas operaciones son de grandes dimensiones y pesadas por lo que el traslado de estas resultaba dificultoso, por lo tanto deberán ir solas.

De esta manera, teniendo en cuenta el número de trabajadores de estas células de trabajo flexible y considerando 1 operario en cada estación de trabajo de la Operación 9 y Operación 10, se tuvo un total de 10 trabajadores el cuál coincide con el número de trabajadores necesarios hallado anteriormente para el tiempo del flujo equilibrado.

Finalmente se presenta la figura N° 4 donde se muestran un esquema de las agrupaciones presentadas en las tablas anteriores, así mismo adjunto a dicha figura se observa un cuadro resumen de las células de trabajo con sus operaciones respectivas.

Mapeo de la cadena de valor situación futura

La aplicación de esta herramienta nos permitió reducir el lead time, material en stock y el tiempo de las actividades que no agregan valor, teniendo así un valor de 82,35 minutos, 282 unidades y 2314,2 minutos, respectivamente.

Tabla N°09: Valores del VSM Futuro

	Indicador	Cantidad
(*)Word in process	WIP 1	91 unidades
	WIP 2	22 unidades
	WIP 3	35 unidades
	WIP 4	49 unidades
	WIP 5	63 unidades
	WIP 6	22 unidades
Total		282 unidades
(**)No value added	NVA1	60,2 minutos
	NVA2	45,2 minutos
	NVA3	45,16 minutos
	NVA4	45,16 minutos
	NVA5	1368,5 minutos
	NVA6	750 minutos
Total		2314,2 minutos

Tabla N°10: Cuadro resumen de los cálculos del VSM Futuro

Cálculos	Resultados
⁽¹⁾ Lead time (min.)	82,35
⁽²⁾ Tiempo de flujo equilibrado (min.)	13,75
⁽³⁾ Demanda diaria (unid.)	40
⁽⁴⁾ Número de operarios	10
⁽⁵⁾ Kanban	6
⁽⁶⁾ Takt time (min.)	13,75
⁽⁷⁾ Lote de transferencia	4

(1)Fórmula 4, (2)Fórmula 5, (3)Fórmula 6, (4)Fórmula 7, Fórmula 8, Fórmula 9, Fórmula 11.

En general con ayuda de la herramienta VSM se pudo evidenciar reducciones significativas:

Un 64,03% de reducción en unidades de

Tabla N°11: Cuadro comparativo – Escenario actual vs escenario futuro

Magnitudes	Situación actual	Situación futuro	Porcentaje reducido
Número de operarios	20	10	50,00
Lead time	137.5	82.35	39,98
Mayor WIP	253 und	91 und	64,03
NVA	30492 min	2229 min	96,89

stock en proceso (de 253 a 91 unidades), un 50% en personal (de 20 a 10 trabajadores), un 39,98% en tiempo de producción (de 137,5 a 82,35 minutos/unidad) y un 96,98% en

actividades que no agregan valor (de 30492 a 2229 minutos), esto se puede observar en la tabla N°11 mejorando la eficiencia y por ende aumentando la productividad de la empresa.

Referencia Bibliográfica

Cuatrecasas, Lluís, Oriol Cuatrecasas, Jordi Fortuny, y Jorge Olivella. «metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales.» *Universia Business Review*, n° 20 (2008): 28-41.

Pérez, Jorge et al. «Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo.» *Ingeniare.Rev.Chil.ing.* 19, n° 3(2011): 396-408.

González, Arturo, y Sara Velásquez. «Mapa de cadena de valor implementado en la empresa Agronopal ubicada en el D.F.» *Ingeniería* 16, n° 1 (2012): 51 - 57.

Serrano Lasa, Ibon, Carlos Ochoa Laburu, Itziar Gurrutxaga, y Jon Iradi Arteaga. «Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos.» IX Congreso de Ingeniería de Organización. Gijón, 2005.