

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE REYES INDUSTRIA TEXTIL Cía. Ltda.

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGISTER (MSc.) EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD

CARLOS RUBÉN REYES MERINO
carlos.ruben.reyes@gmail.com

DIRECTOR: ALFONSO RICARDO MONAR MONAR, Profesor, MBA, ING
ricardo.monar@epn.edu.ec

Quito, Febrero 2014

© Escuela Politécnica Nacional (2014)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Carlos Rubén Reyes Merino, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Carlos Rubén Reyes Merino

CC 1713430187

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Rubén Reyes Merino, bajo mi supervisión.

Alfonso Ricardo Monar Monar, Profesor, MBA, Ing.
DIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

A mi hija Ángela Cristina, por su cariño y amor que me dan la fuerza para crecer cada día.

A mi esposa Andrea, por su apoyo y amor.

A mis padres Patricio y Yolanda, por toda su guía, empeño y amor, para ser un hombre de bien.

A mis hermanos Patricio, Pablo y Ana Cristina, por su apoyo incondicional durante toda mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
GLOSARIO	vii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
1.1. Productividad en la industria	1
1.1.1 Cálculo de la productividad	5
1.1.2 Análisis de operaciones y productividad	6
1.2. Lean Manufacturing	8
1.3. Herramientas para Lean Manufacturing	11
1.3.1. El desarrollo de Lean Manufacturing	11
1.3.2. Fundamentación de las Herramientas de Lean Manufacturing	12
1.3.2.1 Mapeo de la Cadena de Valor VSM	13
1.3.2.2 Heijunka	15
1.3.2.3 Kanban	18
1.3.2.4 Cinco S	20
1.3.2.5 Intercambio rápido SMED	23
1.4. Aplicación de Lean Manufacturing	24
2. METODOLOGÍA	26
2.1. Análisis de la situación inicial	26
2.2. Mapeo de la cadena de valor inicial	26
2.3. Identificación de desperdicios y selección de herramientas	27
2.4. Aplicación de herramientas Lean Manufacturing	27
2.4.1. Módulos de producción para el cumplimiento de pedidos	28
2.4.2. Definición de lotes	28
2.4.3. Caja Heijunka y órdenes de producción Kanban	29
2.4.4. Operación de maquinaria para la producción de referencias al día	30
2.4.5. Despacho de referencias	30
2.5. Validación de la aplicación de las herramientas	30

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1.	Análisis de la situación inicial	32
3.2.	Mapeo de la cadena de valor inicial	38
3.3.	Identificación de desperdicios y selección de herramientas Lean Manufacturing	40
3.4.	Aplicación de herramientas Lean Manufacturing	44
	3.4.1. Módulos de producción para el cumplimiento de pedidos	44
	3.4.2. Definición de lotes	45
	3.4.3. Caja Heijunka y órdenes de producción Kanban	48
	3.4.4. Operación de maquinaria para la producción de referencias al día	51
	3.4.5. Despacho de referencias	53
3.5.	Evaluación de la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing	55
3.6.	Promedio	56
3.7.	Máximo	57
3.8.	Mínimo	58
3.9.	Desviación estándar	59
3.10.	Despachos mayores a 30 días	60
3.11.	Productividad	61
3.12.	Mapeo de la cadena de valor final	62
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
	4.1. Conclusiones	64
	4.2. Recomendaciones	66
	BIBLIOGRAFÍA	67
	ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1.1	Identificación de las Herramientas Lean Manufacturing 17
Tabla 1.2	Simbología empleada en VSM 18
Tabla 1.3	Elementos de la metodología 5S. 21
Tabla 3.1	Maquinaria de tejido de calcetines 34
Tabla 3.2	Máquinas y herramientas de acabados 35
Tabla 3.3	Eficiencia inicial del tiempo de producción., 2012 37
Tabla 3.4	Resumen del comportamiento de producción y despachos de Reyes Industria Textil 56
Tabla 3.5	Comportamiento de la productividad 61
Tabla AI.1	Proceso de programación de modelos 71
Tabla AI.2	Tejido, preparación y puesta a punto 72
Tabla AI.3	Tejido, producción y control 73
Tabla AI.4	Acabados, costura 74
Tabla AI.5	Acabados, proceso húmedo 75
Tabla AI.6	Acabados, Termofijado y empaque 76
Tabla AII.1	Octubre 2012 77
Tabla AII.2	Noviembre 2012 78
Tabla AII.3	Diciembre 2012 79
Tabla AII.4	Enero 2013 80
Tabla AII.5	Febrero 2013 81
Tabla AII.6	Marzo 2013 82
Tabla AII.7	Abril 2013 83
Tabla AII.8	Mayo 2013 84

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1.1 Eficiencia, eficacia y efectividad	4
Figura 1.2 Perspectiva holística del enfoque de los procesos de negocios	8
Figura 1.3 Evolución de la manufactura	11
Figura 2.1 Esquema aplicativo de las herramientas seleccionadas	28
Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso productivo de Reyes Industria Textil Cía. Ltda., 2012	36
Figura 3.2 Cadena de valor actual de Reyes Industria Textil, 2012	40
Figura 3.3 Relación de desperdicios con la fuente de generación	42
Figura 3.4 Esquema de selección de herramientas	43
Figura 3.5 Diagrama de flujo del proceso productivo propuesto para Reyes Industria Textil	47
Figura 3.6 Diagrama de flujo para la asignación de cargas en caja Heijunka	48
Figura 3.7 Caja Heijunka	49
Figura 3.8 Formato de órdenes de producción	50
Figura 3.9 Diagrama de flujo de elaboración de órdenes de producción	51
Figura 3.10 Diagrama de preparación, puesta a punto y retiro de órdenes de producción	53
Figura 3.11 Diagrama de flujo del proceso de despacho	54
Figura 3.12 Comportamiento de la producción	57
Figura 3.13 Promedio de días de despacho	58

Figura 3.14	Máximo de días de despacho	59
Figura 3.15	Desviación estándar de despachos	60
Figura 3.16	Cantidad de despachos mayores a 30 días	62
Figura 3.17	Cadena de valor final de Reyes Industria Textil Cía. Ltda., 2013	63

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Caracterización de procesos de Reyes Industria Textil Cía. Ltda.	71
ANEXO II	
Tablas de tiempos de despacho	77

GLOSARIO

5S.- El método de las 5S, así denominado por la primera letra del nombre que en japonés designa cada una de sus cinco etapas, es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples. Se inició en Toyota en los años 1960 con el objetivo de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente, para conseguir una mayor productividad y un mejor entorno laboral. Las 5S han tenido una amplia difusión y son numerosas las organizaciones de diversa índole que lo utilizan, tales como, empresas industriales, empresas de servicios, hospitales, centros educativos o asociaciones. (Grupo MDC, 2010, s.p.).

Actividad.- Uno o múltiples actos para realizar una acción. (Blanco, 2007, p. 90).

Cadena de producción.- Una secuencia de procesos que están conectados a través de un cliente común, producto o solicitud de servicio. (Blanco, 2007, p. 91).

Carpeta del proceso.- La información específica y el flujo detallado de un proceso correcto. (Blanco, 2007, p. 91).

Carpeta del sistema.- Donde se guarda toda la información pertinente relacionada con los procesos dentro de un departamento o una cadena de producción. (Blanco, 2007, p. 91).

Control visual.- Los indicadores visuales usados para asegurar que un proceso produce lo esperado, y si no, lo que debe ocurrir. (Blanco, 2007, p. 25).

Documento maestro de proceso.- El listado de todos los procesos dentro de un departamento o cadena de producción. (Blanco, 2007, p. 109).

Flujo continuo.- La capacidad de un proceso de reponer una unidad de trabajo o servicio que ha sido solicitada o extraída desde un proceso posterior en la cadena de producción. (Blanco, 2007, p. 32).

Heijunka.- Es una palabra japonesa que designa el alisamiento del programa de producción por el volumen y el mix de productos fabricados durante un tiempo dado. Permite amortiguar las variaciones de la demanda comercial produciendo, por pequeños lotes, varios modelos diferentes en la misma línea de producción. (Grupo MDC,2010, s.p.).

Jidoka.- Es un término japonés que en el mundo Lean Manufacturing significa “automatización con un toque humano”. Jidoka permite que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad. (Grupo MDC, 2010, s.p.).

Kaizen.- Es una estrategia o metodología de calidad en la empresa y en el trabajo, tanto individual como colectivo. Kaizen es hoy una palabra muy relevante en varios idiomas, ya que se trata de la filosofía asociada al Sistema de Producción Toyota. (Grupo MDC, 2010, s.p.).

Kanban.- Es un sistema de información que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y tiempo requerido en cada uno de los procesos que tienen lugar tanto en el interior de la fábrica como entre distintas empresas. También se denomina “sistema de tarjetas”, pues en su implementación más sencilla utiliza tarjetas que se pegan en los contenedores de materiales y que se despegan cuando estos contenedores son utilizados, para asegurar la reposición de dichos materiales. Las tarjetas actúan de testigo del proceso de producción. Otras implementaciones más sofisticadas utilizan la misma filosofía, sustituyendo las tarjetas por otros métodos de visualización del flujo. (Grupo MDC, 2010, s.p.).

Manejo de la cadena de producción.- La implementación de procesos esbeltos para conectar las métricas y los informes requeridos por la gerencia con el personal y las herramientas necesarias para conseguir los resultados esperados. (Blanco, 2007, p. 115).

Mapeo de proceso.- Representación visual de una secuencia de operaciones (tareas) que consiste en el personal, las tareas de trabajo y las transacciones

resultantes del diseño y la entrega de un producto o servicio. (Blanco, 2007, p. 90).

Mapeo de la cadena de producción.- La representación visual de los procesos (unidades de trabajo e información necesaria) para cumplir con la demanda del cliente. (Blanco, 2007, p. 90).

Proceso.- Un proceso es un conjunto de actividades o eventos (coordinados u organizados) que se realizan o suceden (alternativa o simultáneamente) bajo ciertas circunstancias con un fin determinado. (Krajewsky, Ritzman y Malhotra, 2008, p. 4).

SMED.- Es el acrónimo de Single-Minute Exchange of Die: cambio de herramienta en un solo dígito de minutos. Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de requerimiento o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase single minute. Se entiende por cambio de herramientas el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria. (Grupo MDC, 2010, s.p.).

TPM.- Mantenimiento productivo total (total productive maintenance) es una filosofía originaria de Japón, la cual se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes en los procesos de producción industrial. Las siglas TPM fueron registradas por el JIPM (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta). (Grupo MDC, 2010, s.p.).

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la empresa Reyes Industria Textil Cía. Ltda., trata sobre la implementación de herramientas Lean Manufacturing para el mejoramiento de la productividad. Se partió de la identificación y cuantificación de los principales desperdicios de recursos, mediante la aplicación del mapeo de la cadena de valor. Se identificó como la principal causa de la baja productividad el tiempo de despacho, que resulta ser demasiado alto para el cliente, quien necesita que sus requerimientos lleguen a sus instalaciones en tiempos no mayores a 10 días laborables.

Identificado el principal desperdicio, se procedió a la selección de las herramientas gerenciales, mediante un análisis de la utilidad de cada una de ellas, con respecto al problema a solucionar. Se seleccionaron las herramientas Heijunka y Kanban; para las cuales se definieron las condiciones y procedimientos que se deben cumplir para nivelar la carga de producción y la emisión de órdenes de producción. Con la aplicación se logró reducir el promedio de tiempos de despacho de 26 a 9 días, con tendencia a la baja. Simultáneamente, se aplicó un análisis de la preparación, puesta a punto y retiro en el proceso de tejido, para reducir los tiempos ociosos y de disposición, de forma que la asignación de carga de producción en las cajas Heijunka, sea más eficiente y las órdenes de producción puedan ser asignadas con mayor frecuencia, consiguiendo reducir el tiempo máximo de despachos y cumplir los despachos que presentaban retrasos.

Como resultado concluyente, la productividad del proceso aumentó de 1,13 a 1,38 unidades/dólar lo que representa un 18%, lo cual refleja que con los mismos recursos se puede producir más, aplicando las herramientas gerenciales mencionadas, reflejado con la comparación de que al inicio del estudio el nivel de producción se encontraba en 11 482 unidades y al finalizar tiene una tendencia creciente sobre las 18 407 unidades traducido en un 60% mayor con respecto a la situación inicial.

ABSTRACT

This work was developed in the company Reyes Industria Textil Cía. Ltda., discusses the implementation of Lean Manufacturing tools to improve productivity. It started from the identification and quantification of major waste of resources, by applying the value stream map. Was identified as the main cause of low productivity clearance time, which turns out to be too high for the customer who needs its requirements arrive at his premises in times not exceeding 10 working days.

Identified the main waste, we proceeded to the selection of the management tools, through an analysis of the usefulness of each of them, with respect to the problem to solve. Heijunka were selected and Kanban tools, for which defined the conditions and procedures that must be followed to level load production and issuing production orders. With the application were reduced average clearance times 26-9 days, downward trend. Simultaneously , we applied an analysis of the preparation, set-up and removal in the weaving process , to reduce idle time and choice, so that the load allocation Heijunka boxes production , more efficient and orders production may be assigned more frequently , managing to reduce the maximum time shipments and deliveries meet presenting delays.

As a conclusive result, process productivity increased from 1.13 to 1.38 units / dollar representing 18% , reflecting that the same resources can produce more , using the management tools mentioned , reflected by the comparison that at baseline production level was at 11 482 units and at the end has an increasing trend over the 18 407 units resulted in a 60 % increase over baseline.

INTRODUCCIÓN

La productividad es un indicador de utilización recursos empleados en producción con respecto a los productos obtenidos de la misma, por lo cual la administración y manejo de dichos recursos serán los que determinen la capacidad productiva del sistema; así como los resultados productivos que se puedan obtener teniendo en cuenta que cualquier cambio externo al sistema de producción puede generar pérdidas en el mismo.

Las herramientas Lean Manufacturing proporcionan a las compañías herramientas gerenciales para cumplir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la calidad requerida. (Díaz del Castillo, 2009, p. 1)

De acuerdo con Rajadell y Sánchez (2010) la implantación de Lean Manufacturing en una planta industrial exige el alcance de tres metas principales: rentabilidad, competitividad y satisfacción de todos los clientes, fundamentándose en los siguientes pilares: mejora continua, control total de la calidad, justo a tiempo, los cuales evidentemente al ser empleados de una manera efectiva, se verán traducidos en productividad reflejada por la rentabilidad alcanzada (p.11).

Carreira (2005) menciona que es importante la demostración de los resultados de la aplicación de Lean Manufacturing, mediante la medición del impacto que tienen los cambios que se den en el proceso, con respecto a los tiempos de respuesta para el desarrollo de mejoras en las actividades de los operarios y sus tareas (p.15).

La metodología *Lean Manufacturing* corresponde a una serie de herramientas gerenciales y operacionales, que se han empleado en las industrias con la finalidad de desarrollar procesos de producción efectivos, en los que se pueda notar el incremento de la productividad y por ende la rentabilidad de la empresa.

De acuerdo con Cuatrecasas (2010) en la actualidad las organizaciones orientadas al flujo de valor optan por sistemas de producción flexibles, que permitan adaptarse con rapidez a los cambios que se generan en el mercado; dicha flexibilidad es brindada por la serie de herramientas de Lean Manufacturing (p. 37).

Según Sayer y Williams (2012) la aplicación de Lean Manufacturing permite entender el funcionamiento del proceso, de forma que se puedan buscar e identificar los puntos de desperdicio para ser eliminados mediante la generación de valor, con el uso adecuado de los recursos mediante la creación de ciclos de mejora continua, en los que siempre se pueden perfeccionar los procesos (p. 13). Las organizaciones reconocen que las situaciones actuales no permiten que los procesos evolucionen de forma lenta; el enfoque Lean Manufacturing ofrece a las organizaciones un camino sensato, comprobado y accesible para el éxito a largo plazo. A diferencia de otras herramientas, ésta es aplicable de forma rápida, con resultados inmediatos y sostenibles.

Con la aplicación de este trabajo, inmediatamente la empresa podría mejorar su productividad, con rentabilidad creciente. Con una utilización adecuada de los recursos y la reducción de desperdicios, la empresa tendrá sostenibilidad y se puede propiciar la implementación de nuevas estrategias para una mejora continua.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
GLOSARIO	vii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
1.1. Productividad en la industria	1
1.1.1 Cálculo de la productividad	5
1.1.2 Análisis de operaciones y productividad	6
1.2. Lean Manufacturing	8
1.3. Herramientas para Lean Manufacturing	11
1.3.1. El desarrollo de Lean Manufacturing	11
1.3.2. Fundamentación de las Herramientas de Lean Manufacturing	12
1.3.2.1 Mapeo de la Cadena de Valor VSM	13
1.3.2.2 Heijunka	15
1.3.2.3 Kanban	18
1.3.2.4 Cinco S	20
1.3.2.5 Intercambio rápido SMED	23
1.4. Aplicación de Lean Manufacturing	24
2. METODOLOGÍA	26
2.1. Análisis de la situación inicial	26
2.2. Mapeo de la cadena de valor inicial	26
2.3. Identificación de desperdicios y selección de herramientas	27
2.4. Aplicación de herramientas Lean Manufacturing	27
2.4.1. Módulos de producción para el cumplimiento de pedidos	28
2.4.2. Definición de lotes	28
2.4.3. Caja Heijunka y órdenes de producción Kanban	29
2.4.4. Operación de maquinaria para la producción de referencias al día	30
2.4.5. Despacho de referencias	30
2.5. Validación de la aplicación de las herramientas	30

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1.	Análisis de la situación inicial	32
3.2.	Mapeo de la cadena de valor inicial	38
3.3.	Identificación de desperdicios y selección de herramientas Lean Manufacturing	40
3.4.	Aplicación de herramientas Lean Manufacturing	44
	3.4.1. Módulos de producción para el cumplimiento de pedidos	44
	3.4.2. Definición de lotes	45
	3.4.3. Caja Heijunka y órdenes de producción Kanban	48
	3.4.4. Operación de maquinaria para la producción de referencias al día	51
	3.4.5. Despacho de referencias	53
3.5.	Evaluación de la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing	55
3.6.	Promedio	56
3.7.	Máximo	57
3.8.	Mínimo	58
3.9.	Desviación estándar	59
3.10.	Despachos mayores a 30 días	60
3.11.	Productividad	61
3.12.	Mapeo de la cadena de valor final	62
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
	4.1. Conclusiones	64
	4.2. Recomendaciones	66
	BIBLIOGRAFÍA	67
	ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1	Identificación de las Herramientas Lean Manufacturing	17
Tabla 1.2	Simbología empleada en VSM	18
Tabla 1.3	Elementos de la metodología 5S.	21
Tabla 3.1	Maquinaria de tejido de calcetines	34
Tabla 3.2	Máquinas y herramientas de acabados	35
Tabla 3.3	Eficiencia inicial del tiempo de producción., 2012	37
Tabla 3.4	Resumen del comportamiento de producción y despachos de Reyes Industria Textil	56
Tabla 3.5	Comportamiento de la productividad	61
Tabla AI.1	Proceso de programación de modelos	71
Tabla AI.2	Tejido, preparación y puesta a punto	72
Tabla AI.3	Tejido, producción y control	73
Tabla AI.4	Acabados, costura	74
Tabla AI.5	Acabados, proceso húmedo	75
Tabla AI.6	Acabados, Termofijado y empaque	76
Tabla AII.1	Octubre 2012	77
Tabla AII.2	Noviembre 2012	78
Tabla AII.3	Diciembre 2012	79
Tabla AII.4	Enero 2013	80
Tabla AII.5	Febrero 2013	81
Tabla AII.6	Marzo 2013	82
Tabla AII.7	Abril 2013	83
Tabla AII.8	Mayo 2013	84

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1.1 Eficiencia, eficacia y efectividad	4
Figura 1.2 Perspectiva holística del enfoque de los procesos de negocios	8
Figura 1.3 Evolución de la manufactura	11
Figura 2.1 Esquema aplicativo de las herramientas seleccionadas	28
Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso productivo de Reyes Industria Textil Cía. Ltda., 2012	36
Figura 3.2 Cadena de valor actual de Reyes Industria Textil, 2012	40
Figura 3.3 Relación de desperdicios con la fuente de generación	42
Figura 3.4 Esquema de selección de herramientas	43
Figura 3.5 Diagrama de flujo del proceso productivo propuesto para Reyes Industria Textil	47
Figura 3.6 Diagrama de flujo para la asignación de cargas en caja Heijunka	48
Figura 3.7 Caja Heijunka	49
Figura 3.8 Formato de órdenes de producción	50
Figura 3.9 Diagrama de flujo de elaboración de órdenes de producción	51
Figura 3.10 Diagrama de preparación, puesta a punto y retiro de órdenes de producción	53
Figura 3.11 Diagrama de flujo del proceso de despacho	54
Figura 3.12 Comportamiento de la producción	57
Figura 3.13 Promedio de días de despacho	58

Figura 3.14	Máximo de días de despacho	59
Figura 3.15	Desviación estándar de despachos	60
Figura 3.16	Cantidad de despachos mayores a 30 días	62
Figura 3.17	Cadena de valor final de Reyes Industria Textil Cía. Ltda., 2013	63

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Caracterización de procesos de Reyes Industria Textil Cía. Ltda.	71
ANEXO II	
Tablas de tiempos de despacho	77

GLOSARIO

5S.- El método de las 5S, así denominado por la primera letra del nombre que en japonés designa cada una de sus cinco etapas, es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples. Se inició en Toyota en los años 1960 con el objetivo de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente, para conseguir una mayor productividad y un mejor entorno laboral. Las 5S han tenido una amplia difusión y son numerosas las organizaciones de diversa índole que lo utilizan, tales como, empresas industriales, empresas de servicios, hospitales, centros educativos o asociaciones. (Grupo MDC, 2010, s.p.).

Actividad.- Uno o múltiples actos para realizar una acción. (Blanco, 2007, p. 90).

Cadena de producción.- Una secuencia de procesos que están conectados a través de un cliente común, producto o solicitud de servicio. (Blanco, 2007, p. 91).

Carpeta del proceso.- La información específica y el flujo detallado de un proceso correcto. (Blanco, 2007, p. 91).

Carpeta del sistema.- Donde se guarda toda la información pertinente relacionada con los procesos dentro de un departamento o una cadena de producción. (Blanco, 2007, p. 91).

Control visual.- Los indicadores visuales usados para asegurar que un proceso produce lo esperado, y si no, lo que debe ocurrir. (Blanco, 2007, p. 25).

Documento maestro de proceso.- El listado de todos los procesos dentro de un departamento o cadena de producción. (Blanco, 2007, p. 109).

Flujo continuo.- La capacidad de un proceso de reponer una unidad de trabajo o servicio que ha sido solicitada o extraída desde un proceso posterior en la cadena de producción. (Blanco, 2007, p. 32).

Heijunka.- Es una palabra japonesa que designa el alisamiento del programa de producción por el volumen y el mix de productos fabricados durante un tiempo dado. Permite amortiguar las variaciones de la demanda comercial produciendo, por pequeños lotes, varios modelos diferentes en la misma línea de producción. (Grupo MDC,2010, s.p.).

Jidoka.- Es un término japonés que en el mundo Lean Manufacturing significa “automatización con un toque humano”. Jidoka permite que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad. (Grupo MDC, 2010, s.p.).

Kaizen.- Es una estrategia o metodología de calidad en la empresa y en el trabajo, tanto individual como colectivo. Kaizen es hoy una palabra muy relevante en varios idiomas, ya que se trata de la filosofía asociada al Sistema de Producción Toyota. (Grupo MDC, 2010, s.p.).

Kanban.- Es un sistema de información que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y tiempo requerido en cada uno de los procesos que tienen lugar tanto en el interior de la fábrica como entre distintas empresas. También se denomina “sistema de tarjetas”, pues en su implementación más sencilla utiliza tarjetas que se pegan en los contenedores de materiales y que se despegan cuando estos contenedores son utilizados, para asegurar la reposición de dichos materiales. Las tarjetas actúan de testigo del proceso de producción. Otras implementaciones más sofisticadas utilizan la misma filosofía, sustituyendo las tarjetas por otros métodos de visualización del flujo. (Grupo MDC, 2010, s.p.).

Manejo de la cadena de producción.- La implementación de procesos esbeltos para conectar las métricas y los informes requeridos por la gerencia con el personal y las herramientas necesarias para conseguir los resultados esperados. (Blanco, 2007, p. 115).

Mapeo de proceso.- Representación visual de una secuencia de operaciones (tareas) que consiste en el personal, las tareas de trabajo y las transacciones

resultantes del diseño y la entrega de un producto o servicio. (Blanco, 2007, p. 90).

Mapeo de la cadena de producción.- La representación visual de los procesos (unidades de trabajo e información necesaria) para cumplir con la demanda del cliente. (Blanco, 2007, p. 90).

Proceso.- Un proceso es un conjunto de actividades o eventos (coordinados u organizados) que se realizan o suceden (alternativa o simultáneamente) bajo ciertas circunstancias con un fin determinado. (Krajewsky, Ritzman y Malhotra, 2008, p. 4).

SMED.- Es el acrónimo de Single-Minute Exchange of Die: cambio de herramienta en un solo dígito de minutos. Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de requerimiento o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase single minute. Se entiende por cambio de herramientas el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria. (Grupo MDC, 2010, s.p.).

TPM.- Mantenimiento productivo total (total productive maintenance) es una filosofía originaria de Japón, la cual se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes en los procesos de producción industrial. Las siglas TPM fueron registradas por el JIPM (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta). (Grupo MDC, 2010, s.p.).

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la empresa Reyes Industria Textil Cía. Ltda., trata sobre la implementación de herramientas Lean Manufacturing para el mejoramiento de la productividad. Se partió de la identificación y cuantificación de los principales desperdicios de recursos, mediante la aplicación del mapeo de la cadena de valor. Se identificó como la principal causa de la baja productividad el tiempo de despacho, que resulta ser demasiado alto para el cliente, quien necesita que sus requerimientos lleguen a sus instalaciones en tiempos no mayores a 10 días laborables.

Identificado el principal desperdicio, se procedió a la selección de las herramientas gerenciales, mediante un análisis de la utilidad de cada una de ellas, con respecto al problema a solucionar. Se seleccionaron las herramientas Heijunka y Kanban; para las cuales se definieron las condiciones y procedimientos que se deben cumplir para nivelar la carga de producción y la emisión de órdenes de producción. Con la aplicación se logró reducir el promedio de tiempos de despacho de 26 a 9 días, con tendencia a la baja. Simultáneamente, se aplicó un análisis de la preparación, puesta a punto y retiro en el proceso de tejido, para reducir los tiempos ociosos y de disposición, de forma que la asignación de carga de producción en las cajas Heijunka, sea más eficiente y las órdenes de producción puedan ser asignadas con mayor frecuencia, consiguiendo reducir el tiempo máximo de despachos y cumplir los despachos que presentaban retrasos.

Como resultado concluyente, la productividad del proceso aumentó de 1,13 a 1,38 unidades/dólar lo que representa un 18%, lo cual refleja que con los mismos recursos se puede producir más, aplicando las herramientas gerenciales mencionadas, reflejado con la comparación de que al inicio del estudio el nivel de producción se encontraba en 11 482 unidades y al finalizar tiene una tendencia creciente sobre las 18 407 unidades traducido en un 60% mayor con respecto a la situación inicial.

ABSTRACT

This work was developed in the company Reyes Industria Textil Cía. Ltda., discusses the implementation of Lean Manufacturing tools to improve productivity. It started from the identification and quantification of major waste of resources, by applying the value stream map. Was identified as the main cause of low productivity clearance time, which turns out to be too high for the customer who needs its requirements arrive at his premises in times not exceeding 10 working days.

Identified the main waste, we proceeded to the selection of the management tools, through an analysis of the usefulness of each of them, with respect to the problem to solve. Heijunka were selected and Kanban tools, for which defined the conditions and procedures that must be followed to level load production and issuing production orders. With the application were reduced average clearance times 26-9 days, downward trend. Simultaneously , we applied an analysis of the preparation, set-up and removal in the weaving process , to reduce idle time and choice, so that the load allocation Heijunka boxes production , more efficient and orders production may be assigned more frequently , managing to reduce the maximum time shipments and deliveries meet presenting delays.

As a conclusive result, process productivity increased from 1.13 to 1.38 units / dollar representing 18% , reflecting that the same resources can produce more , using the management tools mentioned , reflected by the comparison that at baseline production level was at 11 482 units and at the end has an increasing trend over the 18 407 units resulted in a 60 % increase over baseline.

INTRODUCCIÓN

La productividad es un indicador de utilización recursos empleados en producción con respecto a los productos obtenidos de la misma, por lo cual la administración y manejo de dichos recursos serán los que determinen la capacidad productiva del sistema; así como los resultados productivos que se puedan obtener teniendo en cuenta que cualquier cambio externo al sistema de producción puede generar pérdidas en el mismo.

Las herramientas Lean Manufacturing proporcionan a las compañías herramientas gerenciales para cumplir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la calidad requerida. (Díaz del Castillo, 2009, p. 1)

De acuerdo con Rajadell y Sánchez (2010) la implantación de Lean Manufacturing en una planta industrial exige el alcance de tres metas principales: rentabilidad, competitividad y satisfacción de todos los clientes, fundamentándose en los siguientes pilares: mejora continua, control total de la calidad, justo a tiempo, los cuales evidentemente al ser empleados de una manera efectiva, se verán traducidos en productividad reflejada por la rentabilidad alcanzada (p.11).

Carreira (2005) menciona que es importante la demostración de los resultados de la aplicación de Lean Manufacturing, mediante la medición del impacto que tienen los cambios que se den en el proceso, con respecto a los tiempos de respuesta para el desarrollo de mejoras en las actividades de los operarios y sus tareas (p.15).

La metodología *Lean Manufacturing* corresponde a una serie de herramientas gerenciales y operacionales, que se han empleado en las industrias con la finalidad de desarrollar procesos de producción efectivos, en los que se pueda notar el incremento de la productividad y por ende la rentabilidad de la empresa.

De acuerdo con Cuatrecasas (2010) en la actualidad las organizaciones orientadas al flujo de valor optan por sistemas de producción flexibles, que permitan adaptarse con rapidez a los cambios que se generan en el mercado; dicha flexibilidad es brindada por la serie de herramientas de Lean Manufacturing (p. 37).

Según Sayer y Williams (2012) la aplicación de Lean Manufacturing permite entender el funcionamiento del proceso, de forma que se puedan buscar e identificar los puntos de desperdicio para ser eliminados mediante la generación de valor, con el uso adecuado de los recursos mediante la creación de ciclos de mejora continua, en los que siempre se pueden perfeccionar los procesos (p. 13). Las organizaciones reconocen que las situaciones actuales no permiten que los procesos evolucionen de forma lenta; el enfoque Lean Manufacturing ofrece a las organizaciones un camino sensato, comprobado y accesible para el éxito a largo plazo. A diferencia de otras herramientas, ésta es aplicable de forma rápida, con resultados inmediatos y sostenibles.

Con la aplicación de este trabajo, inmediatamente la empresa podría mejorar su productividad, con rentabilidad creciente. Con una utilización adecuada de los recursos y la reducción de desperdicios, la empresa tendrá sostenibilidad y se puede propiciar la implementación de nuevas estrategias para una mejora continua.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA

La productividad según Bravo (2010) se define como la relación entre productos y recursos empleados para su producción tomando en cuenta la eficiencia y eficacia del proceso, de tal manera, la forma de administración y manejo de los recursos que se emplean para producir será la que determine la capacidad productiva del sistema, teniendo en cuenta que cualquier cambio externo en dicho sistema de producción puede generar caos en el mismo (p. 31). Las industrias deben poner énfasis en el desarrollo de políticas y procedimientos para aumentar su producción basada en el uso adecuado de sus recursos y mano de obra, siendo un punto que no se puede dejar de lado en la función de control de un proceso (Koontz y Wehrich, 1998, p. 694; McHose, 1994, p. 11).

Hindle (2008) afirma que la generación de valor en un producto es la base para crear ventajas competitivas sobre organizaciones similares, mediante el uso adecuado de los recursos de la empresa para el cumplimiento de los objetivos, de forma que se generen formas únicas para agregar valor al producto (p. 41). En el campo de producción, Palacios (2009) afirma que la vía para que una organización tenga crecimiento o incremente su rentabilidad, debe aumentar su productividad en términos de producción por hora hombre, tiempos de producción o consumo de materias primas e insumos, de tal manera que para que un proceso sea productivo, no solamente se debe observar si genera utilidad, sino que la empresa debe mantener un estricto control sobre sus procesos de producción (p. 77), la producción de una empresa debe considerarse como un todo dentro de la contribución a la rentabilidad de la misma, siendo objeto de mejora todos los sectores en donde existan procesos (Niebel y Freivalds, 2009, p. 2)

En la actualidad, las industrias se reestructuran para reducir sus tamaños y operar con mayor versatilidad para responder eficientemente a los cambios continuos de un mercado cada vez más competitivo. “El área de producción de una industria es

clave para su éxito. En ella los materiales son solicitados y controlados; la secuencia de las operaciones, de las inspecciones y de los métodos es determinada; las herramientas son solicitadas; los tiempos asignados; el trabajo es programado, asignado y se le da seguimiento; y la satisfacción del cliente es mantenida con productos de calidad y entregados a tiempo.” (Niebel y Freivalds, 2009, p. 2).

Para Cuatrecasas (2010), la productividad debe ser tomada como el punto de partida para generar competitividad en la organización, esto quiere decir que mientras se genera productividad, a la par se genera competitividad, ligado a otros factores importantes: la calidad, el costo de producción, el tiempo de respuesta, variedad de productos y flexibilidad de las líneas de producción (p. 61). Frecuentemente, se observa que las industrias dejan de lado al menos una de estas condiciones, lo que consecuentemente les resta capacidad para competir. En la actualidad, el uso de las herramientas Lean Manufacturing ayuda a las empresas a cumplir todas las condiciones para ser más competentes, independientemente del sector industrial al que pertenezcan.

De acuerdo con McHose (1994) la productividad se ve afectada por los siguientes factores:

- Acciones tomadas por varios sectores de la sociedad, dado en cambios en el comportamiento productivo en estamentos sociales, educativos y de trabajo.
- Por parte de las organizaciones, mediante el liderazgo efectivo y la gerencia progresista, mediante la aplicación de mejoramiento en el diseño de productos, procesos y producción.
- Aporte de los trabajadores, mediante una cultura organizacional encaminada a mantener una fuerza de trabajo efectiva y operativa todo el tiempo, con ello se reducen desperdicios en el tiempo y procesamiento.
- Políticas gubernamentales con las que se fomente el desarrollo técnico y tecnológico de las empresas, y apoyo mediante políticas fiscales.

En definitiva, la productividad en los recursos se traduce en la capacidad de producción, es decir que se mide la relación de los recursos o entradas al proceso con respecto a las salidas o productos que se obtienen del mismo por unidad de tiempo, asegurándose que dicha producción que se obtiene se haya terminado y esté de acuerdo con las especificaciones requeridas (p. 12).

De esta manera es imprescindible mantener la capacidad de producción al máximo disponible, con la condición de que todas las operaciones que están inmersas en el proceso generen valor agregado en el producto, y que éste sea importante para el consumidor. En este punto, se definen las actividades u operaciones que no van a generar características de valor en el producto y las que no generan ningún tipo de cambio en el mismo o que generen estancamiento en la cadena de producción.

Los factores que generan decrementos en la productividad están asociados a ineficiencias dentro del mismo proceso de producción (Cuatrecasas, 2010, p. 62; Niebel y Freivalds, 2009, p. 4). Los mencionados factores se dan a notar por medio de los siguientes parámetros:

- Tiempo disponible para producción.
- Tiempo de ciclo de producción.
- Tiempos de preparación, puesta a punto y retiro para la producción (cambios de referencia).
- Producción fuera de especificaciones.
- Actividades no requeridas para el producto.
- Inventarios.

Es así que, si se desea generar incremento en la productividad, la empresa como tal, debe apuntar al trabajo sobre los desperdicios; Rajadell y Sánchez (2010) definen como desperdicio o despilfarro a todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar, que se generan en la cadena de producción, de manera que se logre que la gestión de los procesos sea tendiente a generar valor al producto sin desperdiciar recursos,

en el tiempo justo (p. 20).

De acuerdo con Rajadell y Sánchez (2010), la implantación de Lean Manufacturing en una planta industrial exige el alcance de tres metas principales: rentabilidad, competitividad y satisfacción de todos los clientes, fundamentándose en los siguientes pilares: mejora continua, control total de la calidad y justo a tiempo, los cuales al ser empleados de una manera efectiva, se verán traducidos en productividad, reflejada por la rentabilidad alcanzada (p. 11).

De acuerdo con Viteri y Jácome (2013) el éxito de una organización eficiente radica en el manejo adecuado de los recursos empleados con respecto a los resultados obtenidos, para maximizar la producción con el menor uso de recursos inherentes a la producción, de forma que la organización se torne eficiente, eficaz y efectiva (p. 5)., como muestra la Figura 1.1

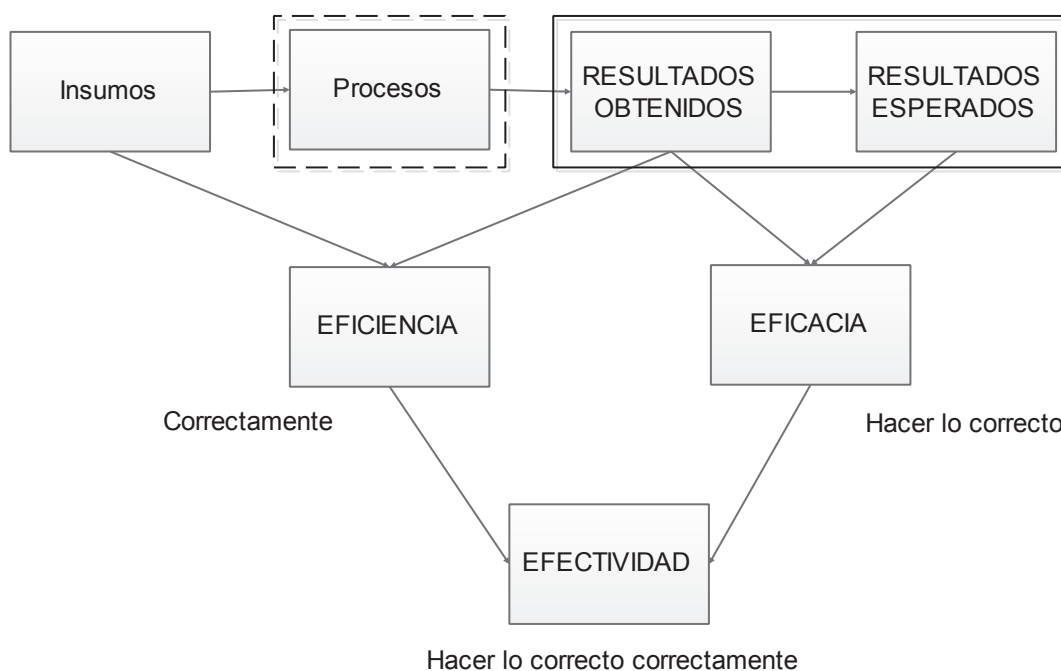


Figura 1.1 Eficiencia, eficacia y efectividad.
(Viteri y Jácome, 2013, p. 6)

Para obtener resultados de mejoramiento de la productividad, es necesario mantener un conocimiento detallado de los componentes y funciones de los procesos, de forma que se puedan aplicar mecanismos y procedimientos de

mejora coherentes con las necesidades de clientes y proveedores internos y externos; para el análisis de procesos y creación de un plan de operación se debe contar con información básica correspondiente a productos con respecto a su diseño, componentes y procesamiento; y los recursos para la producción, como inventarios de materiales, máquinas, equipos y herramientas, y otra información que puede ser relevante de acuerdo con condiciones específicas del sistema de producción de (Bittel, 1991, p. 470; Bravo, 2010, p. 32; Zandin, 2005, p. 2.8).

- Dibujos de piezas y listas de materiales.
- Vida esperada del producto y cantidades producidas.
- Lista del equipo de producción.
- Especificaciones del material.
- Medición del trabajo y datos estándar.
- Desperdicios.

Paquin (1993) concluye que el crecimiento empresarial definido por los mercados, orienta a que las organizaciones mejoren su estructura mediante actualización tecnológica, industrialización y formalización de sus procesos productivos, y el continuo desarrollo de nuevas metodologías o técnicas de control y gestión de la producción (p. 31).

1.1.1. CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD

Para Heizer y Render (2004) la productividad, en definitiva es el resultante de la relación entre las entradas con las que se cuentan para un proceso y el producto o salidas del mismo; es decir la relación entre insumos y productos, relacionando por factores individuales o por múltiples factores, lo que significa que se pueden relacionar resultados puntuales dentro del proceso de producción (p. 15), por ejemplo la productividad de la materia prima, relacionando la cantidad de materia prima ingresada al proceso y la cantidad de producto terminado que se pudo obtener con la misma, expresado en valores porcentuales, como muestra la Ecuación 1.1.

$$productividad = \frac{salidas}{entradas} \quad [1.1]$$

Donde:

Las salidas corresponden a la cantidad de recursos aprovechados en la producción.

Las entradas corresponden a la cantidad de recursos ingresados al sistema de producción.

En el caso de la productividad con múltiples factores, tomando en cuenta que se suman varias entradas de diferente naturaleza, pudiendo ser mano de obra, insumos, costos varios, etc., se trata de simplificar el cálculo de la misma, expresando las entradas en dinero, lo que daría como resultado en definitiva unidades de producción por unidad monetaria ingresada en el sistema de producción, como muestra la Ecuación 1.2.

$$productividad = \frac{unidades\ producidas}{costo\ de\ producción} \quad [1.2]$$

Donde:

Las unidades producidas corresponden a la cantidad de producción que se obtuvo con los recursos ingresados al sistema de producción.

El costo de producción corresponde al valor monetario asignado a los recursos ingresados al sistema de producción, pudiendo ser materias primas, mano de obra, servicios, insumos, etc.

1.1.2. ANÁLISIS DE OPERACIONES Y PRODUCTIVIDAD

De acuerdo con Rodríguez (2012) los procesos son la base fundamental para el

estudio de la productividad en las operaciones, consiste en el reconocimiento de los componentes que interactúan en la generación de valor mediante el estudio del trabajo, en donde se analizan las entradas al proceso, su interacción y lo que se obtiene de cada una (p. 151), es importante tomar en cuenta:

- Tiempos de procesamiento o productivos.
- Tiempos de setup o preparación, puesta a punto y retiro.
- Tiempos ociosos o no productivos.

Los tiempos de procesamiento o productivos de acuerdo con Niebel y Freivalds (2009), corresponden a todas las actividades que generan valor en el producto, esto quiere decir que para que se considere productivo, un movimiento debe generar algún tipo de cambio en el cual se observe la generación de transformación de las materias primas en productos terminados (p. 59).

De acuerdo con García (2005) el setup o preparación puesta a punto y retiro, son las actividades que se desarrollan en el proceso productivo, pero que no tienen injerencia en el ciclo del proceso (p. 191), siendo éstas:

- Preparación de materiales, herramientas, insumos, programas, etc. Para alimentar el proceso.
- Puesta a punto de maquinarias y equipos, en donde se realizan actividades de carga de materiales, programas y calibraciones de maquinaria.
- Retiro corresponde a la evacuación de materiales y herramientas antes y después de que la producción de una máquina haya empezado.

Se consideran tiempos no productivos a los generados por actividades que no generan valor en el producto final, de acuerdo con Niebel y Freivalds (2009) las actividades que no generan valor en el producto están contenidas en las inspecciones, almacenamientos y transportes, pues mientras estas se están ejecutando, no se genera ningún cambio en el producto, pues únicamente se

verifican especificaciones, se colocan en bodegas o se trasladan entre puntos del proceso de producción (p. 60).

Para satisfacer e incluso superar las expectativas de los clientes, las empresas lo han logrado a través de un enfoque sistemático con la integración de la gestión de la calidad en el modelo de gestión de la empresa y las estrategias operativas con la gestión de los procesos de negocio y unidades de medición de los procesos (Bohan, 2008, p. 27; Ruiz – Canela, 2004, p. 328; Membrado, 2007, p. 138), como se muestra en la Figura 1.2

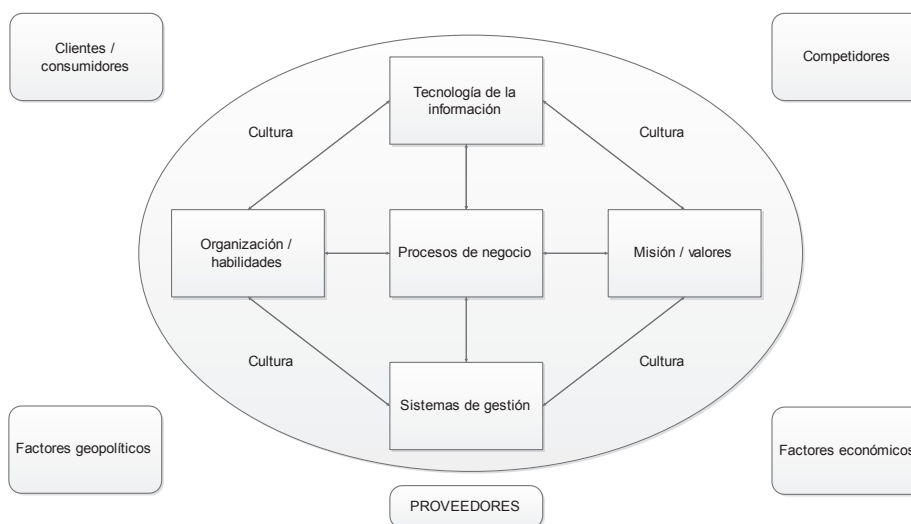


Figura 1.2. Perspectiva holística del enfoque de los procesos de negocios.
(Ruiz – Canela, 2004, p. 329)

1.2. LEAN MANUFACTURING

La filosofía Lean Manufacturing, de acuerdo con Womack y Jones (2003) está basada en el sistema de producción de Toyota, que radica en el desarrollo de un sistema de producción que pueda responder a cambios rápidos en los requerimientos de fabricación, con la finalidad de cubrir demandas de una gran variedad de productos dentro de lotes pequeños y en tiempos de ciclo cortos (p. 25).

Lean Manufacturing se centra en el desarrollo de facilidades para el flujo continuo

de materiales y la flexibilidad para la fabricación de distintos tipos de productos, como en el Sistema de Producción Toyota (TPS), con las siguientes fases:

- Análisis de la cadena de valor.
- Identificación y eliminación de desperdicios.
- Consecución de un flujo de material estable.
 - Adaptando los equipos de fabricación.
 - Implantando sistemas de calidad integrados a los procesos.
 - Organizando la planta y equipos.
 - Desarrollando procesos de cambios rápidos de modelo o referencia.
 - Implementando sistemas de flujo de producción.

Con la aplicación de esta metodología se dirige a la empresa a la reducción de tiempos de producción o fabricación, posibilidad de un manejo eficiente de lotes de producción pequeños, y control en el desperdicio de recursos, para así lograr incrementos importantes en la productividad, Lean Manufacturing tiene por objetivo la eliminación o reducción del desperdicio que en muchos procesos llega a ser hasta de 60%, reduciendo significativamente los inventarios en el sistema (D' Alessio, 2002, p. 337).

“El mapa de flujo de valor es útil porque crea un 'mapa' visual de todos los procesos que intervienen en el flujo de materiales e información en la cadena de valor de un producto.” (Krajewsky et al., 2008, p. 360), esta reducción del desperdicio se alcanza mediante el empleo de una serie de metodologías desarrolladas como parte del Sistema de Producción Toyota en Japón. Para George, Rowlands, Price y Maxey (2005) la información que se obtiene del flujo de valor debe ser el resultado del trabajo conjunto de administradores, líderes de procesos o jefes departamentales (p. 45).

La filosofía Lean Manufacturing se fundamenta en la mejora continua, el control de la calidad, la eliminación del desperdicio, el aprovechamiento de toda la capacidad a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios, Krajewsky et al. (2008) menciona que en el diseño de las cadenas de valor, se

debe mantener una estrecha relación entre los elementos del sistema de producción, generando cadenas departamentales y áreas funcionales sin descuidar la relación con el medio externo de la organización (p. 7).

Uno de los puntales de Lean Manufacturing radica en el manejo de sistemas de producción dinámicos, que puedan responder con rapidez a los cambios que se generen en un entorno productivo, básicamente con la adecuación del sistema de producción y los tamaños de lote que se manejan en el mismo, de forma que se pueda producir sin generar desperdicios de cualquiera de los factores de producción que se encuentren presentes en el proceso, pues en los sistemas de producción esbeltos se usan lotes del tamaño más pequeño posible (Krajewsky et al., 2008, p. 350).

Un lote es una cantidad de elementos que se procesan juntos. Los lotes pequeños tienen la ventaja de reducir el nivel promedio de inventario en relación con los lotes grandes. Los lotes pequeños pasan por todo el sistema con mayor rapidez que los grandes. De lo citado, se concluye que la forma más eficiente para medir el resultado de la implementación de herramientas Lean Manufacturing se puede dar mediante los incrementos en la productividad y el incremento en la utilidad de la cadena de producción, debida a la rotación más rápida de la producción (Carreira, 2005, p. 16, 47).

Es importante la demostración de los resultados de la aplicación de Lean Manufacturing mediante la medición del impacto que tienen los cambios que se den en el proceso con respecto a los tiempos de respuesta para el desarrollo de mejoras en las actividades de los operarios y sus tareas como menciona Carreira (2005, p. 83).

Gryna, Chua y Defeo (2007) definen que el valor es definido por los clientes, en base a los productos y capacidad de entrega, con respecto a que sean entregados a su satisfacción en cantidad, especificaciones, precio y tiempo. Para ello Lean Manufacturing se enfoca en la transición de la empresa con enfoque tradicional a un enfoque dinámico, como se muestra en la Figura 1.3 (p. 19).

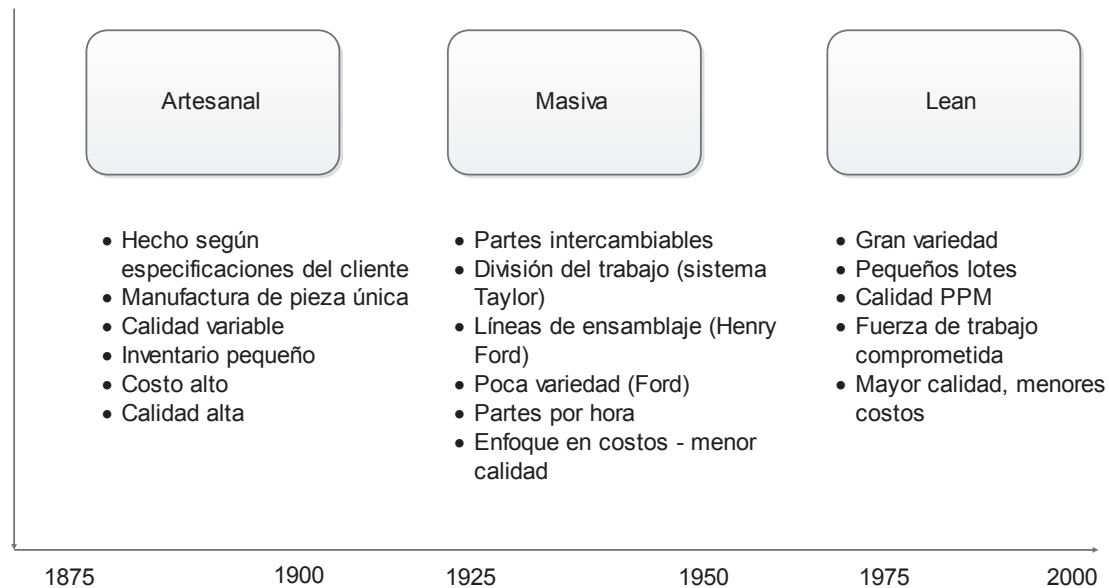


Figura 1.3. Evolución de la manufactura.
(Gryna, Chua y Defeo, 2007, p. 390)

1.3. HERRAMIENTAS PARA LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing, cuenta con una serie de herramientas que se emplean de forma individual y sistemática para el mejoramiento continuo, de tal forma que cada una de ellas se enfoca en el mejoramiento rápido de una situación que genera desperdicios en la organización, tomando en cuenta cada una de las razones por las que se están generando dichos desperdicios. La característica principal de la familia de herramientas Lean Manufacturing es la rapidez de aplicación en cualquier tipo de sistema de producción (Sayer y Williams, 2012, p. 11).

1.3.1. EL DESARROLLO DE LEAN MANUFACTURING

Según Sayer y Williams (2012) Lean Manufacturing se fundamenta en el concepto de valor, tomado en cuenta como lo que el cliente valora y está dispuesto a pagar

por ello; de forma que sea posible el enfoque en los procesos que van a generar dicho valor, para explotar su rendimiento de forma que se transforme en utilidad (p. 13).

Para conocer cómo se obtiene utilidad de un proceso, es importante el control y manejo de la cadena de valor, que es el ciclo de actividades que se desarrollan desde que se inicia el requerimiento del cliente hasta que el producto requerido haya sido entregado. Tradicionalmente las empresas logran reducir sus costos anuales entre 3 y 4%; y con la adopción de las herramientas Lean Manufacturing se han logrado mejoras de dos dígitos, mediante el análisis del negocio y la focalización en las oportunidades de mejora que puedan darse.

El proceso debe mantener en un flujo continuo en el que no se den interrupciones por inventarios fuera del tiempo en el que son requeridos, ya sea que sea antes o después del proceso. Esto quiere decir que los elementos que están inmersos en el proceso deben estar listos en la cantidad, tiempo y condiciones adecuadas para evitar que la cadena de producción se detenga, se acumulen inventarios o se den reprocesamientos.

En un sistema de producción en el que se aplica Lean Manufacturing, el principio fundamental está en el trabajo continuo sobre la eliminación de desperdicios, Carreira (2005) afirma que es necesario eliminar o reducir las actividades, movimientos, transportes, etc., que no aportan valor al producto, con miras al empleo de ellos y que la organización de enfoque en las actividades realmente inherentes al producto que obtienen (p. 67).

1.3.2. FUNDAMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

De acuerdo con Banco (2007), el proceso de Lean Manufacturing es similar a escalar una montaña. Requiere personas, soporte y uso eficiente de las herramientas y los procesos y elementos correctos, por lo que es necesario que

se proponga y alcance una meta. Para Lean Manufacturing la meta es eliminar los desperdicios, y así trabajar únicamente en actividades que generen valor añadido, de tal forma que de acuerdo con el tipo de desperdicio que se desee contrarrestar se debe aplicar la herramienta adecuada de Lean Manufacturing (p. x). Las fuentes de desperdicio consideradas por la metodología son:

- Sobreproducción.
- Tiempos de espera, transporte y movimientos innecesarios.
- Sobre procesamiento.
- Exceso de inventario.
- Defectos.

Para cada uno de los desperdicios mencionados se recomienda la aplicación de una herramienta o varias herramientas, todas en referencia al mapeo de la cadena de valor VSM, de donde se obtiene la primera línea base para la localización de desperdicios, dicha interacción se recopila en la Tabla 1.1 donde se muestran los tipos de problemas que se presentan en los procesos, las causas comunes para su aparición y las herramientas idóneas para su tratamiento (Blanco, 2007, p. 90; Sayer y Williams, 2012, p. 201).

1.3.2.1 Mapeo de la Cadena de Valor VSM

De acuerdo con Blanco (2007), el mapeo de la cadena de valor o VSM (value stream mapping), representa gráficamente el flujo de materiales e información de un producto o familia de productos, siendo una parte fundamental en el desarrollo de sistemas de producción esbeltos, en donde se deben desarrollar mapas tanto de la situación actual como de la futura, luego de haber empleado otras herramientas de Lean Manufacturing (p. 90).

En el desarrollo de la cadena de valor, se deben considerar todos los aspectos inherentes al desarrollo del producto con respecto al proceso, de forma que se logre una visión clara del funcionamiento de la red de procesamiento de donde

básicamente se van a identificar los elementos presentes en la cadena de valor como dueño del proceso, entradas, actividades, salidas y recursos humanos, el aporte que cada uno de ellos entrega al valor agregado del producto (Molteni y Cecchi, 2005, p. 222.).

Al momento de desarrollar el mapeo de la cadena de valor, se debe partir de la estructuración de la empresa y como se encuentra su sistema productivo, básicamente se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Proveedores y clientes
- Procesamiento de información y requerimientos
- Procesos de producción y su flujo
- Número de operarios por cada proceso
- Puntos de almacenamiento y transporte
- Una línea de tiempo en donde se define tanto el tiempo que se demora en procesamiento y el tiempo de entrega al cliente.

Para el mapeo de la cadena de valor se emplea simbología específica para cada aspecto de la producción, como se muestra en la Tabla 1.2.

En la implementación de Lean Manufacturing de acuerdo con Blanco (2007, p. 91), se emplean dos escenarios, el primero la cadena de valor en el estado actual y luego de haber hecho cambios en el proceso, la cadena de valor en el estado futuro, de la siguiente forma:

Estado actual

1. Levantar toda la información posible del proceso.
2. Revisar las etapas de producción.
3. Dibujar el esquema del proceso mediante la simbología de VSM.
4. Recolectar información de los nodos del proceso (tiempo de producción, tiempos de preparación, velocidad de la línea, tiempos muertos, número de

operadores, inventario de productos en proceso, etc.)

5. Totalizar inventarios, tiempos, días en el proceso y tiempo para la entrega.

Estado futuro

1. Regularizar los inventarios para responder a la demanda.
2. Crear flujos continuos de arrastre mediante tarjetas kanban.
3. Nivelar las cargas de producción

1.3.2.2 Heijunka

La herramienta Heijunka, tiene la finalidad de nivelar la carga de trabajo dentro de las líneas de producción de forma que se puedan reducir los niveles de inventario, mediante el balanceo de líneas de producción, “la idea es producir en lotes pequeños de muchos modelos, libres de cualquier defecto, en períodos cortos de tiempo con cambios rápidos” (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 67); de ésta forma se pueden atender a demandas fluctuantes y completar pedidos con variedad de referencias.

Mediante la nivelación de cargas, se nivela la cadena de producción de acuerdo con el tamaño del lote y la variedad de referencias, derivado de esto, se reducen los niveles de inventario ya sea de materia prima, producto en proceso o producto terminado, permitiendo un verdadero sistema de arrastre (Blanco, 2007, p. 114).

El primer paso para nivelar la carga, se da mediante el conocimiento del Tackt time, definido como el ritmo de trabajo que se debe mantener en el sistema de producción para que éste se encuentre sincronizado con los requerimientos del cliente en las condiciones especificadas, esto es “la cantidad de tiempo necesaria para producir una pieza con la calidad que responde a la demanda del cliente” (Blanco, 2007, p. 30). Éste tiempo se calcula mediante la Ecuación 1.3.

$$Tack\ time = \frac{Tiempo\ productivo\ disponible}{Cantidad\ de\ producción\ requerida} \quad [1.3]$$

Donde:

El tiempo productivo disponible corresponde al tiempo en el que se genera valor en el producto eliminando tiempos de paro o no productivos.

La cantidad de producción requerida corresponde a los pedidos que se deben cubrir.

Como segundo paso, se va a determinar el Pitch o tiempo de empaque de acuerdo con la especificación del cliente, es decir el número de piezas o unidades por empaque, mediante la Ecuación 1.4:

$$Pitch = \frac{Tackt\ time * número\ de\ paquetes}{60\ segundos} \quad [1.4]$$

Luego se define la secuencia de producción de acuerdo con el Pitch calculado, tomándolo como el intervalo de tiempo que va a existir para que se haya producido un paquete. Dicha secuencia de tiempos se verá afectada si es que existen paros en el empaque por descansos y tiempo de almuerzo.

Con los intervalos obtenidos, se va a crear una tabla en la que se define la secuencia de producción de las referencias que se van a procesar durante la jornada de trabajo a la hora y cantidades requeridas.










Como punto final, se debe crear la caja Heijunka, que en definitiva es un mecanismo empleado como herramienta de nivelación del volumen y carga de producción que en un sistema de producción esbelta es el único lugar para insertar información diaria de los requerimientos de producción (Blanco, 2007, p. 116).

Tabla 1.1. Identificación de las Herramientas Lean Manufacturing

SOBREPRODUCCIÓN		MAPEO DE LA CADENA DE VALOR VSM
CAUSAS	HERRAMIENTA	
<ul style="list-style-type: none"> - Producción de referencias innecesarias - Equipos y lotes de producción sobredimensionados. - Flujo de producción no balanceado o nivelado. - Presión sobre la producción para aumentar la utilización. - No hay prisa para atacar los problemas de calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - HEIJUNKA - KANBAN - SMED 	
INVENTARIO INNECESARIO		
CAUSAS	HERRAMIENTA	
<ul style="list-style-type: none"> - Exceso de inventario. - Excesivo material obsoleto. - Producción de referencias innecesarias. - Lotes económicos de pedido. - Pronósticos de demanda 	<ul style="list-style-type: none"> - HEIJUNKA - KANBAN - SMED - 5 S 	
SOBREPROCESO		
CAUSAS	HERRAMIENTA	
<ul style="list-style-type: none"> - Diseño del producto. - Diseño del proceso y operaciones. - Método de trabajo inadecuado. - Mala definición de especificaciones del cliente 	<ul style="list-style-type: none"> - SMED - JIDOKA 	
ACTIVIDADES RESULTANTES DE PRODUCTOS RECHAZADOS		
CAUSAS	HERRAMIENTA	
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo para ejecutar reproceso. - Ocupación de recursos para reprocesos. 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 S - JIDOKA - POKA YOKE 	
TRANSPORTES, ESPERAS Y MOVIMIENTOS INNECESARIOS		
CAUSAS	HERRAMIENTA	
<ul style="list-style-type: none"> - El operario espera a que la máquina termine. - La máquina espera a que el operario termine una tarea pendiente. - Un operario espera a otro operario. - Exceso de colas de material dentro del proceso. - Paradas no planificadas. - Tiempo para ejecutar otras tareas indirectas. - Deficiencia en la organización y distribución de planta. - Exceso de distancias de recorrido de personas y materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 S - SMED - KANBAN - Celdas de manufactura 	

(Blanco, 2007, p. 99)

Tabla 1.2. Simbología empleada en VSM

NOMBRE	FUNCIÓN	SÍMBOLO
CLIENTE / PROVEEDOR	Reconoce elementos externos definidos por proveedores o clientes	
PROCESO	Son todas las actividades que generan o no valor en el producto.	
TRANSPORTE EXTERNO	Son los transportes que se hacen desde los proveedores o hacia los clientes.	
FLUJO DE INFORMACIÓN	Información transmitida a lo largo de la cadena de valor.	
INVENTARIO	Identifica acumulación de materias primas, insumos, inventarios en proceso y productos terminados	
TRASLADO	Identifica el movimiento de materias primas y productos en proceso a lo largo de la cadena de valor	
FLUJO DE EMPUJE	Identifica flujos de material no requerido o para inventario	
FLUJO DE INFORMACIÓN	Transmisión electrónica de información.	
OPERADOR FIJO	Operador u operadores asignados a puntos específicos.	

(Blanco, 2007, p. 92)

1.3.2.3 Kanban

De acuerdo con Rajadell y Sánchez (2010, p. 94), los sistemas de producción basados en kanban, hacen que en el proceso se generen los requerimientos de producción, de ésta manera en la línea, el producto en fabricación se arrastra en lugar ser empujado por la misma, en definitiva, un sistema kanban desarrolla procesos en los que no se generan inventarios innecesarios, en las condiciones requeridas de forma que se da versatilidad al sistema empleando eficientemente los recursos, mediante el uso de tarjetas en las que se mantiene control físico y

de información entre las operaciones del proceso.

Esta metodología, se fundamenta en una tarjeta que indica la necesidad de un material, permitiendo que se controle el sistema de arrastre haciendo que los requerimientos de producción se ejecuten cuando la tarjeta kanban lo determine y no mediante planeaciones externas, para lo cual se han determinado 3 tipos de kanban (Blanco, 2007, p. 61 – 67):

- Kanban de retiro. Indica el número de unidades a ser requeridas de la bodega y que deben ser reintegrados al inventario de la misma.
- Kanban de producción. Indica el número de unidades que se necesitan para reemplazar las unidades retiradas del inventario.
- Kanban de señal. Indica cuando se ha alcanzado el límite de retiros de inventario y la necesidad de restablecer el mismo.

Dentro de los sistemas kanban se deben cumplir las siguientes condiciones de acuerdo con Blanco (2007) para tener una aplicación eficaz, de forma que las tarjetas kanban sean útiles para un manejo ordenado y sistemático del flujo de la producción (p. 62):

- Los procesos finales se retiran desde los procesos iniciales.
- Los procesos finales sólo producen lo que es retirado.
- Sólo se envían productos 100 por ciento libres de defectos.
- Siempre trate de eliminar variaciones en el flujo de diferentes procesos y operaciones.
- Las tarjetas kanban se mueven con las mercancías para proveer de control visual.
- El número de tarjetas kanban determinan la cantidad de inventario de producto en proceso.
- Se debe tender a la reducción del número de tarjetas kanban en circulación para favorecer la optimización.

En definitiva, el uso de estas tarjetas racionaliza el tamaño de los lotes de

producción y los inventarios que se generan dentro del proceso. El número de kanbans requeridos se definen mediante la aplicación de la Ecuación 1.5

$$\# \text{ kanban} = \frac{\frac{t \text{ entrega}}{\text{takt time}}}{\text{cantidad de piezas por kanban}} + X \quad [1.5]$$

Donde:

- # kanban es el número de tarjetas requeridas por el sistema.
- t entrega es el tiempo disponible para la entrega del proceso.
- Cantidad de piezas por kanban corresponde al tamaño mínimo del lote que se procesa.
- X es el margen de seguridad para el cumplimiento del requerimiento del cliente.

1.3.2.4 Cinco S

5 S corresponde a la aplicación sistemática de cinco términos en japonés y que también se han adaptado al inglés, que corresponden a orden, limpieza, clasificación, estandarización y disciplina; las mismas que tienen una razón para influir en el desenvolvimiento de las operaciones.

La metodología de las 5 S permite el mantenimiento sistemático de condiciones de trabajo adecuadas para asegurar la producción continua y sin interrupciones, de forma que se pueda mantener todo limpio, ordenado, clasificado, estandarizado y principalmente adoptado por el personal que se encuentra en el centro de trabajo.

La metodología 5 S fue desarrollada en Japón como parte componente del sistema de producción de Toyota, para luego ser adoptada por organizaciones en Estados Unidos quienes acondicionaron términos de su lengua para complementar el uso y aplicación en sus realidades productivas; los componentes

de 5 S, tienen una correlación entre términos tanto en inglés como Japonés, como muestra la Tabla 1.3 (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 48; Sayer y Williams, 2012, p. 217).

Tabla 1.3. Elementos de la metodología 5S.

Término en japonés	Término en inglés	Función	Aplicación
Seiri	Set in order	Clasificación	Separar por utilidad los elementos de producción y descartar los innecesarios.
Seiso	Shine	Limpieza	Mantener limpio el sitio de trabajo sin elementos que puedan entorpecer el trabajo.
Seiton	Sort	Orden	Mantener un sitio específico para cada elemento y definir su uso.
Seiketsu	Standarize	Estandarización	Definir los procedimientos específicos para cada tarea de orden limpieza y clasificación.
Shitsuke	Sustain	Disciplina	Mantener en el tiempo los procedimientos para su aplicación continua.

(Rajadell y Sánchez, 2010, p. 48; Sayer y Williams, 2012, p. 217)

De acuerdo con (Blanco, 2007, p. 1; Rajadell y Sánchez, 2010, p. 217), la implementación de esta metodología comienza con el trabajo sobre cada uno de los elementos mencionados de 5 S, para lo cual parte de:

Clasificación

Dentro del área de trabajo, se deben clasificar, identificar y eliminar los elementos que no son necesarios para la tarea que se está desarrollando, de forma que se mantenga el flujo de materiales sin generar obstrucciones en la estación de trabajo. Para este efecto, se emplean tarjetas que se asignan a los objetos que no

son utilizados o han entrado en obsolescencia, para que se note su acumulación y su posterior descarte.

Limpiar e inspeccionar la limpieza

El área de trabajo debe mantenerse limpia de cualquier tipo de agente que pueda causar daños o retrasos en el desarrollo normal de las tareas. Se deben definir puntos de limpieza y la frecuencia con la que se deben limpiar, para ello se utilizan tarjetas en las que se registran dichos eventos para mantener el debido control de los mismos.

Ordenar

Se deben definir sitios para cada elemento de producción y la cantidad que puede encontrarse en el mismo, de la misma forma se desarrolle un medio de ubicación y cuantificación de los mismos para que se pueda facilitar la búsqueda y ubicación de los mismos, evitando que se den tiempos perdidos e incrementando la seguridad de la planta.

Generar hoja de rutina o estandarización

Las hojas de rutina o estandarización, sirven para detallar los procedimientos, lugares y responsables para cada una de las tres actividades anteriores, desarrollando un método de trabajo que sea establecido, ejecutado y mantenido por el personal a cargo de cada lugar de trabajo.

Mantenimiento del procedimiento

El paso fundamental y que genera eficacia en la implementación de 5 S radica en

el mantenimiento del procedimiento, esto quiere decir que se debe propender a la generación de una cultura de trabajo, en la que cada trabajador cumple con sus obligaciones sin necesidad de control; las tarjetas y hojas de registro servirán para verificar los avances y mejora continua del procedimiento 5S.

1.3.2.5. Intercambio rápido SMED

Blanco (2007) define como cambios rápidos a los que se realizan en menos de 10 minutos, dependiendo de la dificultad de las tareas, experiencia del trabajador, estandarización de herramientas y procedimientos (p. 47).

Con la aplicación de la herramienta, se pueden reducir los tamaños de lotes de producción y economizar inventarios, lo que contribuye a la flexibilización de las líneas de producción y principalmente reduce los tiempos no productivos en el proceso.

Para la implementación de esta herramienta se deben definir las actividades internas y externas en el proceso (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 124; Sayer y Williams, 2012, p. 153).

- Actividades internas.- son todas las tareas que se desarrollan mientras la máquina o el proceso se encuentra fuera de servicio o no está produciendo, corresponden las actividades de preparación puesta a punto y retiro.
- Actividades externas.- son las tareas que se desarrollan mientras la máquina o el proceso se encuentran en producción, se pueden atribuir actividades de inspección, transporte, control y otras actividades.

Luego de haber definido las actividades, se deben convertir las actividades internas en externas, con ello todos los requerimientos para un cambio de referencia se satisfacen mientras el proceso se encuentra en funcionamiento.

Para ello, se definen procedimientos, materiales y herramientas estandarizados, para que su utilización reduzca la cantidad de tiempo de para en el proceso.

1.4. APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING

Varios autores coinciden en que la implementación de Lean Manufacturing es un proceso de mejoramiento productivo continuo, es decir que por cada herramienta que se llegue a implementar en la empresa, se van a lograr resultados visibles que conlleven al mejoramiento productivo y por ende al incremento de productividad y reducción de costos.

La línea de partida para la implementación de la serie de herramientas Lean Manufacturing corresponde al análisis tanto de las situaciones actuales, en implementación y posteriores del sistema de producción. De esta manera, la herramienta que hace un diagnóstico inicial al sistema de producción es el VSM o mapeo de la cadena de valor. Como resultado del VSM se van a obtener las oportunidades de mejora o los puntos que están generando pérdidas o despilfarros en los diferentes procesos de producción, desde el manejo de proveedores hasta el servicio al cliente, sin olvidar los procesos de manufactura.

De acuerdo con Sayer y Williams (2012) las herramientas de Lean Manufacturing deben ser implementadas una por una, luego de conocer la cadena de valor, se ejecutan una por una, a partir de las de aplicación rápida como 5S, las mismas que crearán ya una cultura de orden y estandarización, lo que facilitará la aplicación de las siguientes herramientas de acuerdo con la necesidad de mejora en el proceso, hasta llegar a procesos de arrastre, que no generen inventarios ni desperdicio de recursos (p. 134).

Luego de la implementación de las herramientas que hayan sido pertinentes para el proceso, es importante realizar la comparación de la situación productiva inicial y la situación productiva al finalizar la aplicación, de esta forma será visible el beneficio de las mismas. El VSM de la situación que ha sido mejorada, tiene la

función de registrar la nueva formalización del proceso productivo y considerando que Lean Manufacturing es una metodología cíclica, es indiscutible que se llegarán a identificar nuevos despilfarros u oportunidades de mejora.

Para cada organización se debe definir una métrica o forma de medir los resultados de sus procesos, que se pueden lograr en un plazo de seis meses a un año, tomando en cuenta la importancia de lo que se deba tener conocimiento para la consecución de los objetivos empresariales (Wheat, Mills y Carnell, 2008, p. 33; Womack y Jones, 2003, p. 354)

2. METODOLOGÍA

2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL

La situación inicial de la empresa se analizó mediante los registros de la misma así como la observación directa y registro de las actividades de las tareas de producción, mediante el empleo de diagramas de flujo, con lo cual se registraron las secuencias de producción y las entradas para el desarrollo del mapeo de la cadena de valor inicial, tomando como base la siguiente información:

- Máquinas disponibles
- Cantidad de operarios
- Tiempo disponible de producción
- Volumen de producción
- Desperdicios visibles

2.2. MAPEO DE LA CADENA DE VALOR INICIAL

De los flujogramas de los procesos de producción en Tejido y Acabados, se obtuvieron las entradas para el mapeo de la cadena de valor inicial, en donde se mostraron las interacción de los procesos internos de la empresa, correspondientes a producción y planificación con los procesos externos correspondientes a proveedores o stakeholders y clientes, así como los medios de comunicación entre los componentes de la cadena de valor.

Con los datos históricos de estándares de tiempos, se definieron los lotes de transferencia y tiempos de ciclo de producción en lugar del takt time, debido al sistema de producción de la empresa.

Del trabajo realizado en Reyes Industria Textil Cía. Ltda., desde el mes de Octubre de 2012 a Mayo de 2013 se definieron tres etapas:

- Etapa 1, en los meses de octubre y noviembre de 2012 se analizó la situación inicial de la empresa, y se definieron los desperdicios y herramientas a implementar.
- Etapa 2, en el mes de diciembre de 2012 se implementaron las herramientas.
- Etapa 3, desde el mes de Enero se realizó el seguimiento de la implementación y ajustes en los procedimientos hasta el mes de mayo de 2013.

2.3. IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS Y SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS

Los desperdicios se identificaron mediante el uso del mapeo de la cadena de valor, tomando como punto referencial la Tabla 1.1, de donde se definió un marco lógico tipo árbol de fallos, en donde se colocó como causa raíz el principal defecto de la cadena de valor, con ello se derivaron las causas que generan dichos desperdicios y los mismos fueron contrastados con las herramientas aplicables de la siguiente forma:

- Desperdicio identificado
- Medio de propagación del desperdicio
- Fuente de generación
- Herramienta aplicable

2.4. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

Para la aplicación de las herramientas seleccionadas, se definieron los procedimientos que se van a aplicar con cada una de ellas, como se muestra en la Figura 2.1, es así que para su implementación se parte de la definición de:

- Cantidad de referencias que se requieren para satisfacer pedidos.
- Tamaño de lotes de transferencia en la cadena de producción.
- Procedimiento para la emisión de órdenes de producción.
- Procedimiento de operación de la maquinaria para generación de referencias al día
- Módulos de producción para cumplimiento de pedidos.
- Procedimiento para despacho de pedidos.

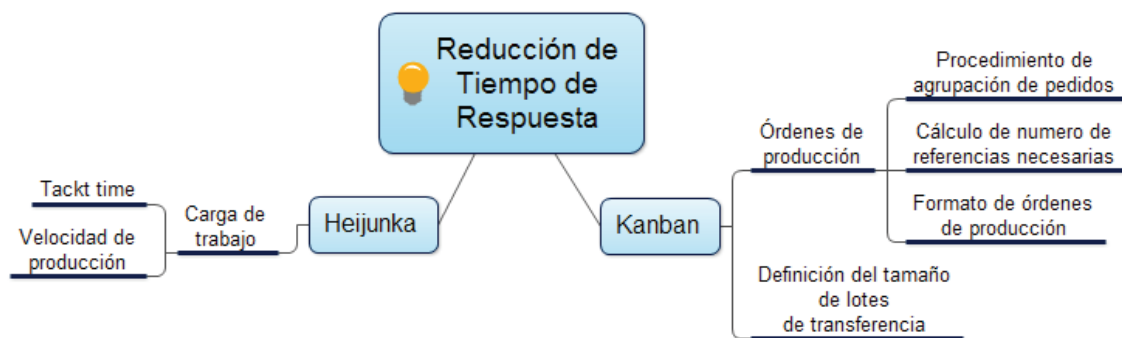


Figura 2.1. Esquema aplicativo de las herramientas seleccionadas

2.4.1. MÓDULOS DE PRODUCCIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE PEDIDOS

Para la definición de los módulos de producción se determinaron las familias de productos así como la capacidad de producción asignada para cada una de ellas, para posteriormente asignar las cargas de producción para cada máquina.

2.4.2. DEFINICIÓN DE LOTES

Debido a la cantidad de referencias que la fábrica procesa y la flexibilidad el sistema de producción debe mantener, los lotes de producción se definieron de la siguiente forma:

- Listar los requerimientos para cumplir pedidos.
- Cuantificar las referencias solicitadas.
- Priorizar las referencias más vendidas.
- Asignar cargas de producción por máquina con un techo de 60 unidades por referencia.

2.4.3. CAJA HEIJUNKA Y ÓRDENES DE PRODUCCIÓN KANBAN

Se empleó la herramienta Heijunka como medio de balanceo de las cargas de producción, como medio de integración entre las capacidades operativas y los requerimientos de producción y manufactura para el cumplimiento de pedidos, en donde se diseñó una hoja electrónica en la que constan:

- Máquina asignada.
- Referencias y cantidades solicitadas.
- Capacidad de producción.
- Disponibilidad de producción.

Luego de obtenida la disponibilidad asignando cargas a cada máquina, se diseñó un formato de orden de producción que cumpla las condiciones de Kanban, es decir de creación de flujo de arrastre. Dicha orden de producción se diseñó con la siguiente información:

- Máquina Asignada.
- Fechas de inicio y finalización de la producción.
- Requerimiento de materiales.
- Referencias a fabricar.
- Cantidad solicitada por referencia.

2.4.4. OPERACIÓN DE MAQUINARIA PARA LA PRODUCCIÓN DE REFERENCIAS AL DÍA

Para reducir los tiempos de setup y ociosos de la maquinaria, se estableció un flujo del proceso de operación de la misma, en donde se identificaron las actividades de preparación, puesta a punto y retiro.

2.4.5. DESPACHO DE REFERENCIAS

Se definió el flujo del proceso de despacho de referencias de forma que se pudo contar la información interna de carga y descarga de las órdenes de producción y cajas Heijunka.

2.5. VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS

El medio para la validación de las herramientas heijunka y kanban seleccionadas para este trabajo, radicó en la medición del comportamiento básicamente de los tiempos de despacho de los pedidos solicitados, mediante el seguimiento del tiempo que tarda un pedido en ser procesado, desde su recepción hasta el despacho al cliente; además de los niveles de producción por período.

De acuerdo con la teoría, las herramientas de la metodología Lean Manufacturing son de implementación y resultados visibles en cortos períodos de tiempo, que progresivamente controlan los diferentes tipos de desperdicios que se pueden generar en la cadena de valor del proceso de producción mediante un comparativo de las situación inicial versus la situación luego de la implementación o final mediante el comportamiento de:

- Producción por período
- Producción promedio

- Producción máxima
- Producción mínima
- Tiempo de despacho
- Variación de la producción

Se compararon los niveles de productividad antes y después de la implementación lo que da como resultado la nueva cadena de valor.

El tiempo requerido para la validación de las herramientas seleccionadas se ha fijado en 8 meses, tiempo en el cual se implementan las herramientas y los indicadores de despachos y producción hayan estabilizado su tendencia, para que demuestre la eficacia de la implementación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL

Reyes Industria Textil Cía. Ltda., es una empresa dedicada a la producción de calcetines en líneas deportiva y casual, teniendo como mercados principales las ciudades de Quito, Cuenca, Ambato, Loja, Riobamba y parte de la Costa ecuatoriana. Fundada hace más de 25 años, la empresa ha evolucionado desde un taller de producción casera, hasta que hace 12 años se constituyó como una Compañía Limitada. Durante su período de funcionamiento, ha tenido una serie de cambios para el mejoramiento de sus procesos mediante la actualización de su tecnología y adecuación de su planta de producción con activos que superan los quinientos mil dólares.

En cuanto a la organización de la planta de producción, la misma tiene dos secciones: Tejido y Acabados. En Tejido se emplean 15 máquinas circulares de pequeño diámetro, en donde se producen los calcetines sin terminar. En Acabados cuenta con 5 máquinas en donde las prendas sin terminar se remallan para cierre de punteras, luego pasa a un proceso de termofijado en el que se define la forma de la prenda, se unen en pares para luego ser empacadas por docenas y despachadas de acuerdo con los pedidos. La empresa está compuesta por 14 personas, de las cuales 4 alternan tareas de producción con administrativas. Por otra parte, el proceso de tejeduría mantiene producción durante dos turnos en Tejido y uno en Acabados, y en temporada alta correspondiente a los meses de febrero, marzo, abril, julio, agosto y septiembre en Tejido se opera 24 horas.

Dentro del aspecto de producción, la planta procesa a un ritmo promedio de 750 pares de calcetines por día de trabajo, y tiene una facturación mensual promedio sobre los veinte mil dólares.

Durante la jornada de trabajo se producen varios modelos, para lo cual se hacen

cambios en la maquinaria y en el proceso de producción, los mismos que se convierten en tiempos ociosos de aproximadamente 2 horas por jornada de trabajo, lo que a su vez genera retrasos en cumplimiento de pedidos.

Por otra parte, se observan desperdicios en el uso de materia prima y productos en proceso, generando mermas en la producción; se observan actividades en la planta que entorpecen el flujo continuo de la producción y el desarrollo de actividades; por lo que es demostrable que la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing va a generar las alternativas de mejoramiento en los procesos, con miras a incrementar la productividad.

La definición de valor en los productos que son comercializados por la empresa corresponden a un sector consumidor que requiere especificaciones de calidad elevadas, a precios accesibles y en tiempos de respuesta cortos. La materia prima empleada básicamente es adquirida en el mercado nacional, con excepciones de elementos que no existen en la producción interna o que su nivel de oferta en el mercado es muy bajo.

Internamente, la empresa cuenta con personal operativo calificado por la misma, esto implica una capacitación y formación continua del capital humano con respecto a las actividades inherentes de sus puestos de trabajo, así como de los requerimientos de calidad del cliente, razón por la cual, constantemente se hacen cambios y mejoramiento, tanto de las instalaciones de producción como la renovación tecnológica con máquinas versátiles que facilitan la disponibilidad de capacidad productiva y con controles autónomos en las mismas que las hacen más confiables en sus procesos.

En la planta de producción se encuentran instaladas 14 máquinas tejedoras en la sección de Tejido como se detalla en la Tabla 3.1. De este proceso como resultado se obtienen calcetines sin terminar, para luego pasar a Acabados en donde se finalizará la cadena de producción.

Dentro de este subproceso, en la sección se diferencian tareas internas y

externas con respecto a la maquinaria, entendiéndose como internas a todas las actividades que el trabajador hace con la máquina fuera de servicio y externas las realizadas por el trabajador mientras la máquina se encuentra en producción.

Las tareas internas que se definen son:

- Carga de material.- materia prima necesaria para la referencia solicitada.
- Programación.- carga del programa de fabricación de la referencia solicitada y ajustes de elementos electrónicos.
- Calibración de producto.- ajustes mecánicos en la máquina para efectos de tipo de malla de tejido.
- Definición del contador de prendas.- ajuste de la cantidad del lote a fabricar.
- Tejido de prenda de prueba.- tejido de muestra de la referencia a producir.
- Verificación de especificaciones.- verificación de cumplimiento de características requeridas con respecto a color, tamaño, forma y diseño.

Las tareas externas corresponden a:

- Control de funcionamiento de máquinas.
- Control de fallas en el producto.

Tabla 3.1. Maquinaria de tejido de calcetines

Tipo de Máquina Tejedora	Cantidad	Capacidad de producción total diaria en unidades
Mecánicas	2	100
Electromecánicas	4	200
Electrónicas	8	450
TOTAL	14	750

En la sección de Acabados, se cierran las puntas de los calcetines, se hace un tratamiento de suavizado por impregnación, secado, vaporizado y empaçado, para lo cual cuenta con 6 máquinas, detalladas en la Tabla 3.2. Es importante

resaltar que en acabados la capacidad de producción es una sola pues las operaciones se realizan en secuencia, por lo cual no se pueden sumar las capacidades como en el caso anterior.

Al momento, las máquinas overlock y urladora tienen utilización intermitente, por lo que la capacidad de producción diaria se mantiene constante.

Tabla 3.2. Máquinas y herramientas de acabados

Máquina	Cantidad	Capacidad de producción diaria en unidades
Remalladora	2	900
Overlock	1	700
Urladora	1	700
Centrifugadora	1	900
Secadora	1	900
Vaporizadora	1	900
CAPACIDAD PICO	7	900
CAPACIDAD REAL	7	700

En los registros de producción de la empresa, se observó que en el año 2012 se produjeron 176 474 unidades con un costo de producción de 155 600 dólares lo que generó una productividad o rendimiento inicial de 1,13 unidades /dólar. Este resultado implica que por cada dólar de costo de producción se fabricaban 1,13 unidades.

Conocidos los recursos con los que cuenta la empresa, se detallaron los procesos que se debían cumplir para realizar los despachos de los productos de la empresa mediante un diagrama de flujo como consta en la Figura 3.1.

En el Anexo 1, se muestran los formatos de caracterización de los principales procesos operativos en la producción de la empresa.

Inicialmente la producción se planificaba de acuerdo con los pedidos que

llegaban, sin definir cantidades máximas o mínimas de los productos que se van a fabricar, es decir, simplemente se traspasan pedidos a producción y se completa un pedido a la vez, se observa que de acuerdo con la maquinaria instalada, por el hecho de orientar toda la producción a un solo pedido, se generan colas de espera para despachos de 26 días en promedio, y con picos de entrega de 125 días, lo que generaba insatisfacción en el cliente.

Por otra parte, por temporadas existen pedidos especiales, ya sea por equipos deportivos y uniformes escolares, aparte de la producción de línea. En los tipos de pedidos que se satisfacen, se tiene como punto de retraso los productos de línea.

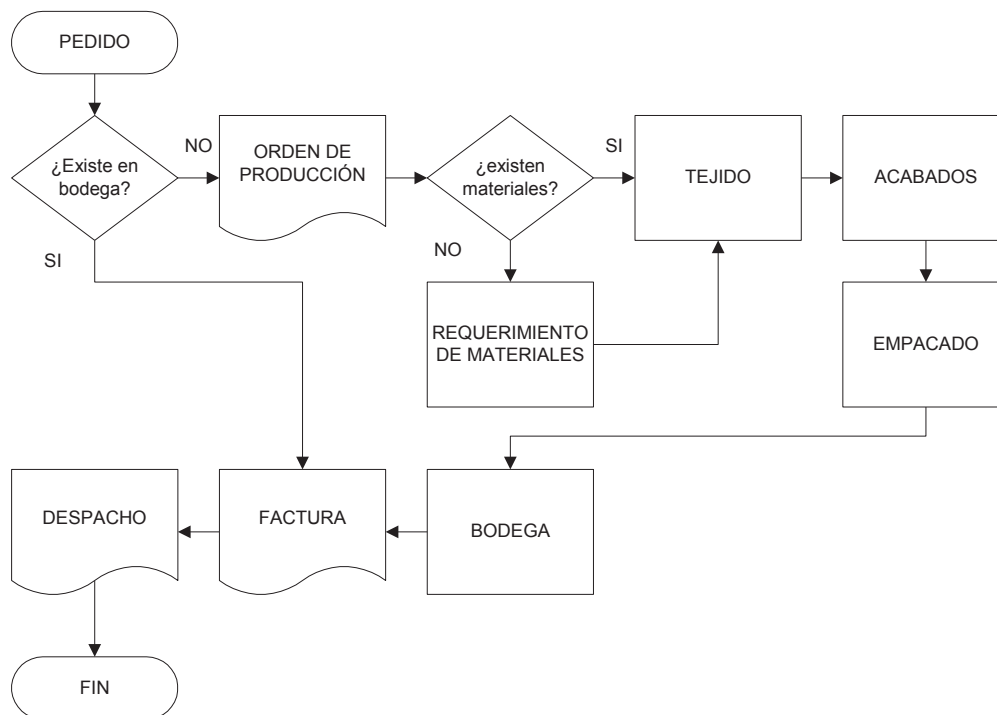


Figura 3.1. Diagrama de flujo del proceso productivo de Reyes Industria Textil Cía. Ltda., 2012

Los productos de línea son los que salen al mercado común, de los cuales se demandan varias referencias o modelos, en cantidades pequeñas, inferiores a 60 unidades. Para satisfacer esta necesidad, se producen lotes grandes de 180 unidades, para cubrir pedidos de línea, lo cual genera retrasos en los despachos de pedidos y el manejo de inventarios en bodega, tiempos de espera hasta que se hayan completado las necesidades y como resultante se tiene que los pedidos se

despachan en plazos largos y en ocasiones incompletos.

Los tiempos productivos en tejido fueron del 63% y del 75% en acabados, debido a que, en el primer caso de 16 horas programadas 10 son productivas, o se genera valor; en el segundo caso existen 8 horas programadas y 6 horas de producción, lo que resulta en una eficiencia promedio del 72 %, como se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Eficiencia inicial del tiempo de producción, 2012

ÁREA	HORAS PROGRAMADAS	HORAS TRABAJADAS	EFICIENCIA
Tejido	16	10	63%
Acabados	8	6	75%
Eficiencia promedio:			72%

Debido a la producción de lotes grandes, no era posible completar los pedidos a despachar de una forma adecuada, por esta razón no se puede cumplir con los requerimientos de todas las referencias de cada pedido en cada día de producción, esto quiere decir que para que se complete un pedido, se debía acumular la producción de varios días, lo que generaba acumulación de inventario y demoras en los despachos de los pedidos efectuados por los clientes. Consecuentemente, se generaban inventarios o sobre producción de referencias que tenían una rotación más lenta en el inventario, lo que conllevaba costos adicionales de almacenamiento y mantenimiento de inventarios. Se identificaron los siguientes problemas o deficiencias que están generando como resultado un bajo rendimiento o productividad:

- Planificación de la producción deficiente, se da porque se produce sin respaldo o intuitivamente, esto implica que la producción se planifica de acuerdo con la experiencia, lo que por ende genera variación en la cantidad y tipo de referencias requeridas con las producidas, es decir, no se produce lo que se necesita ni en las cantidades adecuadas.
- Lotes de producción muy grandes, al producir de forma intuitiva, se

producen cantidades grandes con respecto a lo que se debería despachar, esto implica que se produce en exceso unas referencias, y no se producen otras necesarias para completar los pedidos requeridos por el cliente.

- Al no tener órdenes de producción relacionadas con los pedidos, tanto en referencia como en cantidad, se generan inventarios hasta que se completen las referencias necesarias para despachar los pedidos; cuando ya se han despachado, quedan inventarios innecesarios en la bodega de productos terminados.

De acuerdo con los cambios implementados tanto en la organización de la producción, lanzamiento de órdenes de pedido y balanceo de las cargas de trabajo, con base en Lean Manufacturing con las herramientas Heijunka y Kanban, los resultados que se obtienen de ellas, se detallan, básicamente en el comportamiento de la producción, tomando en cuenta que los recursos con los que cuenta la empresa, no variaron durante la ejecución de esta implementación, por lo que en primera instancia se demuestra el incremento de productividad en varios frentes que se detallan más adelante.

3.2.MAPEO DE LA CADENA DE VALOR INICIAL

En el Mapeo de la Cadena de Valor, se muestra la red lógica de producción de la empresa, desde los proveedores hasta la llegada al cliente, que en este caso es el punto de venta. La Figura 3.2 muestra la situación inicial de la empresa, en donde se observa que el requerimiento de producción se maneja centralizadamente desde planificación; de ello se derivan tanto la requisición de materias primas para cada pedido que llega desde los clientes, como la entregas de pedidos.

La producción se canaliza desde los pedidos de los clientes, se agrupan todos los requerimientos de pedido y se procesan en conjunto, esto quiere decir que por cada referencia se producen lotes grandes de 100 unidades en promedio. En planificación de producción se revisan existencias de inventarios en bodegas,

tanto de materia prima MP como de producto terminado PT. En la bodega de PT se encuentran las existencias de productos listos para el despacho, es decir que solamente deben ser asignados para el cliente y despachados.

En el caso de que no se cuente con la existencia necesaria del producto, se realizan órdenes de producción, para lo cual en planificación se verifican las existencias de materias primas necesarias para la producción, en caso de no contar con materias primas, se realiza un pedido a proveedores, con un tiempo de entrega de 5 días en promedio.

Cuando ya se ha empezado la producción, tiene un tiempo de procesamiento de 25 horas entre tejido y acabado por cada 600 unidades en 6 referencias; en este punto se maneja un almacenamiento intermedio de producto en proceso PP, debido a que la producción que se genera de tejido se procesa en conjunto al día siguiente en acabados.

Luego de terminado el proceso se controlan cantidades y se almacenan en la bodega de PT. En esta bodega los productos tienen un tiempo de espera promedio de 20 días, debido a que, por ejemplo, en un pedido promedio se solicitan 15 referencias y se producen 6, por lo tanto se tiene un tiempo para completar pedidos de 3 días, y 1 adicional por efectos de facturación, despachos y entrega.

Este procedimiento se aplica para un pedido, pero debido a que se procesan todos en lote, el tiempo de 4 días se extiende de acuerdo a la cantidad de pedidos que se deban satisfacer, esto se comprueba al analizar que la diferencia de las fechas en las que se efectuaron los pedidos por parte del cliente y se les entregó el producto existe un tiempo promedio de 26 días.

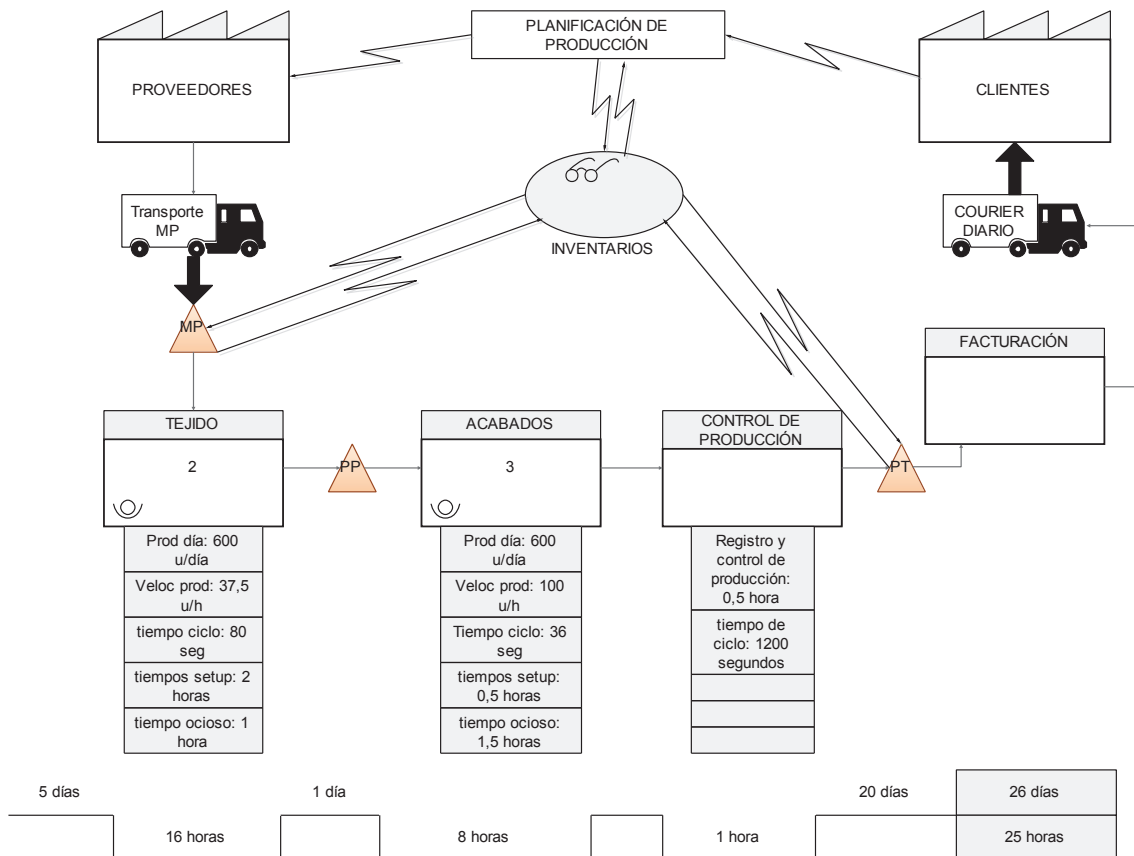


Figura 3.2. Cadena de valor actual de Reyes Industria Textil, 2012

3.3. IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS Y SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

Con la aplicación del Mapeo de la Cadena de Valor se observa que los principales desperdicios radican en:

- Sobreproducción, se generaban inventarios que tenían un tiempo de estadía en la bodega de productos terminados por 20 días antes de ser despachados al cliente.
- Tiempos ociosos, en tejido y acabado eran de 2,5 horas entre las dos secciones.
- Inventarios innecesarios, en la bodega de productos terminados no se podían completar los pedidos para ser despachados, pues las referencias solicitadas por los clientes no eran producidas en períodos

cortos, lo que significa que se producían cantidades de referencias innecesarias.

El desperdicio de sobreproducción se daba al fabricar lotes de transferencia igual al lote de producción, esto quiere decir que se procesaban lotes grandes de pocas referencias en una sola jornada. Lo que generaba inventarios grandes en espera para ser despachados al cliente.

Para iniciar con el estudio de las implementaciones a realizar, se determinó la productividad del tiempo a partir la relación porcentual entre las horas programadas para producción y las horas empleadas efectivamente en la producción, entendida como el porcentaje de cumplimiento de las horas de trabajo que se pueden aprovechar para la producción.

La Figura 3.3 muestra la secuencia por la cual los desperdicios identificados se generan y la fuente en donde se deben aplicar las herramientas Lean Manufacturing de acuerdo con su naturaleza, de tal forma se identifican los problemas o deficiencias que están generando como resultado un bajo rendimiento o productividad en los siguientes aspectos:

- Planificación de la producción
- Tamaño de los lotes de producción
- Uso de órdenes de producción.

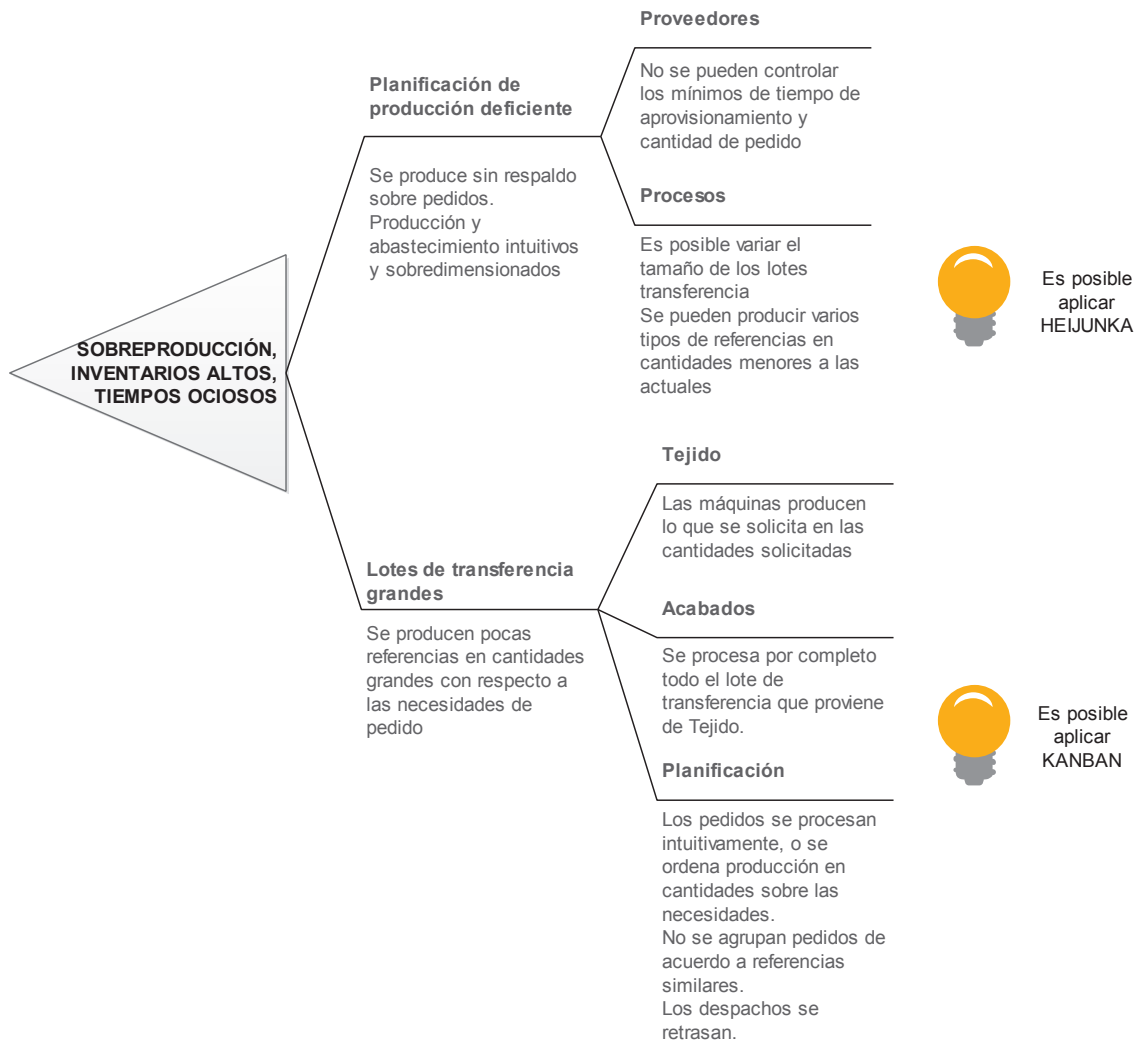


Figura 3.3. Relación de desperdicios con la fuente de generación

Tomando en cuenta que las principales causas de retrasos en el cumplimiento de pedidos y por ende reducción de productividad eran la sobreproducción e inventarios innecesarios por la producción de lotes de transferencia grandes con pocas referencias, con referencia a la utilidad de las herramientas de Lean Manufacturing mostradas en la Tabla 1.1, se propuso el empleo de las herramientas heijunka y kanban, las mismas que se implementaron con la finalidad de nivelar las cargas de trabajo, mediante el tamaño de los lotes de transferencia para la producción diaria y la cantidad de referencias necesarias para satisfacer los pedidos, como medio de reducción de los tiempos de despacho de los mismos. Para dicha nivelación se calcularon los requerimientos de producción para cada jornada de trabajo, con lo que se generó el efecto de arrastre y se incrementó el flujo de inventarios, reduciendo los mismos como

muestra la Figura 2.1.

De acuerdo con las observaciones encontradas tanto en el mapeo de la cadena de valor como en el análisis de la situación actual, la implementación de las herramientas heijunka y kanban se centró en controlar el inventario innecesario y como consecuencia la sobreproducción, mediante la aplicación de kanban y heijunka, como medio de control de los desperdicios encontrados, de acuerdo con la Figura 3.4.

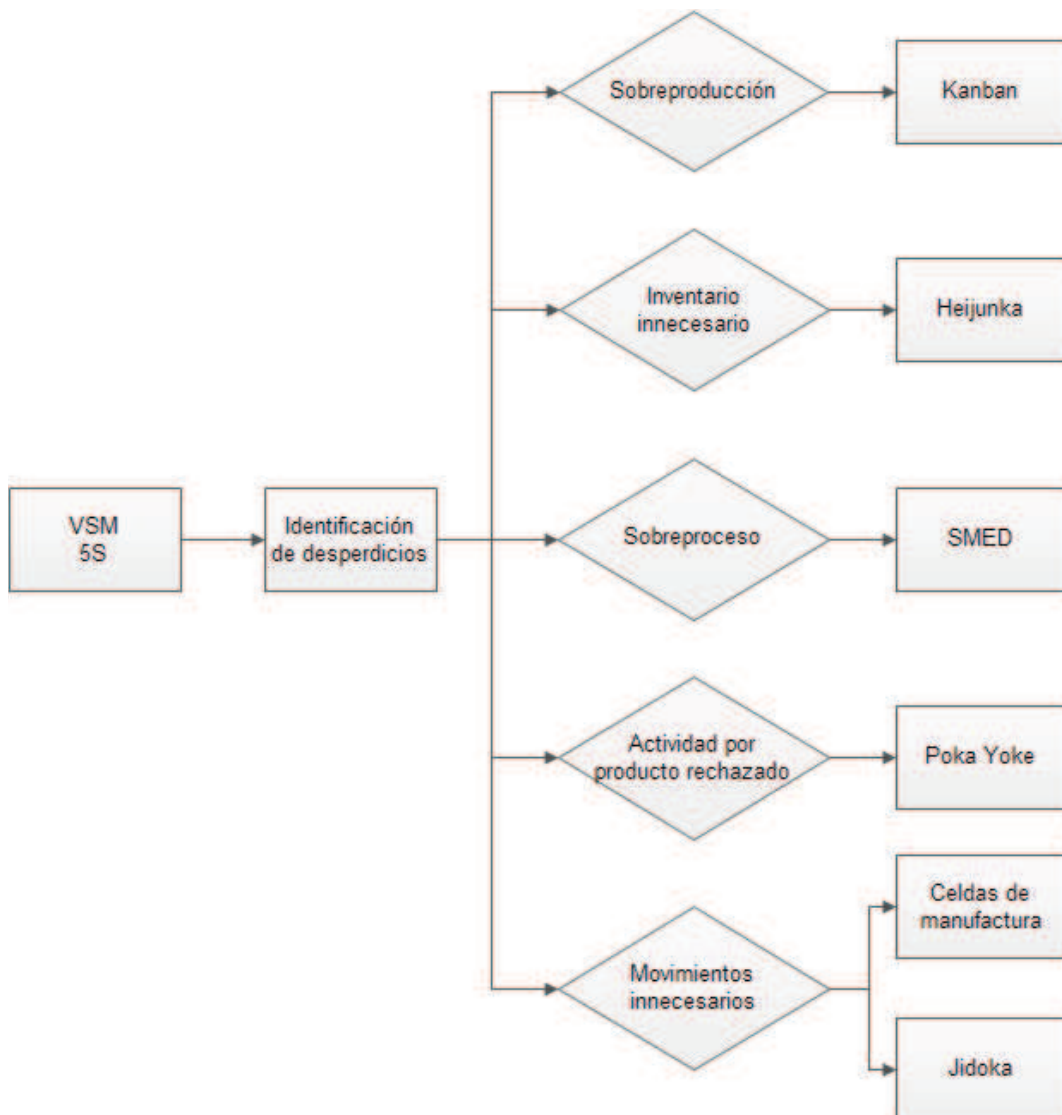


Figura 3.4. Esquema de selección de herramientas

3.4. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

3.4.1. MÓDULOS DE PRODUCCIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE PEDIDOS

Un punto importante a tomar en cuenta dentro de la planificación de la producción es la condición de que se satisfacen 3 tipos de pedidos:

- Producción de línea, existen muchas referencias en cantidades bajas.
- Equipos deportivos, existen pocas referencias en cantidades bajas.
- Uniformes escolares, existen pocas referencias en cantidades altas.

De acuerdo con la información de la empresa, se sabe que no existían retrasos en la entrega de pedidos de equipos de fútbol ni uniformes escolares, básicamente el punto de conflicto se daba en los pedidos de línea, encontrando como razón aparente que la planificación inicial hacía que existan inventarios altos de productos que no se despachaban pues no existían las referencias necesarias para cumplir con la demanda de pedidos, independientemente de la temporada, pues en la misma, únicamente se aumenta un turno de producción en Tejido, para incrementar el volumen de producción.

En las 8 máquinas electrónicas existía un conflicto, pues las referencias de equipos deportivos, uniformes escolares y producción de línea se fabricaban en las mismas máquinas, de tal forma para la creación de los lotes de pedido, se tomaron en consideración los siguientes puntos:

- Cantidad unidades por tipo de producción.
- Priorización de pedidos.
- Disponibilidad de maquinaria.

Debido a que los pedidos que se realizan, se hacen básicamente con los mismos

materiales en diferentes combinaciones, en la bodega de materia prima se manejan inventarios mínimos de los materiales básicos para la producción, dejando para adquisición especial, los materiales que se requieran para la producción de productos personalizados, especialmente en lo referente a equipos deportivos.

3.4.2. DEFINICIÓN DE LOTES

De acuerdo con la información recopilada durante el año 2012, se observó que los clientes requerían en promedio por cada pedido 12 referencias cada 30 días calendario, entendiendo como tal cada ítem que se factura de acuerdo con el modelo y talla del producto. La empresa comercializa 102 referencias, lo que de acuerdo con la maquinaria instalada, no se pueden fabricar todas los requerimientos al mismo tiempo.

Otro punto importante, radica en que debido a la cantidad de referencias, los clientes pueden hacer muchas combinaciones, lo que implica una restricción para generar secuencias de producción de referencias, para lo cual se propone el siguiente procedimiento:

1. Jerarquizar los ítems más vendidos: implica que por cada ingreso de pedidos se deben tabular las referencias solicitadas, de forma que se pueda priorizar la producción, para el balanceo de la carga de trabajo por cada máquina.
2. Distribuir las referencias solicitadas para cada máquina, de forma que se asignen cargas de producción a cada una, para que las referencias solicitadas se fabriquen simultáneamente y los pedidos se despachen completos y a tiempo.
3. Mantener el procedimiento para la definición de los lotes, para la posterior planificación de la producción.

La Figura 3.5 muestra el diagrama con el cual se sistematiza el procedimiento

para la definición de lotes de producción, para el cumplimiento de pedidos.

En referencia al estado de los pedidos, se observó que existía una alta variabilidad en el tiempo de despacho con tiempos que oscilaban desde 10 hasta 21 días. De acuerdo con el desempeño inicial del proceso se determinó que los pedidos se podían despachar en menor tiempo tomando en cuenta los siguientes puntos:

- La producción se estaba planificando en lotes grandes por cada referencia, en promedio 120 unidades por cada una. Conocido que una máquina puede producir en promedio 70 unidades por referencia en cada jornada de trabajo de acuerdo con los datos históricos de producción, en un día de trabajo por cada máquina se va a cubrir la necesidad de una referencia, eso quiere decir que por día de trabajo, tomando en cuenta toda la capacidad instalada de máquinas se podrían fabricar 980 unidades.
- Debido a que existían pedidos que se fabricaban en tiempo de entrega de un día, se limitaba la capacidad del resto de la planta, pudiendo disponer de maquinaria para producción de línea en un 60%, esto implicaba que para pedidos se podían producir 588 unidades por día de trabajo, lo que implicaba que por día se podían producir apenas 5 referencias diferentes para cubrir los pedidos.
- En los registros de pedidos se observó que por cada cliente se solicitan como máximo 60 unidades por cada referencia, lo que permite determinar en primera instancia el tamaño promedio requerido de lote por cada necesidad de producción.

La aplicación de la herramienta Heijunka o balanceo de cargas de producción, radica en que se deben distribuir las cargas de producción para cada máquina, con la finalidad de que todas se encuentren trabajando para la orden de producción a cubrir.

Mediante el procedimiento descrito anteriormente, se totalizan las órdenes de pedido, luego se asigna la carga de trabajo para cada máquina disponible de

forma que todas tengan cargas de trabajo similares. Se corre la aplicación del procedimiento de planificación con balanceo de cargas de trabajo con lo cual se obtiene una mayor utilización de la capacidad de la planta, para que posteriormente se defina la orden de producción por cada máquina.

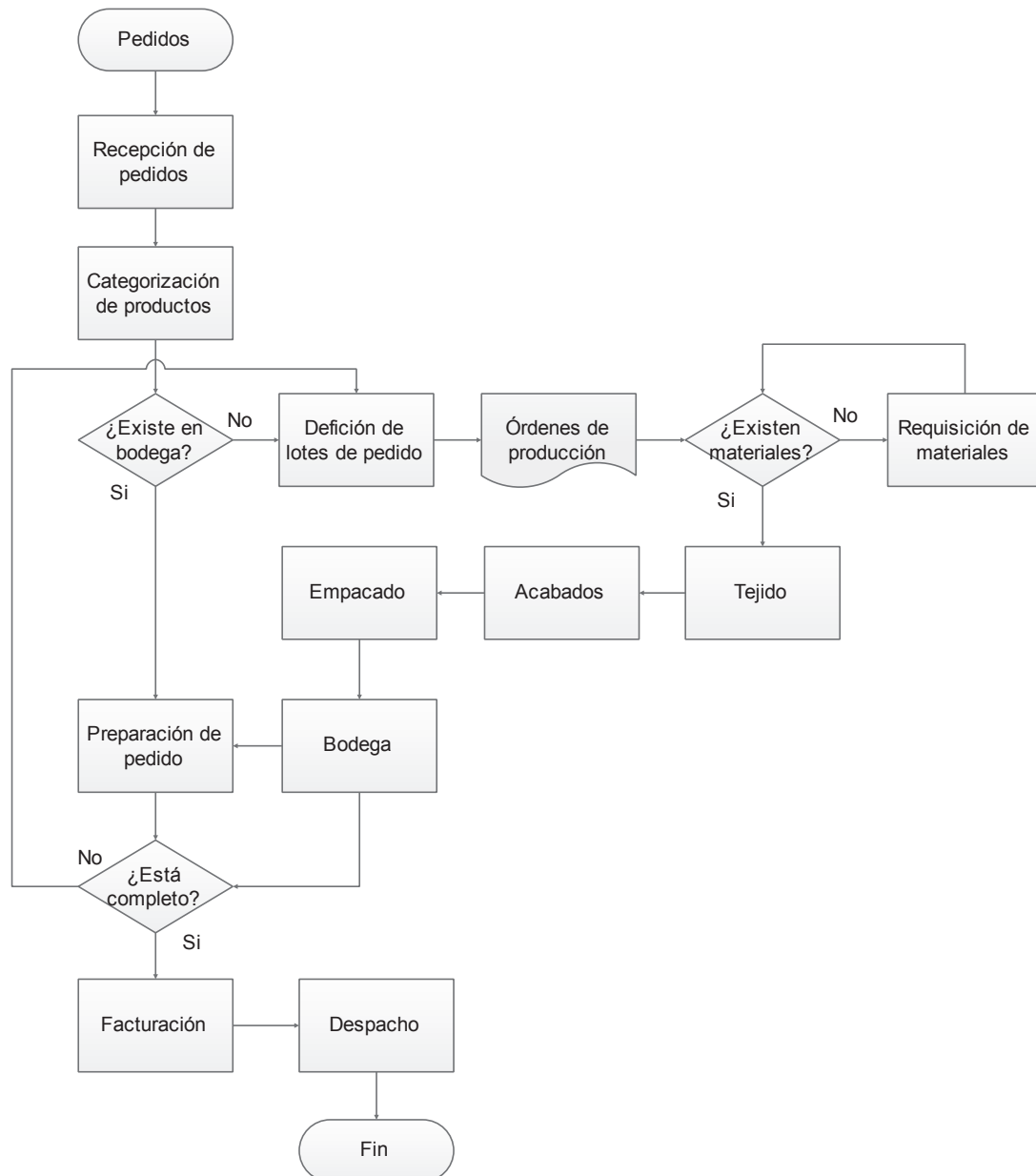


Figura 3.5. Diagrama de flujo del proceso productivo propuesto para Reyes Industria Textil

En el caso estudio, no es relevante el cálculo del takt time y pitch time, debido a que por la naturaleza del sistema de producción, por ser en masa e intermitente,

no brindan información importante para el balanceo de cargas para cada máquina. Para el efecto de asignación de cargas de trabajo para cada máquina se aplica una caja Heijunka mediante la cual se asigna la producción que se va a comprometer de acuerdo con cada máquina como se muestra en la Figura 3.6.

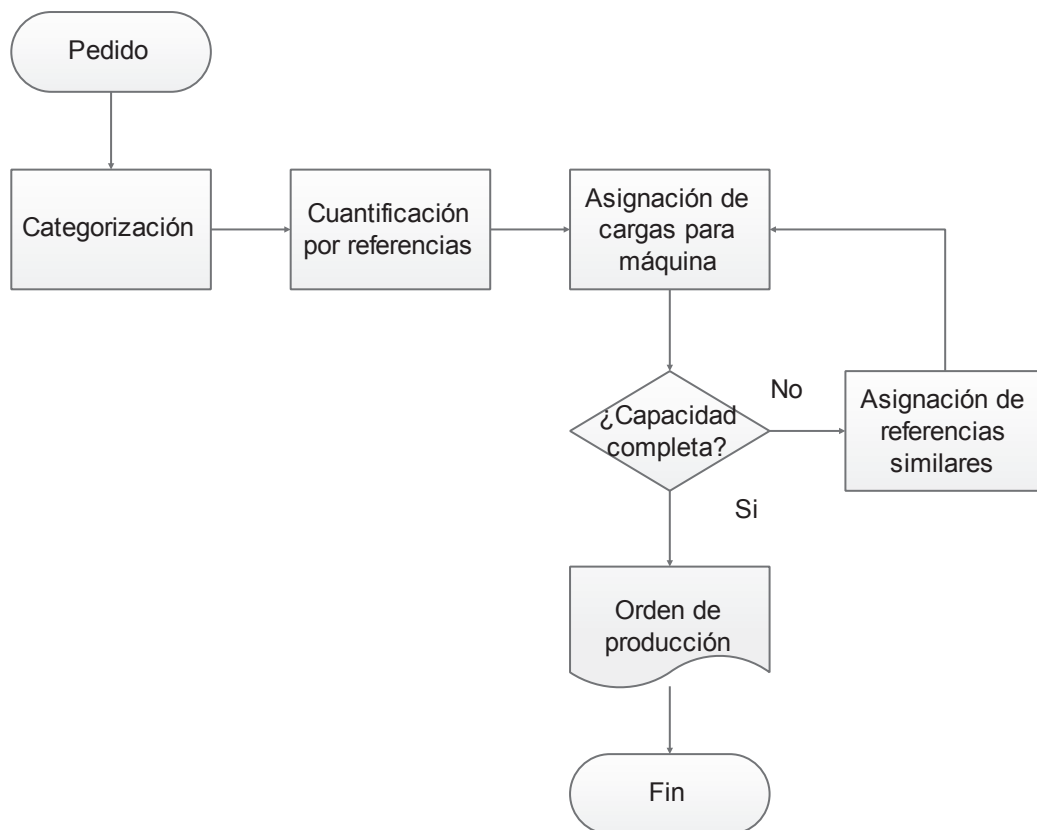


Figura 3.6. Diagrama de flujo para la asignación de cargas en caja Heijunka

3.4.3. CAJA HEIJUNKA Y ÓRDENES DE PRODUCCIÓN KANBAN

Para el desarrollo del proceso de balanceo de cargas en la línea de producción se hace necesario el desarrollo de una herramienta que cumpla con la función de graficar la capacidad de producción de cada máquina y la asignación de cargas de trabajo que cada una tenga, para ello se desarrolla un formato en hoja electrónica en donde se asigna por día la carga de trabajo que cada máquina va a tener por jornada de trabajo.

Cuando se haya asignado el total de la capacidad de la máquina, se pueden definir los pedidos que se van a despachar, de esta manera el tiempo que transcurra desde la toma del pedido, hasta el despacho se verá reducido notoriamente. La Figura 3.7 muestra una impresión de la pantalla con el funcionamiento de la caja Heijunka para una máquina, donde se pueden asignar las capacidades de producción por máquina, en la que se pueden generar alarmas cuando la capacidad de la máquina se ha excedido.

REYES INDUSTRIA TEXTIL Cia. Ltda.				REYES INDUSTRIA TEXTIL Cia. Ltda.			
CAJA HEIJUNKA				CAJA HEIJUNKA			
FECHA				FECHA			
MÁQUINA				MÁQUINA			
CAPACIDAD	160	Unidades		CAPACIDAD	120	Unidades	
ASIGNADO	168	Unidades		ASIGNADO	96	Unidades	
DISPONIBLE	-8	CAPACIDAD EXCEDIDA		DISPONIBLE	24	DISPONIBLE	
N° PEDIDO	REFERENCIA	CANTIDAD		N° PEDIDO	REFERENCIA	CANTIDAD	
11	X Referencia 1	60		11	X Referencia 1	24	
12	X Referencia 2	60		12	X Referencia 2	24	
13	X Referencia 3	36		13	X Referencia 3	36	
14	X Referencia 4	12		14	X Referencia 4	12	

Figura 3.7. Caja Heijunka

De acuerdo con la asignación obtenida del balanceo de cargas de trabajo mediante la caja Heijunka resultan las órdenes de trabajo a ser emitidas para pasar a producción; de tal forma deben reflejarse, aparte de las referencias y las cantidades asignadas por máquina, la requisición de los materiales necesarios, fecha de ingreso al sistema de producción y fecha de salida de producción, para luego ser despachada al cliente.

Kanban se enfoca en la generación de un sistema de producción de arrastre; esto quiere decir que el proceso productivo debe empezar su funcionamiento cuando las referencias sean requeridas para despacho, de tal forma, las órdenes de producción, tienen el objetivo de proporcionar al sistema un flujo de producción

continuo, y como resultado despachos en menor tiempo. Consecuentemente se va a producir únicamente lo que se requiera para despachos, sin generar inventarios de producto terminado.

El contenido de las órdenes de producción emitidas, con la información requerida para el efecto, están disponibles en el formato que se muestra en la Figura 3.8.

ORDEN DE PRODUCCION		
		N° xxxxxx
Máquina		
Fecha de inicio		
Fecha de finalización		
Requerimientos de Material		
Material	Título	Cantidad
Producción		
Referencia		Cantidad

Figura 3.8. Formato de órdenes de producción

Para la generación de las órdenes de producción se debe cumplir el procedimiento de acuerdo con la Figura 3.9, partiendo de las siguientes actividades:

- Asignación de cargas de trabajo por máquina
- Asignación de materiales para la orden
- Fecha de ingreso a producción
- Fecha de salida de producción

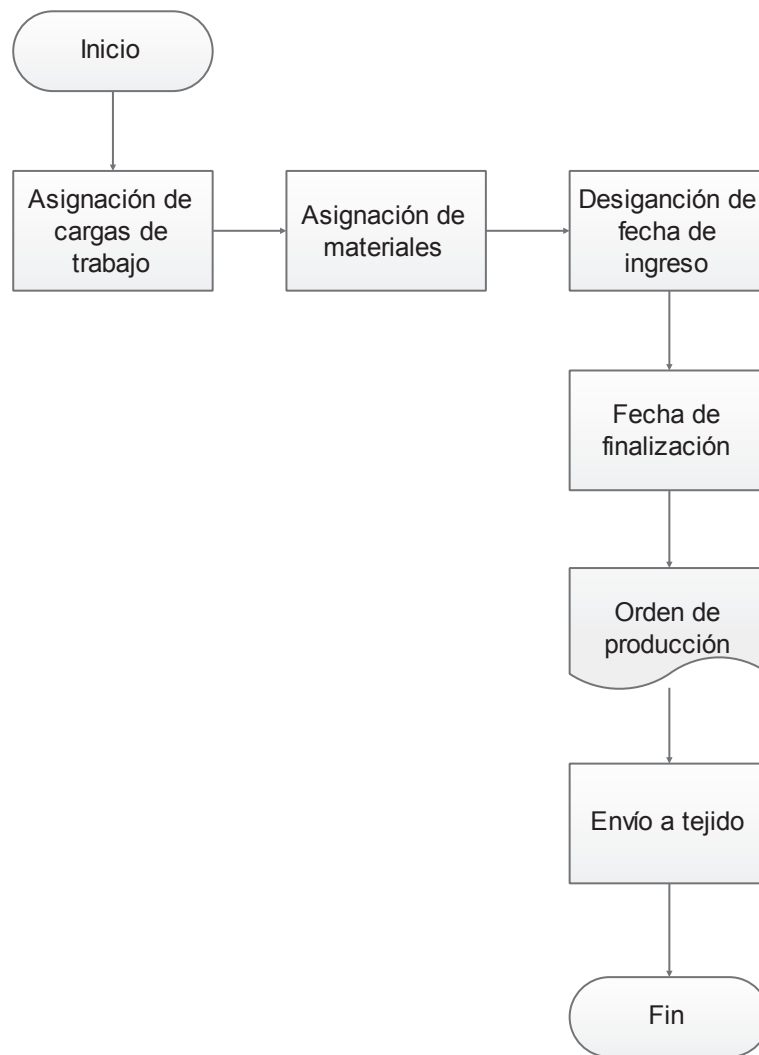


Figura 3.9. Diagrama de flujo de elaboración de órdenes de producción

3.4.4. OPERACIÓN DE MAQUINARIA PARA LA PRODUCCIÓN DE REFERENCIAS AL DÍA

Luego de balancear las cargas de trabajo por máquina y generadas las órdenes de producción, dentro de la planta de producción se deben plantear procedimientos básicos de operación, para evitar que se generen tiempos muertos u ociosos, es decir que las máquinas tengan la menor cantidad de tiempos de para y los tiempos de preparación, puesta a punto y retiro sean adecuados y de la misma forma evitar que la maquinaria deje de producir.

La Figura 3.10 muestra el proceso de preparación puesta a punto y retiro en donde se arranca desde la orden de producción, los recursos de producción así como los elementos y programas computacionales que contienen los comandos de procesamiento de la maquinaria para la producción de referencias de forma que, antes de iniciar la ejecución de la orden, en la planta se encuentren disponibles y listos para su uso los siguientes recursos:

Materiales

La empresa cuenta con la composición de cada referencia y la cantidad de material que se emplea por unidad, los que al momento de emitir las órdenes, ya se define el tipo y la cantidad de material a ser empleado en la orden.

Programas

Las máquinas son controladas por computador, por lo que para la producción de cada referencia, existen programas informáticos estandarizados, que al ser cargados en el ordenador de cada máquina, la calibran y producen la referencia solicitada.

Puesta a punto

Con ésta actividad se verifica que la referencia que está fabricándose corresponde a la referencia solicitada en la orden de producción, en los aspectos de color, forma, diseño y talla.

Retiro

Es la actividad que abarca tanto el cambio de materiales y programas en las

órdenes de producción como el despeje del área de trabajo.

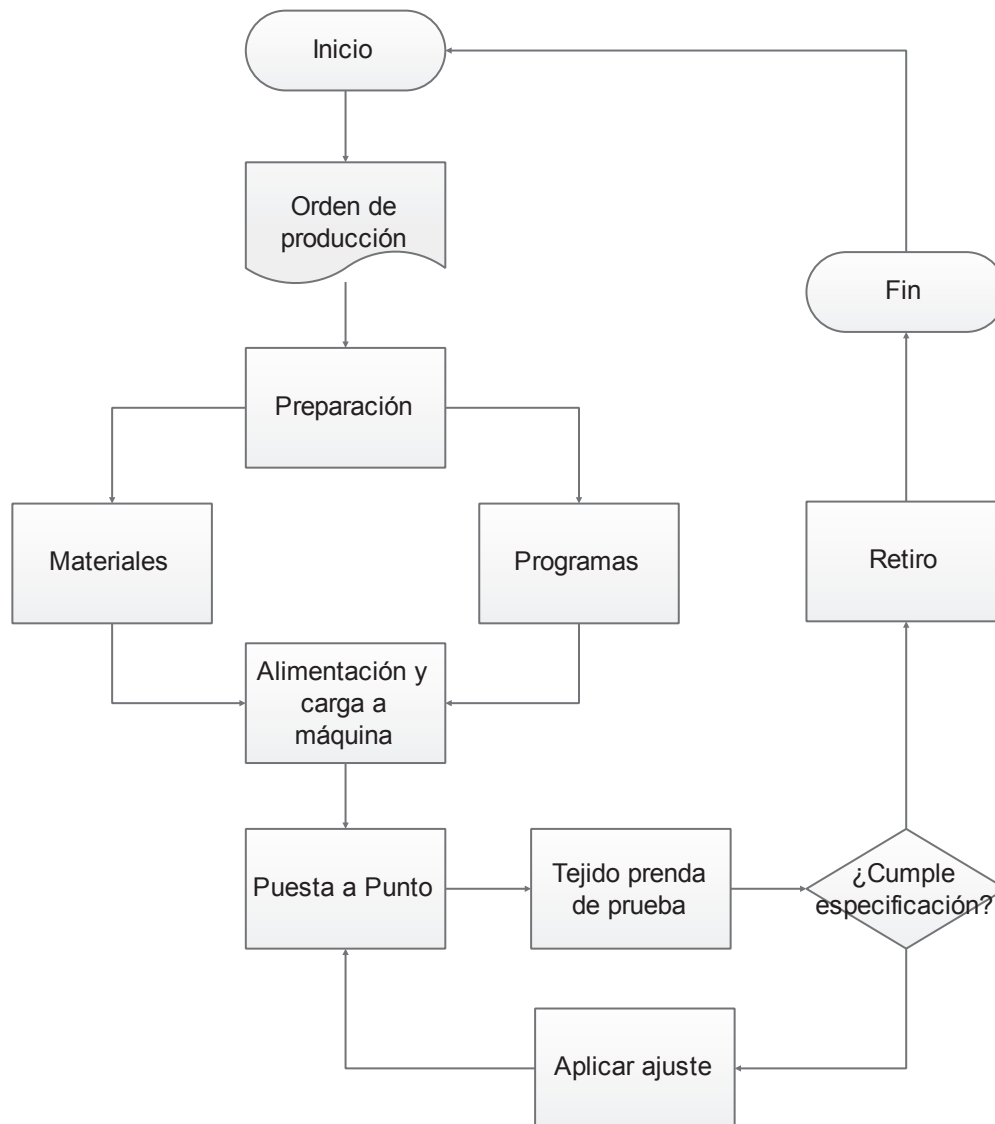


Figura 3.10. Diagrama de preparación, puesta a punto y retiro de órdenes de producción

3.4.5. DESPACHO DE REFERENCIAS

Luego que se hayan completado las órdenes de producción, las referencias fabricadas se acumulan en la bodega de producto terminado para la asignación de los productos a cada pedido, cuando dicho pedido haya sido completado, se procede a la facturación, y despacho, de acuerdo con el procedimiento definido en la Figura 3.11.

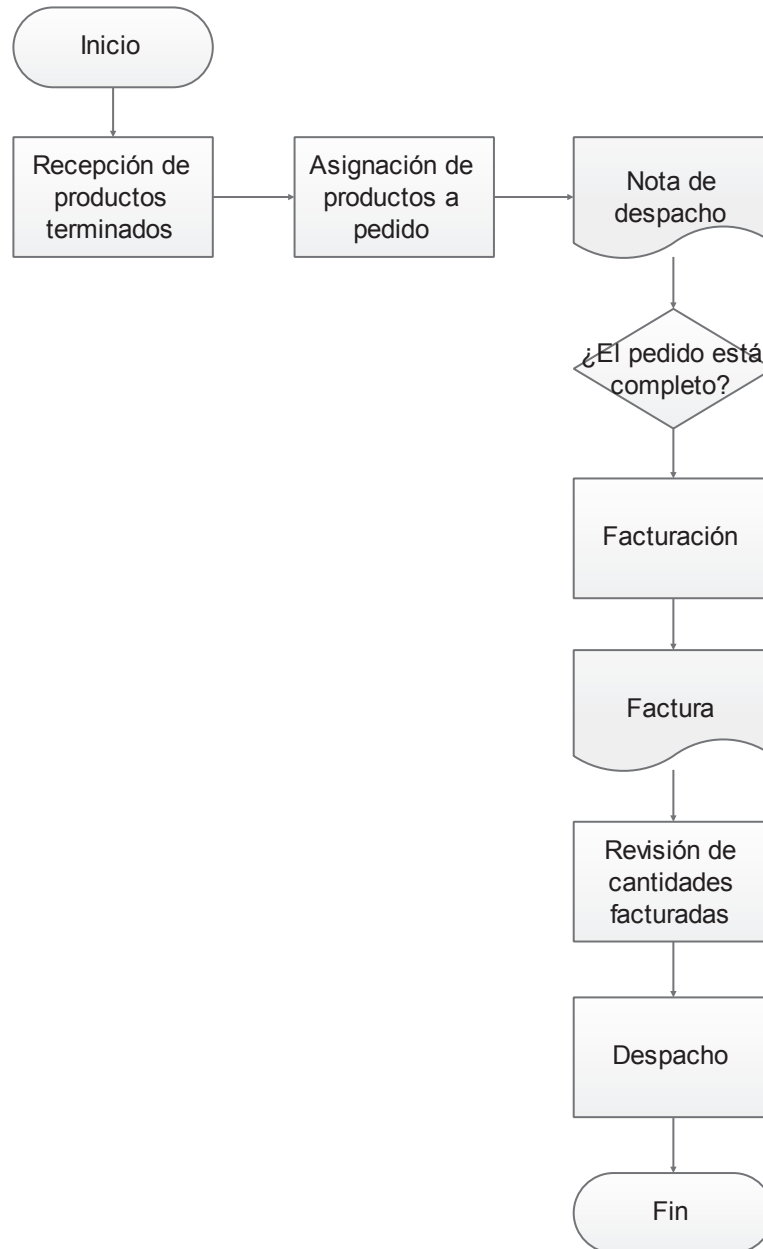


Figura 3.11. Diagrama de flujo del proceso de despacho

Aplicados los cambios en la implementación de las herramientas Lean Manufacturing seleccionadas, los resultados se comprueban mediante la observación del comportamiento de las fechas de recepción de pedidos, y las fechas de despacho, con esto se obtiene el tiempo que se toma para despachar los pedidos, así como los máximos y mínimos de días que se toman para despacharlos.

3.5. EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

Los resultados del trabajo se evidenciaron mediante el seguimiento del comportamiento de los despachos, tiempos de producción y puntos fuera de control antes, durante y después de haber establecido las herramientas en el proceso de producción. La Tabla 3.4 muestra el resumen de los datos obtenidos de los despachos desde octubre de 2012 a mayo de 2013 (ver Anexo 2), en la que se muestran:

- Promedio. El número promedio de días que se disponen para despachar pedidos.
- Máximo. El número máximo de días que se tarda en entregar pedidos por cada período.
- Mínimo. El número mínimo de días que se tarda en despachar pedidos por cada período.
- Desviación estándar. La desviación estándar de días de despacho por cada período.
- Cantidad. La cantidad de unidades producidas por cada período.
- Despachos mayores a 30 días. Corresponde al conteo de pedidos que se tomaron más de 30 días en ser despachados.

En el período de mayo de 2013 se observó un decremento en la producción a 11 842 unidades, debido a que el estudio se cerró a mitad de mes, si se considera que el comportamiento de la producción se mantiene como los tres períodos anteriores, se pronostica que se pueden llegar a producir 20 381 unidades.

Este resultado se logra con el balanceo de cargas de producción, pues con la aplicación de los procedimientos de definición de módulos de producción, lotes de producción y cajas heijunka, se logra una mayor utilización de la capacidad para producir, aumentado el flujo de producción para la preparación de pedidos, de tal forma que se con esto se define el punto de partida para el resto de

implementaciones.

Tabla 3.4. Resumen del comportamiento de producción y despachos de Reyes Industria Textil

MES	PROMEDIO DÍAS DESPACHO	MÁX	MÍN	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	PRODUCCIÓN	DESPACHOS MAYORES A 30 DÍAS
OCTUBRE	26	125	1	33	11482	28
NOVIEMBRE	13	97	1	18	14438	11
DICIEMBRE	9	46	1	10	11438	3
ENERO	8	66	1	11	14757	2
FEBRERO	9	47	1	10	18124	4
MARZO	4	32	1	5	18480	1
ABRIL	6	31	1	6	18407	1
MAYO	9	19	1	6	20381	0

La Figura 3.12 muestra el comportamiento de la producción desde octubre de 2012 a mayo de 2013, en donde se observa que se inició el estudio con una producción de 11 482 unidades, llegando en abril a 18 407 unidades, lo que indica que el incremento de producción llega a 6 925 unidades, lo que corresponde a un incremento en la producción del 60%, esto se define considera un incremento considerable en la producción, debido a que se lograron reducir tiempos no operativos en el proceso que eran resultantes de las órdenes de producción emitidas sin criterio técnico.

3.6. PROMEDIO

La Figura 3.13 muestra el promedio de días que se tarda en despachar un pedido, partiendo en 26 días en octubre de 2012, llegando al punto más bajo de 4 días en el período de marzo de 2013, y llegando a 9 días promedio en el mes de mayo de 2013, en la curva se observa que desde la implementación de las herramientas Lean Manufacturing, el promedio de días de despacho se estabiliza entre 4 y 9 días.

Con el incremento en la producción, se pueden completar las órdenes de pedido de una forma más eficiente, pues se satisfacen necesidades en menor tiempo.

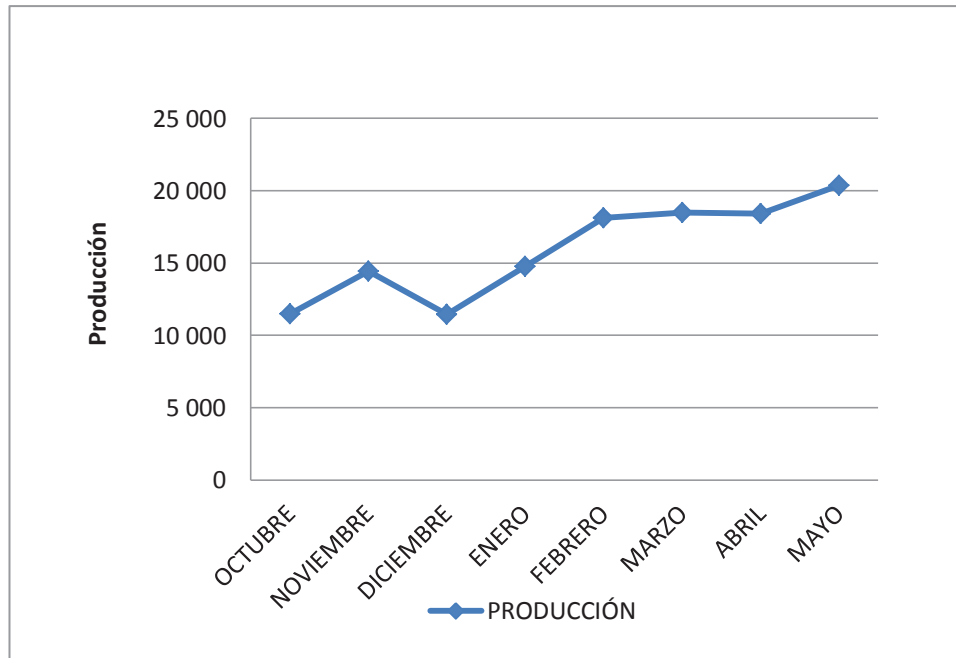


Figura 3.12. Comportamiento de la producción

3.7. MÁXIMO

Al inicio del estudio se observa que el máximo de días que se tarda en entregar un pedido es de 125 días, registrando un descenso sostenido hasta 19 en el mes de mayo, si bien es cierto es una cantidad de días considerable, se debe tomar en cuenta que durante ésta implementación se han despachado pedidos anteriores que han superado los 30 días en espera a ser despachados.

La Figura 3.14 muestra la tendencia de descenso marcado en el máximo de días que se tarda en despachar un pedido.

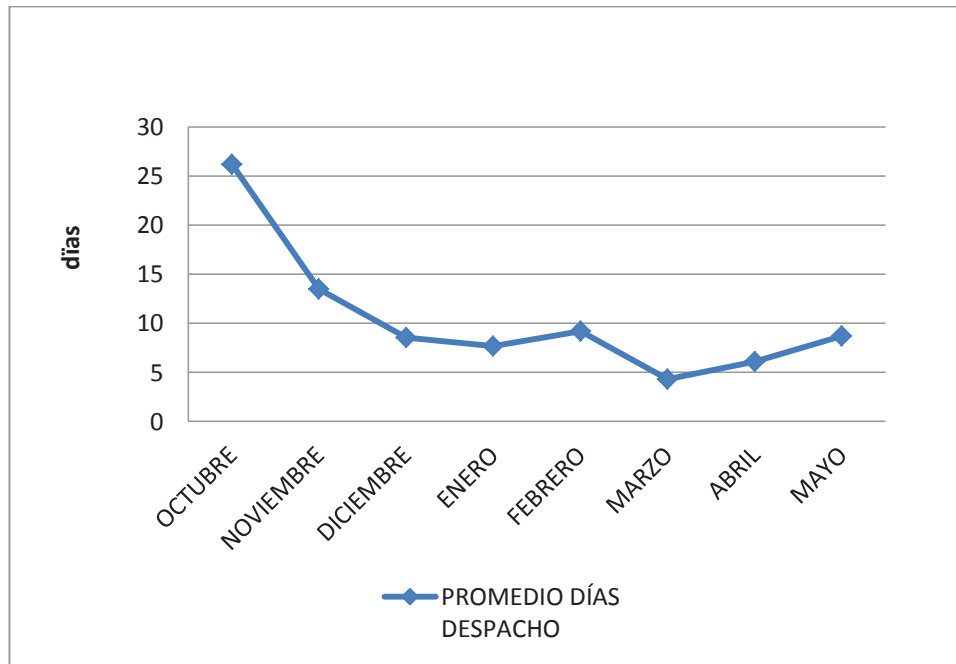


Figura 3.13. Promedio de días de despacho

3.8. MÍNIMO

Durante todo el estudio, se observa que el mínimo de días que se tarda en despachar un pedido es de un día, esto se debe a que como se mencionó en el análisis de la situación inicial, existen pedidos especiales que se deben despachar en un día, siendo los correspondientes a equipos deportivos, donde se recalca la particularidad que en este tipo de pedidos, la cantidad solicitada es baja y se puede disponer de una parte de la capacidad de producción de la planta para este rubro.

Sin embargo, pese a la variedad en los tamaños de pedido que se reciben, el tamaño más grande se ha dado en 600 unidades lo que puede ser cubierto en un día, con el incremento del flujo de producción logrado.

3.9. DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La desviación estándar muestra la variabilidad de días que se tarda en entregar un pedido con respecto al promedio de días; siendo este el caso y analizando en conjunto con el promedio de días para despacho, de parte de un promedio de 26 días con una desviación estándar de 33 días, lo que denota una muy marcada variabilidad en los despachos; llegando al último período con un promedio de 9 días y una desviación estándar de 6 días.

Al analizar independientemente las desviaciones en cada período, se observa con la aplicación de las herramientas, el tiempo de despacho tiende a tener menor variabilidad lo que indica que se regulariza la producción con respecto a los pedidos y tiempos de despacho, como muestra la Figura 3.15.

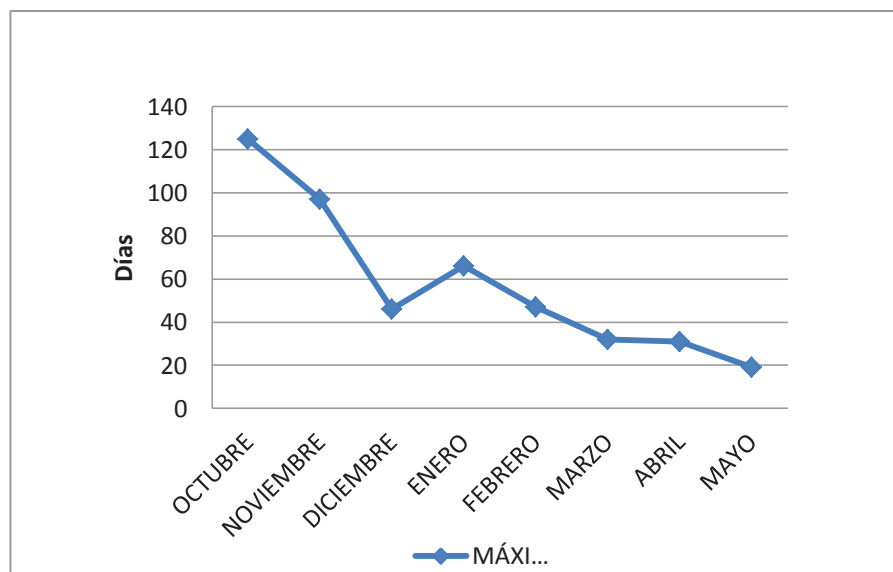


Figura 3.14. Máximo de días de despacho

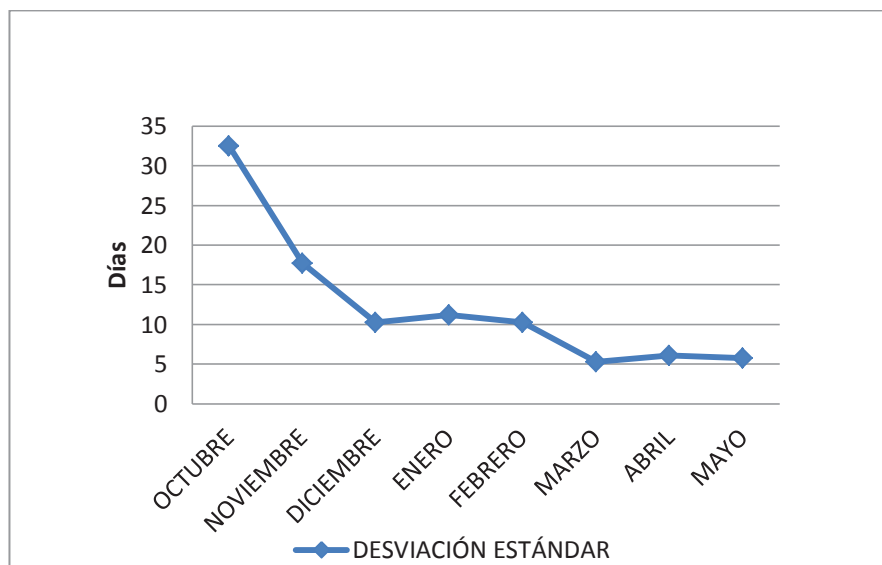


Figura 3.15. Desviación estándar de despachos

3.10. DESPACHOS MAYORES A 30 DÍAS

Un punto importante de referencia en el impacto de la implementación de las herramientas seleccionadas, se encuentra en la reducción de la cantidad de pedidos que se demoran más de 30 días en ser despachados, siendo una línea base para que se haya evidenciado un proceso de mejora.

Al inicio del estudio, se evidencian 28 de 84 pedidos entregados fuera de tiempo, esto corresponde a un 33% de pedidos que en el período estuvieron en procesamiento por más de 30 días antes de ser despachados. Esta cifra indica un alto nivel de ineficiencia en los despachos, lo que corresponde también a un nivel bajo de producción, consecuentemente las demoras en cumplir pedidos inevitablemente son altas.

El final del estudio no se registran despachos sobre los 30 días, esto se debe a que durante el tiempo de implementación, se observa una sostenida reducción de la cantidad de pedidos despachados sobre los 30 días hasta llegar a cero en el último período, la reducción se debe a que durante la implementación de las herramientas Lean Manufacturing en el transcurso de cada período se cubren los

retrasos de períodos anteriores hasta que se llega a satisfacer los pedidos dentro de los 30 días.

En el último período de evaluación, se observa que incluso se ha lograda reducir el límite superior de despacho a 19 días, esto significa que con el último resultado registrado al cierre del estudio, se ha llegado a nivelar el flujo de despachos, a niveles no registrados anteriormente, la Figura 3.16 muestra la reducción de la cantidad de pedidos entregados sobre 30 días.

3.11. PRODUCTIVIDAD

Como punto referencial durante el año 2012 se toma una productividad o rendimiento de 1,13 unidades /dólar; en los cuatro últimos períodos de evaluación, cuando el incremento de producción se ha estabilizado, se han producido 66 853 unidades con un costo de producción de USD 52 000, lo cual genera una productividad de 1,29 unidades /dólar, comparado con la situación inicial, se observa un incremento considerable en la producción, que en promedio se puede mantener en 18 333 unidades mensuales en promedio de acuerdo con las condiciones de los últimos períodos, con lo cual se llegaría a una producción en el año 2013 de 220 044 unidades producidas con un costo estimado de USD 160 000, por lo que se espera que la productividad sea de 1,38 unidades /dólar, logrando un incremento de la productividad del 18%, cómo se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Comportamiento de la productividad

AÑO	PRODUCCIÓN	COSTO DE PRODUCCIÓN	PRODUCTIVIDAD
2012	176 474	155 600	1,13
2013	220 044	160 000	1,38
Incremento			18%

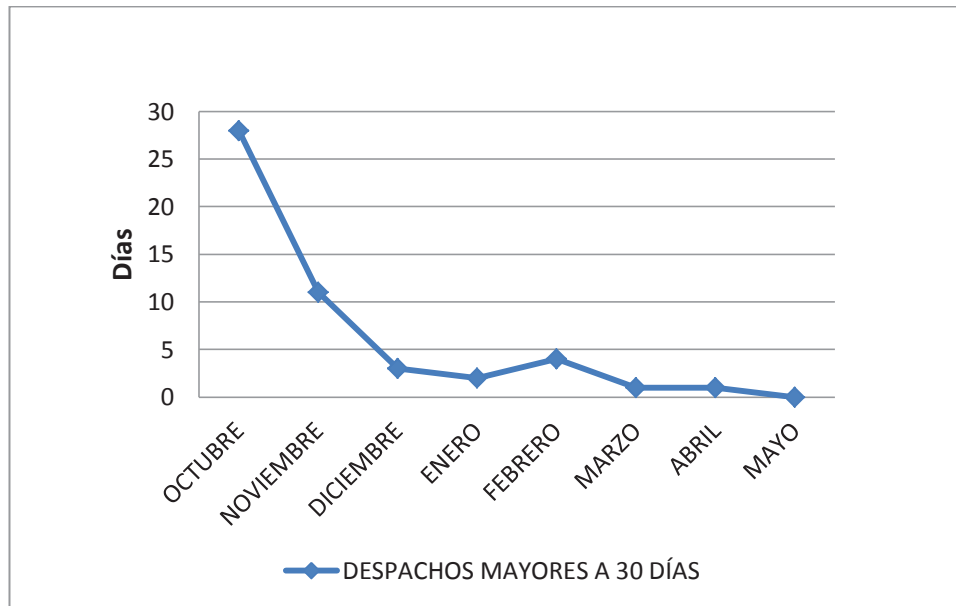


Figura 3.16. Cantidad de despachos mayores a 30 días

3.12. MAPEO DE LA CADENA DE VALOR FINAL

Habiendo implementado las herramientas Heijunka y Kanban en el proceso de producción de Reyes Industria Textil Cía. Ltda., se define el mapa de la cadena de valor final como muestra la Figura 3.17, en donde se observa el resultado final del estudio realizado.

El proceso básico de producción no se ha visto afectado, debido a que el estudio se ha enfocado en un manejo operacional más ordenado, en donde la cadena de valor parte de la orden de pedido para asegurar el desarrollo de producción de arrastre, con ello se ha logrado la reducción significativa de inventarios de producto terminado, pues toda la producción se destina para asignaciones a pedidos.

Con el ordenamiento de las familias de productos mediante la caja heijunka, se racionalizan las órdenes de producción y se evitan tiempos de setup innecesarios y por ende tiempos ociosos.

Luego de la implementación se ha llegado a tener tiempos de respuesta de 9 días en promedio de los 26 iniciales, con lo que se define claramente el incremento productivo de la empresa con prácticamente el mismo número de recursos, lo que confirma el incremento de productividad en el proceso con una reducción del tiempo de respuesta en 17 días.

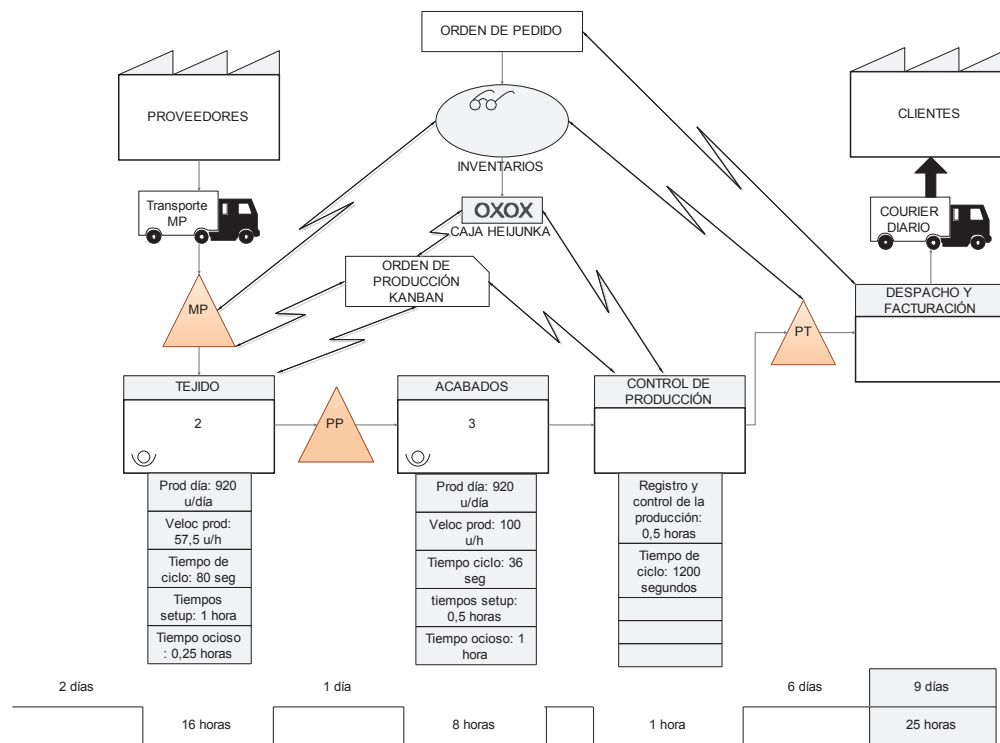


Figura 3.17. Cadena de valor final de Reyes Industria Textil Cía. Ltda., 2013

Es importante definir las interrelaciones que existen entre las partes constitutivas del proceso generador de valor en la empresa, tanto las actividades de producción, como las de apoyo administrativo y de gestión, deben mantener lazos de comunicación, para un mejor manejo y administración de los recursos disponibles para la producción.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. Con la implementación de las herramientas Heijunka y Kanban en Reyes Industria Textil, se ha logrado un incremento del 18% en la productividad de la empresa, mediante la interacción dinámica no solamente de las herramientas seleccionadas, sino también de otros instrumentos empleados en Ingeniería Industrial, como la definición de procedimientos de preparación, puesta a punto y retiro, que facilitan la disponibilidad de la maquinaria para mantenerla en producción y evitar tiempos ociosos innecesarios; se logró generar una disponibilidad de la maquinaria de forma inmediata luego de haber cumplido con una orden de pedido, lo que en conjunto con Kanban generan un flujo de arrastre en el proceso, de forma que no se produce lo que no se necesita despachar, hasta que sea requerido por el cliente.
2. Es importante resaltar que con Heijunka y Kanban se logró generar orden para la planificación de la producción; adicionalmente, se controlan efectivamente los recursos de producción para el cumplimiento de órdenes de producción. El mapeo de la cadena valor VSM es importante como eje fundamental para definir los recursos del proceso y localizar los desperdicios.
3. La aplicación de Heijunka se orientó en el aspecto de distribución de cargas de trabajo para cada máquina en donde el empleo del cálculo del takt time o ritmo de producción, no se hizo, debido a que este se define por un proceso netamente automático y no genera relevancia alguna en los resultados.
4. De manera general, es importante la definición de una línea base fundamentada en la formalización de los procesos, esto quiere decir que se deben fijar los procesos y procedimientos básicos, para partir con la implementación de las herramientas. De esta manera, con el mapeo de la cadena de valor se logra una visión clara del comportamiento lógico del

proceso y también se pueden definir los desperdicios.

5. Con la información obtenida del mapeo de la cadena de valor, se lograron visualizar claramente que en el tiempo de despachos y niveles de producción se generan desperdicios, evidenciando que en el tiempo que transcurría desde la recepción de pedidos hasta el despacho generaba deficiencias en la planificación de la producción, una reducida utilización de la capacidad de producción reflejada en el bajo nivel de unidades producidas.
6. Dentro del proceso de producción, se definieron procedimientos para reducir el tiempo de disponibilidad del sistema en 17 días, con ello se obtuvieron reducciones de tiempos no productivos, los cuales junto con el balanceo de cargas de trabajo, se incrementaron la cantidad de unidades producidas en 6 925 unidades.
7. Mediante el incremento de producción, se lograron satisfacer en menor tiempo las órdenes de producción de 33 a 9 días en promedio, agrupándolas por familias de productos, con lo cual se pudieron completar las órdenes de pedido en menor tiempo y completos.
8. Al reducir el tiempo de respuesta, se puede completar un grupo mayor de órdenes de pedido, con lo cual se va a incrementar el flujo de dinero, generando mayor rentabilidad en la empresa.
9. Se demostró la conceptualización de productividad, pues con los mismos recursos disponibles se logró la utilización efectiva de la capacidad de producción, evidenciada en el incremento de la producción en un 60%.
10. Para conseguir incrementos significativos se debió interrelacionar el VSM, Heijunka, Kanban y el procedimiento de disponibilidad de la maquinaria, de forma que su funcionamiento sea sincronizado como medio de aprovechamiento productivo.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Lean Manufacturing es una metodología, que se enfoca en el mejoramiento productivo atacando varios frentes como: organización, calidad, mantenimiento, movimientos, transportes, control de fallos, etc., por lo cual se recomienda el estudio sobre otros desperdicios como sobreproceso, actividades resultantes de productos rechazados, transportes, esperas y movimientos innecesarios que no se tomaron en cuenta para este trabajo debido a que para el control de dichos desperdicios, se deben manejar tiempos de ejecución más largos, pues éstas herramientas se deben implementar secuencialmente de acuerdo a la teoría definida en esta investigación.
2. Como complemento a las herramientas implementadas, se recomienda la aplicación de herramientas de control visual y 5 S como medio para generar mejoras en la disposición de materiales y herramientas para aliviar la carga de trabajo y movimientos innecesarios en el trabajador.
3. La aplicación de herramientas de control a prueba de fallos y de optimización de cambios de referencia como poka yoke y SMED pueden acelerar los procesos de setup y la reducción de errores en la programación de referencias en el área de producción lo que evitaría pérdidas de tiempo en pruebas y control de cambios en la fabricación de nuevas referencias, mediante la implementación de un proceso paralelo de normalización de los programas informáticos que contienen los comandos de trabajo que se cargan en las máquinas para que las mismas fabriquen diferentes tipos de referencias.
4. Para incrementar el impacto de los resultados que se pueden obtener con Lean Manufacturing es importante combinarlos con la aplicación de planes de mejora continua, manejo de registros de producción y productos, generación de indicadores de gestión de la producción y el control permanente de su comportamiento, de forma que sea un aporte primordial para la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bittel, L. (1991). *Curso Práctico McGraw-Hill del Supervisor, tomo 6*. (1ª ed.). Bogotá: McGraw Hill.
2. Blanco, L. (2007). *La nueva guía lean de bolsillo (producción lean)*. (1ª ed.). New York: MCS Media, Inc.
3. Bohan, W. (2008). *El Poder Oculto de la Productividad*. (1ª ed.). Bogotá: Norma.
4. Bravo, J. (2010). *Gestión de Procesos*. (1ª ed.). Santiago de Chile: Evolución S.A.
5. Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing that works*. (1ª ed.). New York: Amacom.
6. Cuatrecasas, L. (2010). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*. (1ª ed.). Barcelona: Profit.
7. D' Alessio, F. (2002). *Administración y Dirección de la Producción*. (1ª ed.). Bogotá: Prentice Hall.
8. Díaz del Castillo, F. (2009). *La Manufactura Esbelta*. Recuperado de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf. (Julio, 2012).
9. García, R. (2005). *Estudio del trabajo*. (2ª ed.). México: McGraw Hill.
10. George, M., Rowlands, D., Price, M. y Maxey, J. (2005). *Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. (1ª ed.). New York: McGraw Hill.
11. Grupo MDC. (2010). *Lean College*. Recuperado de

<http://www.leanmanufacturing.org/casalean.html>. (Julio, 2012).

12. Gryna, F., Chua, R., & Defeo, J. (2007). *Método Juran: análisis y planeación de la calidad*. (5^{ta} ed.). México: McGraw Hill.
13. Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de Administración de Operaciones*. (5^{ta} ed.). México: Pearson.
14. Hindle, T. (2008). *Management Las 100 ideas que hicieron historia*. (1^a ed.). Lima: The Economist.
15. Koontz, H. y Weihrich, H. (1998). (11^{va} ed.). *Administración una Perspectiva Global*. México: McGraw Hill.
16. Krajewsky, L., Ritzman, L., y Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones Procesos y cadenas de valor*. (8^{va} ed.). México: Pearson.
17. McHose, A. (1994). *Manufactura: calidad y productividad*. (1^a ed.). Estados Unidos: Addison - Wesley Iberoamericana.
18. Membrado, J. (2007). *Metodologías Avanzadas Para La Planificación y Mejora*. (1^a ed.). España: Díaz de Santos.
19. Molteni, R. y Cecchi, O. (2005). *El Liderazgo del Lean Six Sigma*. (2^a ed.). Buenos Aires: Macchi.
20. Niebel, B., y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo*. (12^{va} ed.). México: McGraw Hill.
21. Palacios, L. (2009). *Ingeniería de Métodos Movimientos y Tiempos*. (1^a ed.). Bogotá: ECOE.
22. Paquin, M. (1993). *El Trabajo*. (1^a ed.). México: Trillas.

23. Rajadell, M., y Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*. (1ª ed.). España: Díaz de Santos.
24. Rodríguez, M. M. (2012). *Procesos de trabajo teoría y casos prácticos*. (1ª ed.). México: Pearson Prentice Hall.
25. Ruiz - Canela, J. (2004). *La gestión por calidad total en la empresa moderna*. (1ª ed.). México: Alfaomega Ra-Ma.
26. Sayer, N., y Williams, B. (2012). *Lean*. (2ª ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
27. Viteri, J., y Jácome, M. (2013). *Gestión para la excelencia modelo EFQM*. *Economía y Negocios Universidad Tecnológica Equinoccial*, 26(1), 5,6.
28. Wheat, B., Mills, C. y Carnell M. (2008). *Seis Sigma*. (1ª ed.). Bogotá: Norma.
29. Womack, J. y Jones, D. (2003). *Lean Thinking*. (1ª ed.). Barcelona: Gestión 2000.
30. Zandin, K. (2005). *Maynard Manual del Ingeniero Industrial*. (5ª ed.). México: McGraw Hill.

ANEXOS

ANEXO I

CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS DE REYES INDUSTRIA TEXTIL CÍA. LTDA.

Tabla AI.1. Proceso de programación de modelos

REYES INDUSTRIA TEXTIL Cía. Ltda.					
CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS					
PROCESO	PROGRAMACIÓN DE MODELOS				
RESPONSABLE	JEFE DE PRODUCCIÓN				
FECHA DE APROBACIÓN	10/12/2012				
PROVEEDOR	Cliente externo				
RECURSOS	ENTRADAS	PROCESAMIENTO	SALIDAS	CLIENTE	
◦ Máquinas tejedoras	Hilo acrílico	1. Recibir requerimiento de pedido	Programa probado	Tejido preparación y puesta a punto	
◦ Computador de programación	Hilo polialgodón	2. Realizar diseño de prenda			
◦ Pinzas	Filamento nylon	3. Realizar diseño de bordado			
◦ Tijeras	Filamento poliéster	4. Dimensionar prenda			
◦ Caja de herramientas	Filamento lícra	5. Definir materias primas			
◦ Protectores auditivos	Elastico	6. Cargar materia prima en máquina			
◦ Orden de producción	Programa de máquina	7. Cargar programa en máquina			
		8. Tejer prenda de prueba			
		9. Tallar prenda			
		10. Grabar tallaje			

Tabla AI.2. Tejido, preparación y puesta a punto

REYES INDUSTRIA TEXTIL Cía. Ltda.

CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS					
PROCESO	TEJIDO PREPARACIÓN Y PUESTA A PUNTO				
RESPONSABLE	JEFE DE PRODUCCION				
FECHA DE APROBACIÓN	10/12/2012				
PROVEEDOR	Programación de modelos				
RECURSOS	ENTRADAS	PROCESAMIENTO	SALIDAS	CLIENTE	
◦ Máquinas tejedoras	Hilo acrílico	1. Revisar orden de producción	Máquina lista	Tejido producción	
◦ Computador de programación	Hilo polialgodón	2. Preparar requerimiento de mp	para producción	y control	
◦ Pinzas	Filamento nylon	3. Cargar mp en máquina			
◦ Tijeras	Filamento poliéster	4. Pasar hilos			
◦ Caja de herramientas	Filamento licra	6. Cargar programa en máquina			
◦ Protectores auditivos	Elastico	6. Realizar ajustes			
◦ Orden de producción	Programa de máquina	7. Calibrar contador de prendas			
	Orden de producción				

Tabla AI.3. Tejido, producción y control

REYES INDUSTRIA TEXTIL Cía. Ltda.

CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS				
PROCESO	TEJIDO PRODUCCIÓN Y CONTROL			
RESPONSABLE	JEFE DE PRODUCCIÓN			
FECHA DE APROBACIÓN	10/12/2012			
PROVEEDOR	Programación de modelos			
RECURSOS	ENTRADAS	PROCESAMIENTO	SALIDAS	CLIENTE
◦ Máquinas tejedoras	Hilo acrílico	1. Control funcionamiento máquina	Producción lista para	Acabados
◦ Computador de programación	Hilo polialgodón	2. Control alimentación mp	acabados	
◦ Pinzas	Filamento nylon	3. Reparaciones menores		
◦ Tijeras	Filamento poliéster	4. Pasar hilos		
◦ Caja de herramientas	Filamento licra	5. Revisar prendas producidas		
◦ Protectores auditivos	Elástico	6. Voltrear prendas		
◦ Orden de producción	Orden de producción	7. Agrupar en docenas		
		8. Agrupar por tallas y modelos		

Tabla AI.4. Acabados, costura

REYES INDUSTRIA TEXTIL Cía. Ltda.

CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS				
PROCESO	ACABADOS COSTURA			
RESPONSABLE	JEFE DE PRODUCCIÓN			
FECHA DE APROBACIÓN	10/12/2012			
PROVEEDOR	Tejido producción y control			
RECURSOS	ENTRADAS	PROCESAMIENTO	SALIDAS	CLIENTE
◦ Máquina remalladora	Producto tejido	1. Revisar orden de producción	Prendas cosidas	Acabados proceso
◦ Pinzas	Filamento nylon	2. Colocar filamentos en máquina	para proceso húmedo	húmedo
◦ Tijeras	Filamento poliéster	3. Colocar prenda en máquina		
◦ Caja de herramientas	Orden de producción	4. Coser		
◦ Orden de producción		5. Revisar costura		
		6. Voltrear prendas		
		7. Preparar para proceso húmedo		

Tabla AI.6. Acabados, termofijado y empaque

REYES INDUSTRIA TEXTIL Cía. Ltda.				
CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS				
PROCESO	ACABADOS TERMOFIJADO Y EMPAQUE			
RESPONSABLE	JEFE DE PRODUCCIÓN			
FECHA DE APROBACIÓN	10/12/2012			
PROVEEDOR	Acabados proceso húmedo			
RECURSOS	ENTRADAS	PROCESAMIENTO	SALIDAS	CLIENTE
° Vaporizadora	° Prendas listas	1. Colocar prenda en molde	Producto Terminado	Despachos BPT
° Moldes	para termofijado	2. Agrupar 12 moldes		
° Agua	° Plastiflechas	3. Colocar en mesa de vaporizado		
° Pistola para plastiflecha	° Etiquetas	4. Vaporizar		
		5. Eliminar humedas		
		6. Retirar		
		7. Hacer pares		
		8. Unir con plastiflecha		
		9. Etiquetar		
		10. Agrupar en docenas		
		11. Empacar		

ANEXO II

TABLAS DE TIEMPOS DE DESPACHO

Tabla AII.1. Octubre 2012

Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días
2012-06-13	2012-10-01	110	2012-08-27	2012-10-09	43	2012-10-15	2012-10-22	7
2012-09-24	2012-10-01	7	2012-10-08	2012-10-09	1	2012-09-17	2012-10-23	36
2012-08-01	2012-10-01	61	2012-09-19	2012-10-09	20	2012-09-21	2012-10-23	32
2012-09-01	2012-10-01	30	2012-08-01	2012-10-10	70	2012-10-23	2012-10-24	1
2012-09-28	2012-10-01	3	2012-10-01	2012-10-11	10	2012-09-27	2012-10-24	27
2012-09-25	2012-10-01	6	2012-10-08	2012-10-11	3	2012-07-09	2012-10-24	107
2012-09-26	2012-10-02	6	2012-08-01	2012-10-11	71	2012-10-23	2012-10-24	1
2012-07-17	2012-10-02	77	2012-10-10	2012-10-11	1	2012-09-17	2012-10-25	38
2012-09-27	2012-10-02	5	2012-06-13	2012-10-15	124	2012-09-06	2012-10-25	49
2012-09-10	2012-10-02	22	2012-08-01	2012-10-15	75	2012-10-18	2012-10-26	8
2012-07-16	2012-10-03	79	2012-10-11	2012-10-15	4	2012-10-25	2012-10-26	1
2012-08-01	2012-10-03	63	2012-06-13	2012-10-16	125	2012-10-18	2012-10-26	8
2012-10-02	2012-10-03	1	2012-08-01	2012-10-16	76	2012-09-24	2012-10-29	35
2012-10-01	2012-10-04	3	2012-10-15	2012-10-16	1	2012-10-25	2012-10-29	4
2012-09-15	2012-10-04	19	2012-10-11	2012-10-16	5	2012-10-18	2012-10-29	11
2012-10-02	2012-10-04	2	2012-10-15	2012-10-17	2	2012-09-24	2012-10-30	36
2012-10-01	2012-10-04	3	2012-10-15	2012-10-17	2	2012-10-26	2012-10-30	4
2012-09-28	2012-10-04	6	2012-09-06	2012-10-17	41	2012-10-27	2012-10-30	3
2012-10-02	2012-10-04	2	2012-09-17	2012-10-18	31	2012-10-25	2012-10-30	5
2012-10-01	2012-10-04	3	2012-10-16	2012-10-18	2	2012-09-21	2012-10-31	40
2012-10-02	2012-10-05	3	2012-10-15	2012-10-18	3	2012-10-18	2012-10-31	13
2012-09-11	2012-10-05	24	2012-10-16	2012-10-19	3	2012-10-29	2012-10-31	2
2012-10-01	2012-10-05	4	2012-08-11	2012-10-19	69			
2012-10-01	2012-10-05	4	2012-10-18	2012-10-19	1			
2012-10-04	2012-10-05	1	2012-10-15	2012-10-19	4			
2012-09-25	2012-10-06	11	2012-08-02	2012-10-19	78			
2012-09-06	2012-10-08	32	2012-10-18	2012-10-22	4			
2012-10-06	2012-10-08	2	2012-07-09	2012-10-22	105			
2012-09-25	2012-10-08	13	2012-08-31	2012-10-22	52			
2012-09-11	2012-10-08	27	2012-10-18	2012-10-22	4			
2012-08-01	2012-10-09	69	2012-10-19	2012-10-22	3			

Tabla AII.2. Noviembre 2012

Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días
2012-10-30	2012-11-01	2	2012-11-12	2012-11-15	3	2012-11-21	2012-11-27	6
2012-10-29	2012-11-01	3	2012-11-14	2012-11-15	1	2012-11-21	2012-11-27	6
2012-10-29	2012-11-01	3	2012-10-19	2012-11-15	27	2012-11-19	2012-11-27	8
2012-10-30	2012-11-01	2	2012-09-25	2012-11-16	52	2012-11-22	2012-11-27	5
2012-10-18	2012-11-05	18	2012-11-14	2012-11-16	2	2012-11-08	2012-11-28	20
2012-10-31	2012-11-05	5	2012-11-13	2012-11-16	3	2012-11-09	2012-11-28	19
2012-09-17	2012-11-05	49	2012-11-09	2012-11-16	7	2012-11-07	2012-11-28	21
2012-10-10	2012-11-06	27	2012-10-19	2012-11-16	28	2012-11-08	2012-11-28	20
2012-10-11	2012-11-06	26	2012-11-14	2012-11-16	2	2012-11-07	2012-11-28	21
2012-10-11	2012-11-06	26	2012-10-04	2012-11-17	44	2012-11-09	2012-11-28	19
2012-11-01	2012-11-06	5	2012-11-15	2012-11-19	4	2012-11-27	2012-11-28	1
2012-09-24	2012-11-06	43	2012-11-14	2012-11-19	5	2012-11-23	2012-11-28	5
2012-11-06	2012-11-07	1	2012-11-14	2012-11-19	5	2012-11-23	2012-11-28	5
2012-10-24	2012-11-07	14	2012-11-14	2012-11-19	5	2012-11-26	2012-11-28	2
2012-10-25	2012-11-07	13	2012-11-19	2012-11-20	1	2012-11-09	2012-11-29	20
2012-11-05	2012-11-07	2	2012-11-14	2012-11-20	6	2012-11-28	2012-11-29	1
2012-11-06	2012-11-07	1	2012-11-09	2012-11-20	11	2012-11-07	2012-11-29	22
2012-11-06	2012-11-08	2	2012-11-07	2012-11-20	13	2012-11-07	2012-11-29	22
2012-11-06	2012-11-08	2	2012-11-14	2012-11-21	7	2012-11-26	2012-11-29	3
2012-11-01	2012-11-08	7	2012-11-19	2012-11-21	2	2012-11-27	2012-11-29	2
2012-11-06	2012-11-09	3	2012-11-15	2012-11-21	6	2012-11-26	2012-11-29	3
2012-11-06	2012-11-09	3	2012-11-09	2012-11-22	13	2012-11-09	2012-11-29	20
2012-10-25	2012-11-09	15	2012-11-19	2012-11-22	3	2012-11-07	2012-11-30	23
2012-10-11	2012-11-12	32	2012-11-19	2012-11-22	3	2012-11-08	2012-11-30	22
2012-11-01	2012-11-12	11	2012-11-21	2012-11-22	1	2012-11-25	2012-11-30	5
2012-11-09	2012-11-12	3	2012-11-20	2012-11-22	2	2012-11-25	2012-11-30	5
2012-08-08	2012-11-13	97	2012-11-20	2012-11-22	2	2012-11-26	2012-11-30	4
2012-11-01	2012-11-13	12	2012-11-19	2012-11-23	4	2012-11-28	2012-11-30	2
2012-11-09	2012-11-13	4	2012-11-20	2012-11-23	3	2012-11-28	2012-11-30	2
2012-11-09	2012-11-13	4	2012-11-17	2012-11-23	6	2012-11-17	2012-11-30	13
2012-08-23	2012-11-14	83	2012-11-21	2012-11-23	2			
2012-11-12	2012-11-14	2	2012-11-19	2012-11-26	7			
2012-11-12	2012-11-14	2	2012-09-17	2012-11-27	71			
2012-10-04	2012-11-15	42	2012-11-21	2012-11-27	6			
2012-09-25	2012-11-15	51	2012-10-10	2012-11-27	48			

Tabla AII.3. Diciembre 2012

Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días
2012-11-30	2012-12-03	3	2012-11-15	2012-12-14	29
2012-11-30	2012-12-03	3	2012-12-12	2012-12-14	2
2012-11-30	2012-12-03	3	2012-12-11	2012-12-14	3
2012-10-19	2012-12-03	45	2012-12-04	2012-12-17	13
2012-11-07	2012-12-03	26	2012-12-05	2012-12-17	12
2012-10-19	2012-12-04	46	2012-12-11	2012-12-17	6
2012-11-29	2012-12-04	5	2012-12-13	2012-12-17	4
2012-11-04	2012-12-05	31	2012-12-17	2012-12-18	1
2012-12-03	2012-12-05	2	2012-12-17	2012-12-18	1
2012-11-30	2012-12-05	5	2012-12-05	2012-12-18	13
2012-11-30	2012-12-05	5	2012-12-17	2012-12-18	1
2012-11-30	2012-12-05	5	2012-12-17	2012-12-18	1
2012-11-30	2012-12-05	5	2012-12-04	2012-12-20	16
2012-12-03	2012-12-06	3	2012-12-01	2012-12-20	19
2012-12-04	2012-12-06	2	2012-12-12	2012-12-20	8
2012-11-15	2012-12-06	21	2012-12-18	2012-12-20	2
2012-11-30	2012-12-07	7	2012-12-18	2012-12-20	2
2012-12-06	2012-12-07	1	2012-12-19	2012-12-20	1
2012-12-01	2012-12-07	6	2012-12-18	2012-12-20	2
2012-12-03	2012-12-07	4	2012-12-18	2012-12-20	2
2012-12-05	2012-12-10	5	2012-12-03	2012-12-21	18
2012-12-07	2012-12-11	4	2012-12-17	2012-12-26	9
2012-12-03	2012-12-11	8	2012-12-04	2012-12-26	22
2012-12-10	2012-12-12	2	2012-12-21	2012-12-26	5
2012-12-10	2012-12-13	3	2012-12-21	2012-12-28	7
2012-12-12	2012-12-13	1	2012-12-18	2012-12-28	10
2012-12-12	2012-12-13	1			
2012-12-11	2012-12-13	2			
2012-12-07	2012-12-13	6			

Tabla AII.4. Enero 2013

Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días
2013-01-25	2013-01-31	6	2013-01-09	2013-01-21	12
2013-01-25	2013-01-31	6	2013-01-11	2013-01-21	10
2012-10-29	2013-01-03	66	2013-01-02	2013-01-21	19
2013-01-02	2013-01-04	2	2013-01-21	2013-01-23	2
2013-01-02	2013-01-04	2	2013-01-16	2013-01-23	7
2012-12-17	2013-01-07	21	2013-01-21	2013-01-23	2
2013-01-04	2013-01-08	4	2013-01-21	2013-01-23	2
2013-01-07	2013-01-08	1	2013-01-18	2013-01-23	5
2013-01-04	2013-01-08	4	2013-01-11	2013-01-23	12
2013-01-09	2013-01-10	1	2013-01-21	2013-01-24	3
2013-01-08	2013-01-10	2	2013-01-21	2013-01-24	3
2013-01-08	2013-01-10	2	2013-01-21	2013-01-24	3
2013-01-09	2013-01-11	2	2013-01-18	2013-01-25	7
2013-01-08	2013-01-11	3	2013-01-22	2013-01-25	3
2013-01-09	2013-01-11	2	2013-01-22	2013-01-25	3
2013-01-10	2013-01-14	4	2013-01-22	2013-01-25	3
2013-01-10	2013-01-14	4	2013-01-24	2013-01-28	4
2013-01-14	2013-01-15	1	2013-01-09	2013-01-28	19
2013-01-10	2013-01-15	5	2013-01-09	2013-01-29	20
2013-01-10	2013-01-15	5	2013-01-24	2013-01-29	5
2013-01-15	2013-01-16	1	2012-12-10	2013-01-29	50
2013-01-15	2013-01-16	1	2013-01-09	2013-01-29	20
2013-01-10	2013-01-16	6	2013-01-25	2013-01-29	4
2013-01-10	2013-01-16	6	2013-01-25	2013-01-30	5
2013-01-14	2013-01-16	2	2013-01-28	2013-01-30	2
2013-01-14	2013-01-17	3	2013-01-11	2013-01-31	20
2013-01-15	2013-01-17	2	2013-01-25	2013-01-31	6
2013-01-15	2013-01-18	3			
2013-01-15	2013-01-18	3			
2013-01-04	2013-01-21	17			

Tabla AII.5. Febrero 2013

Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días
2013-01-09	2013-02-01	23	2013-01-11	2013-02-15	35	2013-02-19	2013-02-22	3
2013-01-24	2013-02-01	8	2013-02-13	2013-02-15	2	2013-02-20	2013-02-22	2
2013-01-26	2013-02-01	6	2013-02-13	2013-02-15	2	2013-02-21	2013-02-22	1
2013-02-01	2013-02-04	3	2013-02-15	2013-02-18	3	2013-02-19	2013-02-22	3
2013-01-24	2013-02-04	11	2013-01-10	2013-02-18	39	2013-02-19	2013-02-22	3
2013-01-11	2013-02-05	25	2013-02-14	2013-02-18	4	2013-02-19	2013-02-25	6
2013-01-11	2013-02-05	25	2013-02-14	2013-02-18	4	2013-02-01	2013-02-25	24
2013-02-01	2013-02-05	4	2013-02-01	2013-02-18	17	2013-02-20	2013-02-25	5
2013-01-22	2013-02-05	14	2013-02-01	2013-02-18	17	2013-01-31	2013-02-25	25
2013-01-22	2013-02-05	14	2013-02-13	2013-02-18	5	2013-02-20	2013-02-25	5
2013-02-01	2013-02-05	4	2013-02-01	2013-02-18	17	2013-02-08	2013-02-25	17
2013-02-01	2013-02-05	4	2013-02-18	2013-02-19	1	2013-01-31	2013-02-26	26
2013-02-01	2013-02-05	4	2013-02-14	2013-02-19	5	2013-01-10	2013-02-26	47
2013-02-05	2013-02-06	1	2013-02-18	2013-02-19	1	2013-02-25	2013-02-26	1
2013-02-01	2013-02-06	5	2013-02-18	2013-02-19	1	2013-02-25	2013-02-26	1
2013-02-01	2013-02-06	5	2013-02-08	2013-02-19	11	2013-01-22	2013-02-26	35
2013-02-04	2013-02-07	3	2013-02-19	2013-02-20	1	2013-02-20	2013-02-26	6
2013-02-05	2013-02-07	2	2013-02-19	2013-02-20	1	2013-01-30	2013-02-26	27
2013-01-10	2013-02-07	28	2013-02-14	2013-02-20	6	2013-02-20	2013-02-26	6
2013-02-01	2013-02-07	6	2013-02-15	2013-02-21	6	2013-02-25	2013-02-27	2
2013-02-06	2013-02-08	2	2013-01-31	2013-02-21	21	2013-02-26	2013-02-27	1
2013-01-10	2013-02-08	29	2013-01-31	2013-02-21	21	2013-02-26	2013-02-27	1
2013-01-30	2013-02-08	9	2013-02-18	2013-02-21	3	2013-02-26	2013-02-28	2
2013-02-08	2013-02-13	5	2013-02-18	2013-02-21	3	2013-02-26	2013-02-28	2
2013-02-08	2013-02-13	5	2013-02-20	2013-02-21	1	2013-02-26	2013-02-28	2
2013-02-01	2013-02-14	13	2013-02-20	2013-02-21	1	2013-02-26	2013-02-28	2
2013-02-08	2013-02-14	6	2013-02-19	2013-02-21	2	2013-02-26	2013-02-28	2
2013-02-08	2013-02-14	6	2013-01-31	2013-02-22	22			
2013-02-08	2013-02-14	6	2013-02-21	2013-02-22	1			
2013-02-13	2013-02-14	1	2013-02-08	2013-02-22	14			
2013-01-31	2013-02-15	15	2013-02-21	2013-02-22	1			

Tabla AII.6. Marzo 2013

Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días
2013-02-28	2013-03-01	1	2013-03-05	2013-03-12	7	2013-03-14	2013-03-20	6
2013-02-28	2013-03-01	1	2013-03-11	2013-03-13	2	2013-03-12	2013-03-20	8
2013-02-28	2013-03-01	1	2013-03-11	2013-03-13	2	2013-03-19	2013-03-21	2
2013-02-28	2013-03-01	1	2013-03-12	2013-03-13	1	2013-03-14	2013-03-21	7
2013-02-26	2013-03-02	4	2013-03-12	2013-03-13	1	2013-03-18	2013-03-21	3
2013-02-28	2013-03-02	2	2013-03-12	2013-03-14	2	2013-02-18	2013-03-22	32
2013-02-28	2013-03-05	5	2013-03-13	2013-03-14	1	2013-03-17	2013-03-22	5
2013-03-04	2013-03-05	1	2013-03-11	2013-03-14	3	2013-03-04	2013-03-22	18
2013-03-01	2013-03-05	4	2013-03-11	2013-03-14	3	2013-03-12	2013-03-22	10
2013-03-03	2013-03-06	3	2013-03-12	2013-03-14	2	2013-03-20	2013-03-22	2
2013-03-05	2013-03-06	1	2013-03-12	2013-03-14	2	2013-03-20	2013-03-22	2
2013-03-04	2013-03-06	2	2013-03-08	2013-03-14	6	2013-03-19	2013-03-22	3
2013-03-04	2013-03-06	2	2013-03-11	2013-03-14	3	2013-03-21	2013-03-22	1
2013-02-27	2013-03-06	7	2013-03-13	2013-03-14	1	2013-03-20	2013-03-22	2
2013-02-27	2013-03-06	7	2013-03-11	2013-03-15	4	2013-03-21	2013-03-22	1
2013-03-04	2013-03-06	2	2013-02-25	2013-03-15	18	2013-03-06	2013-03-22	16
2013-03-05	2013-03-07	2	2013-03-14	2013-03-15	1	2013-03-11	2013-03-22	11
2013-03-01	2013-03-07	6	2013-03-11	2013-03-15	4	2013-03-19	2013-03-22	3
2013-03-01	2013-03-07	6	2013-03-11	2013-03-15	4	2013-03-21	2013-03-22	1
2013-03-05	2013-03-08	3	2013-03-12	2013-03-15	3	2013-03-21	2013-03-25	4
2013-03-06	2013-03-08	2	2013-03-13	2013-03-15	2	2013-03-24	2013-03-25	1
2013-03-02	2013-03-08	6	2013-02-23	2013-03-18	23	2013-03-19	2013-03-26	7
2013-03-02	2013-03-08	6	2013-03-15	2013-03-18	3	2013-03-25	2013-03-26	1
2013-03-02	2013-03-08	6	2013-03-14	2013-03-18	4	2013-03-25	2013-03-26	1
2013-03-06	2013-03-08	2	2013-03-14	2013-03-19	5	2013-03-25	2013-03-26	1
2013-03-06	2013-03-08	2	2013-03-18	2013-03-19	1	2013-03-25	2013-03-26	1
2013-03-07	2013-03-08	1	2013-03-18	2013-03-19	1	2013-03-26	2013-03-27	1
2013-02-15	2013-03-08	21	2013-03-18	2013-03-19	1	2013-03-15	2013-03-27	12
2013-02-26	2013-03-11	13	2013-03-18	2013-03-19	1	2013-03-25	2013-03-27	2
2013-03-11	2013-03-12	1	2013-03-18	2013-03-19	1	2013-03-22	2013-03-27	5
2013-03-11	2013-03-12	1	2013-03-18	2013-03-20	2	2013-03-26	2013-03-27	1
						2013-03-27	2013-03-28	1
						2013-03-26	2013-03-28	2

Tabla AII.7. Abril 2013

Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días
2013-03-28	2013-04-01	4	2013-04-14	2013-04-15	1	2013-04-10	2013-04-23	13
2013-03-28	2013-04-02	5	2013-04-14	2013-04-15	1	2013-04-11	2013-04-23	12
2013-03-29	2013-04-03	5	2013-03-28	2013-04-16	19	2013-04-08	2013-04-23	15
2013-03-28	2013-04-03	6	2013-04-15	2013-04-16	1	2013-04-10	2013-04-23	13
2013-03-28	2013-04-03	6	2013-04-12	2013-04-15	3	2013-04-12	2013-04-24	12
2013-04-02	2013-04-03	1	2013-04-12	2013-04-16	4	2013-04-22	2013-04-24	2
2013-04-01	2013-04-04	3	2013-04-12	2013-04-16	4	2013-04-09	2013-04-24	15
2013-04-01	2013-04-04	3	2013-04-14	2013-04-16	2	2013-04-19	2013-04-24	5
2013-04-01	2013-04-04	3	2013-04-09	2013-04-17	8	2013-04-17	2013-04-24	7
2013-04-02	2013-04-04	2	2013-03-26	2013-04-17	22	2013-04-17	2013-04-24	7
2013-04-04	2013-04-05	1	2013-04-15	2013-04-17	2	2013-04-22	2013-04-24	2
2013-04-04	2013-04-05	1	2013-04-16	2013-04-17	1	2013-04-19	2013-04-24	5
2013-03-28	2013-04-05	8	2013-04-16	2013-04-17	1	2013-04-23	2013-04-24	1
2013-04-07	2013-04-08	1	2013-04-15	2013-04-18	3	2013-04-23	2013-04-24	1
2013-04-07	2013-04-08	1	2013-04-08	2013-04-18	10	2013-04-23	2013-04-24	1
2013-04-08	2013-04-09	1	2013-04-03	2013-04-18	15	2013-04-23	2013-04-24	1
2013-04-08	2013-04-09	1	2013-04-15	2013-04-18	3	2013-04-17	2013-04-24	7
2013-03-26	2013-04-09	14	2013-04-08	2013-04-18	10	2013-04-17	2013-04-24	7
2013-03-26	2013-04-09	14	2013-04-16	2013-04-18	2	2013-04-22	2013-04-24	2
2013-04-08	2013-04-10	2	2013-03-28	2013-04-18	21	2013-04-08	2013-04-24	16
2013-04-09	2013-04-10	1	2013-04-17	2013-04-19	2	2013-04-24	2013-04-26	2
2013-03-26	2013-04-10	15	2013-04-16	2013-04-19	3	2013-04-25	2013-04-26	1
2013-04-08	2013-04-10	2	2013-04-18	2013-04-19	1	2013-04-01	2013-04-26	25
2013-04-09	2013-04-10	1	2013-04-10	2013-04-19	9	2013-04-08	2013-04-26	18
2013-04-04	2013-04-10	6	2013-04-10	2013-04-19	9	2013-04-24	2013-04-26	2
2013-04-04	2013-04-10	6	2013-04-11	2013-04-19	8	2013-04-19	2013-04-26	7
2013-04-09	2013-04-11	2	2013-04-18	2013-04-19	1	2013-04-23	2013-04-26	3
2013-04-10	2013-04-11	1	2013-03-19	2013-04-19	31	2013-04-22	2013-04-26	4
2013-04-08	2013-04-11	3	2013-04-16	2013-04-19	3	2013-04-24	2013-04-26	2
2013-04-04	2013-04-11	7	2013-04-09	2013-04-22	13	2013-04-23	2013-04-26	3
2013-04-10	2013-04-12	2	2013-04-08	2013-04-22	14	2013-04-24	2013-04-26	2
2013-04-11	2013-04-12	1	2013-04-08	2013-04-22	14	2013-04-24	2013-04-26	2
2013-04-11	2013-04-12	1	2013-04-01	2013-04-22	21	2013-04-26	2013-04-29	3
2013-04-11	2013-04-12	1	2013-04-11	2013-04-22	11	2013-04-25	2013-04-29	4
2013-04-09	2013-04-12	3	2013-04-19	2013-04-22	3	2013-04-26	2013-04-30	4
2013-04-11	2013-04-15	4	2013-04-18	2013-04-23	5	2013-04-23	2013-04-30	7
2013-04-03	2013-04-15	12	2013-04-19	2013-04-23	4	2013-04-26	2013-04-30	4
						2013-04-27	2013-04-30	3
						2013-04-16	2013-04-30	14

Tabla AII.8. Mayo 2013

Inicio	Fin	días	Inicio	Fin	días
2013-04-30	2013-05-02	2	2013-05-02	2013-05-07	5
2013-04-25	2013-05-02	7	2013-05-06	2013-05-07	1
2013-04-27	2013-05-02	5	2013-05-06	2013-05-08	2
2013-04-13	2013-05-02	19	2013-04-30	2013-05-08	8
2013-04-18	2013-05-02	14	2013-05-02	2013-05-08	6
2013-04-19	2013-05-03	14	2013-05-02	2013-05-08	6
2013-04-15	2013-05-03	18	2013-04-23	2013-05-09	16
2013-04-17	2013-05-03	16	2013-04-25	2013-05-09	14
2013-04-16	2013-05-03	17	2013-05-06	2013-05-09	3
2013-04-18	2013-05-03	15	2013-05-07	2013-05-09	2
2013-04-22	2013-05-03	11	2013-05-06	2013-05-10	4
2013-05-01	2013-05-03	2	2013-05-08	2013-05-10	2
2013-04-30	2013-05-03	3	2013-05-07	2013-05-10	3
2013-04-18	2013-05-03	15	2013-04-25	2013-05-10	15
2013-05-03	2013-05-06	3	2013-04-22	2013-05-10	18
2013-05-03	2013-05-06	3	2013-05-07	2013-05-10	3
2013-05-03	2013-05-06	3	2013-05-10	2013-05-13	3
2013-04-19	2013-05-06	17	2013-05-07	2013-05-13	6
2013-04-30	2013-05-07	7	2013-05-02	2013-05-14	12
2013-04-25	2013-05-07	12	2013-05-02	2013-05-14	12
2013-04-22	2013-05-07	15	2013-05-06	2013-05-14	8
2013-05-02	2013-05-07	5	2013-05-03	2013-05-14	11