

# Propuesta del mejoramiento de la metodología de Manufactura Esbelta por medio de optimización de sistemas de manufactura y modelación de eventos discretos

**Frank Nicolás Delgado Moreno**

Magíster en Ciencias de Sistemas de Manufactura,  
Tecnológico de Monterrey, México.  
Magíster en Ciencias de sistemas de Calidad y Productividad.  
Tecnológico de Monterrey, México.  
Líder, Investigador Grupo CAYPRO, Universidad Santo Tomás  
Bucaramanga, Colombia  
Franknicolas12@ustabuca.edu.co

**Eliseo Gallo**

Doctor Management Information Systems,  
Universidad del Turabo Puerto Rico,  
Investigador Grupo SIGMMA, Universidad Santo Tomás Bucaramanga, Colombia  
eligallo@gmail.com

**Resumen-** La competitividad internacional ha obligado a las empresas de todos los países a evolucionar continuamente en los procesos de mejoramiento continuo con el fin de mejorar la calidad de los procesos y productos y reducir los costos que implican; la metodología de manufactura esbelta ha sido en los últimos años a nivel internacional una de las principales metodologías para la reducción de costos, por esta razón a través del tiempo ha tenido un mejoramiento continuo para las exigencias contemporáneas, tecnológicas, regionales y tipos de empresa; la presente propuesta se realiza con el fin de mejorar la metodología de Manufactura Esbelta al incorporar aspectos financieros, modelación de sistemas de manufactura y simulación con el fin de adaptarla a empresas de alta variabilidad en sus productos y procesos como son las pequeñas y medianas empresas en la Ciudad de Bucaramanga.

**Palabras clave-** Manufactura Esbelta, Simulación, Modelación de Sistemas de Manufactura, EBIT, ROI

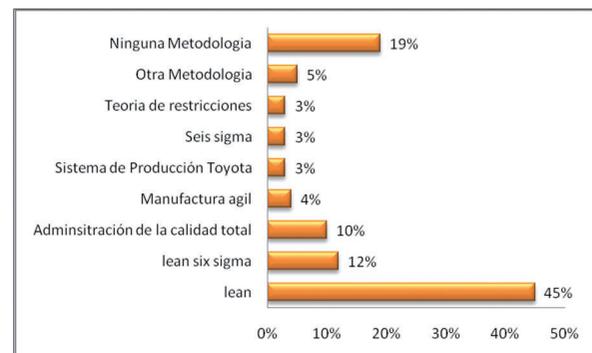
**Abstract-** The international competition has forced companies from all countries to be continually evolving process of continuous improvement in order to improve the quality of processes and products and reduce the costs they involve, the methodology of lean manufacturing has been in recent years at international level one of the main methods for reducing costs, for this reason over time has had a continuous improvement to contemporary demands, technological, regional and business types, this proposal is carried out to improve the methodology of incorporating lean manufacturing to financial, manufacturing systems modeling and simulation in order to adapt to business of high variability in their products and processes such as small and medium enterprises in the city of Bucaramanga.

**Keywords-** Lean Manufacturing, Simulación Manufacturing Systems Modeling, EBIT, R

## I. INTRODUCCIÓN

La metodología Esbelta es la principal metodología utilizada por las empresas de Manufactura en el Mundo, (Ver Fig. 1).

FIG. 1. PRINCIPALES METODOLOGÍAS DE MEJORAMIENTO UTILIZADAS EN MANUFACTURA EN EL MUNDO



Fuente: Manufacturing performance institute citado en Piuzzi, (2009)

La Fig. 1. Muestra la Metodología Lean como la principal metodología en Mejoramiento continuo utilizada en el mundo, La metodología Lean es implementada en diferentes empresas con resultados verificables y comprobables como (Dailey, 2003):

- Reducción de costos de fabricación entre un 30 a 50%
- Reducción de inventarios de materia prima, producto terminado, producto en proceso en más del 80%

- Mejora de la calidad del servicio para los clientes
- Reducción de los tiempos de atraso
- Mejora calidad de productos y servicios
- Reducción de tiempo de mano de obra, y aumento de la productividad
- Aumento en la eficiencia y uso de los equipos e instalaciones de planta
- Altos rendimientos
- Sistema más flexible para responder a los cambios
- Disminución de desperdicios o despilfarros
- Aumento del flujo de caja por aumento en frecuencia de despachos y cobros

Por los anteriores beneficios registrados por la Metodología Lean, los investigadores en la línea de mejoramiento continuo han desarrollado un continuo mejoramiento sobre esta Metodología; los

mejoramientos sobre la metodología *lean* han aumentado los beneficios de resultado en las aplicaciones de la metodología de acuerdo a las necesidades de las empresas que están sujetas a variables financieras, logísticas, de producción y posiciones estratégicas limitadas lo cual se transforma en necesidad de adaptar la metodología a las necesidades de las empresas según la región del mundo.

## II. PRINCIPALES METODOLOGÍAS DE MANUFACTURA ESBELTA

En Estados Unidos algunas de las principales metodologías utilizadas en Manufactura Esbelta, son la “Metodología de Tapping”, Tapping (2002); la Metodología de Nigel Wood, Wood. (2004), y en México la “Metodología de Rosalba Sánchez”, Sánchez, (2005); estas tres Metodologías fueron comparadas en cuanto a beneficios y ventajas ofrecidas por cada respectiva metodología obtuvo la Tabla I

TABLA I  
SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DE MANUFACTURA ESBELTA

Descripción	Tapping	Nigel	Sanchez
Compromiso de manufactura Esbelta ( ME)	√		√
Flujo de Valor	√	√	√
Aprender acerca de Manufactura Esbelta	√		√
Definición de Objetivos y resultados de la Implementación de ME	√		√
Análisis de la Demanda	√		√
Análisis Financiero			√
Análisis del Flujo de Valor del Estado Actual	√	√	√
Diseño del Estado Futuro	√		√
Plan de Acción	√		√
Busqueda de la Perfección	√	√	√

Fuente: Los Autores

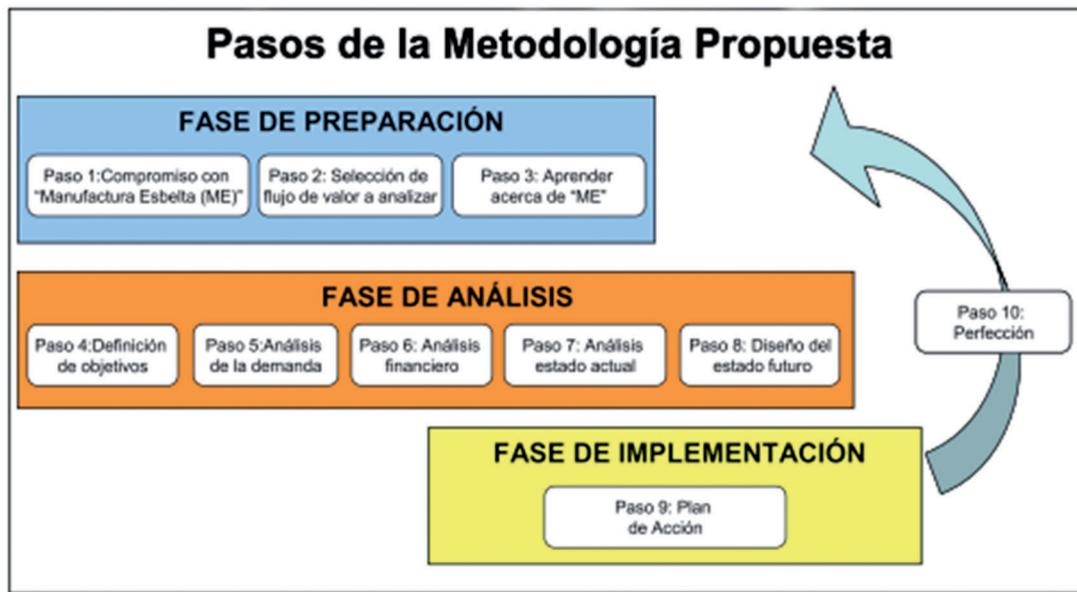
En la Tabla I se muestra la comparación entre las diferentes metodologías de Manufactura esbelta utilizadas en Países como México y Estados Unidos; la Metodología de Sánchez muestra ser la más completa de las tres metodologías, por esta razón se tomó como base para adaptar al sistema manufacturero con alta variabilidad en los proce-

dos y productos de pequeñas y medianas empresas de la Ciudad de Bucaramanga

### A. Metodología de Rosalba Sánchez

Sánchez, (2005) divide la metodología en tres fases, la Fase de preparación, Fase de Análisis y Fase de implementación. (Ver Figura 2)

Fig. 2 METODOLOGÍA DE ROSALBA SÁNCHEZ (SÁNCHEZ, 2005)



Fuente: Metodología integral de Implantación del un sistema de Manufactura Esbelta Sánchez (2005)

La Figura 2 muestra el esquema de la metodología dividida en las tres fases anteriormente nombradas; las fases están divididas en pasos interiores. (Sánchez, 2005).

### III. METODOLOGÍA PROPUESTA

Según Cruz y Ramírez (2008), la Metodología de Manufactura Esbelta es desconocida para la Mayoría de los sectores empresariales; los sectores empresariales en Colombia están limitados a aplicar normas ISO, (International Organization for Standardization) estas normas permiten que un producto o servicio tenga un estándar de calidad para ser aceptado en un mercado, cuando un producto es aceptado en un mercado no se garantiza productividad ni competitividad ni calidad ni mejoras financieras, (Hurtado, et al. 2009).

Las ganancias en productividad y competitividad están registradas en beneficios anteriormente nombrados; pero estos beneficios no han sido alcanzados por la mayoría de empresas en la ciudad de Bucaramanga por el desconocimiento de este tipo de Metodologías como Manufactura esbelta o la incorrecta aplicación de ellas; por esta razón se propone la siguiente metodología adecuada para las necesidades empresariales en ciudades donde este tipo de metodologías es des-

conocido o no se ha introducido adecuadamente lo que afecta los resultados de la Metodología.

La metodología conserva los aspectos importantes de la metodología de Sánchez. (2005), pero fueron incluidos tres pasos que los autores consideran importantes para la aplicación de la metodología de Manufactura Esbelta; estos pasos incluidos son: Simulación del Estado actual, Optimización del sistema de Manufactura, Simulación del Estado Futuro.

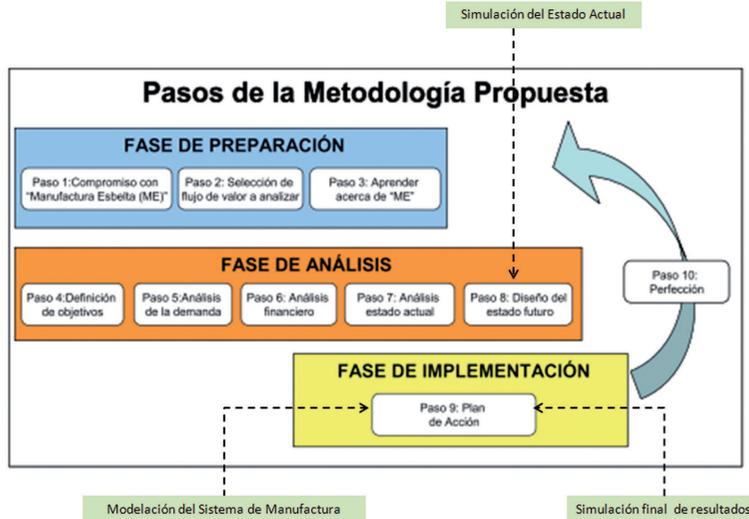
La inclusión de los pasos anteriores se basa en solucionar los siguientes problemas detectados por observación en diferentes empresas de la ciudad de Bucaramanga; estos problemas son:

- Desconocimiento de la Metodología de Manufactura Esbelta
- Desconocimiento de los Beneficios de la aplicación de la Metodología
- Desconfianza por indebida aplicación previa de conceptos o de herramientas de otro tipo de filosofías
- Desconfianza respecto a los resultados de la implementación de la Metodología
- Ausencia de aplicación de Optimización de sistemas de Manufactura

- Ausencia de Competitividad y productividad en sistemas de Manufactura.

Con el enfoque de resolver los anteriores problemas se propone el siguiente Modelo de Implementación de Manufactura Esbelta. (Ver Fig. 3).

Fig. 3. MODIFICACIÓN POR EL AUTOR DEL MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA INTEGRAL DE IMPLANTACIÓN DEL UN SISTEMA DE MANUFACTURA ESBELTA DE SÁNCHEZ.



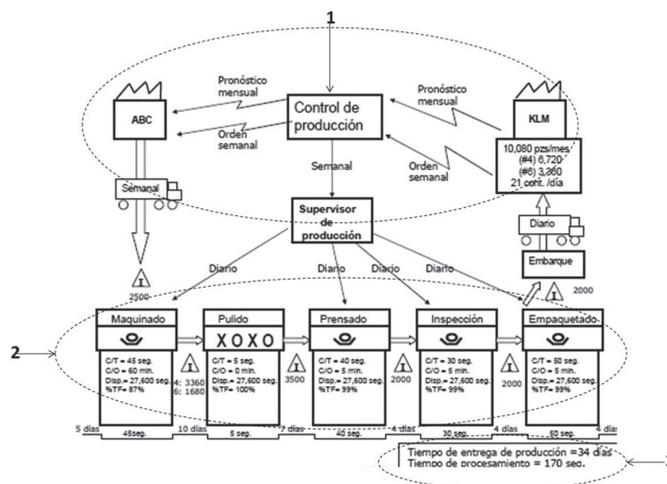
Fuente: Los Autores

La Figura 3 muestra los pasos de la Metodología de Sánchez (2005), con la inclusión de los tres pasos adicionales propuestos en la presente investigación; estos pasos son: Simulación del Estado Actual, Modelación del Sistema de Manufactura y Simulación final de resultados.

El paso de Simulación del Estado Actual muestra al equipo de aplicación de la Metodología de Manufactura Esbelta el comportamiento real del

estado actual del sistema; la simulación evidencia por medio de los objetivos y métricas el estado real en el que se encuentra la empresa; las simulaciones a través de software de simulación como promodel evitan costos operacionales y apoyan la toma de decisiones previa a una decisión final sobre los resultados del mapa de estado futuro de la metodología lean, igualmente es un amigable entendimiento del estado actual de la empresa. (Ver Fig.4).

Fig. 4. IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS PARA SIMULACIÓN DEL MAPA DEL ESTADO ACTUAL DEL FLUJO DE VALOR

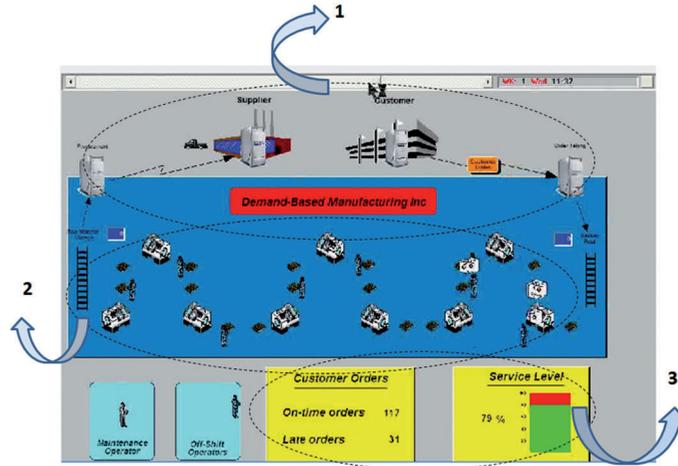


Fuente: Los Autores

La Fig. 4 Muestra un esquema del mapa del estado actual de flujo de valor de un Proceso crítico previamente seleccionado; el numeral 1 refleja la logística externa de la empresa con relación al producto, el tópico No. 2 indica la cadena de flujo

de Valor del producto crítico seleccionado según la filosofía de Manufactura Esbelta y el tópico No. 3 indica algunas de las métricas que son objetivos de estudio de la metodología de manufactura esbelta, (Ver Fig.5).

Fig. 5. IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE SIMULACIÓN EN SOFTWARE EN EVENTOS DISCRETOS DEL MAPA DEL ESTADO ACTUAL DEL FLUJO DE VALOR

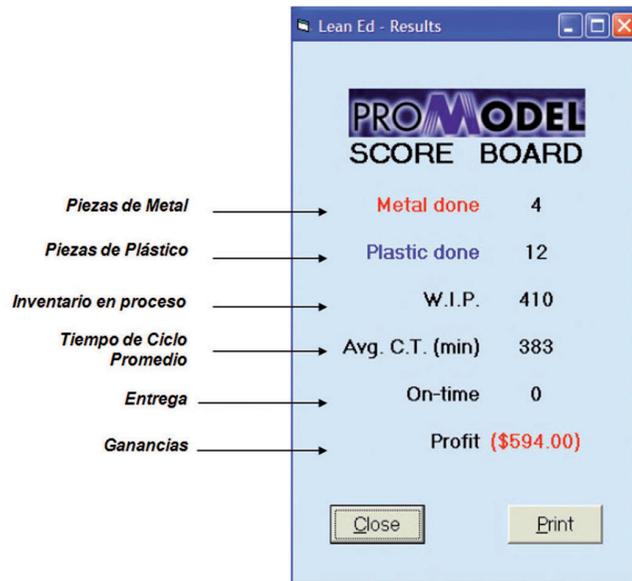


Fuente: "A Functional Modeling and Discrete Event Simulation based approach to understand the Lean Manufacturing System", Valles, Nathan, y Viswanathan". (2005)

La Fig. 5 muestra la distribución de la logística externa tópico 1, la cadena de flujo de valor en tópico 2 y algunas métricas de resultados en el tópico 3 como: entrega de órdenes a tiempo, órde-

nes retrasadas y nivel de servicio; los resultados específicos de las operaciones de la cadena de valor son representados a través del software de eventos discretos (Ver Fig. 6).

Fig. 6. DESCRIPCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS



Fuente: "A Functional Modeling and Discrete Event Simulation based approach to understand the Lean Manufacturing System, Valles, Nathan, y Viswanathan". (2005). La Fig. 6 muestra la descripción de algunos datos de resultados en una simulación de eventos discretos, los datos de resultados dependen de los objetivos y métricas del proyecto.

El paso agregado de Modelación del sistema de Manufactura, se basa en agregar herramientas que tengan como objetivo optimizar el proceso de manufactura y las operaciones de producción (Asking y standridge 1993); algunas de estas herramientas son:

- Programación de Operaciones  
Líneas de ensamble (Métodos de Balanceo).
  - RPW por sus siglas en inglés “Ranked positional weight” Clasificación por peso posicional
  - Variabilidad en Tiempos de desempeño
- Programación de la producción en sistemas orientados al proceso
  - Flujo
  - Secuenciación de tareas – Modelos Mixtos
- Tecnología de Grupos / Manufactura Celular
  - Algoritmo de ordenamiento binario

- La programación de operaciones tiene como objetivo calcular la organización de las celdas de manufactura que permita el flujo de una pieza como la metodología de manufactura esbelta requiere; la heurística de clasificación de peso posicional optimiza las celdas de manufactura para facilitar el flujo de una pieza; esta heurística construye una sola sucesión de la siguiente forma:

Se define el “peso posicional” de la tarea  $j$  como

$$PW(j) = t_j + \sum_{r \in S(j)} t_r$$

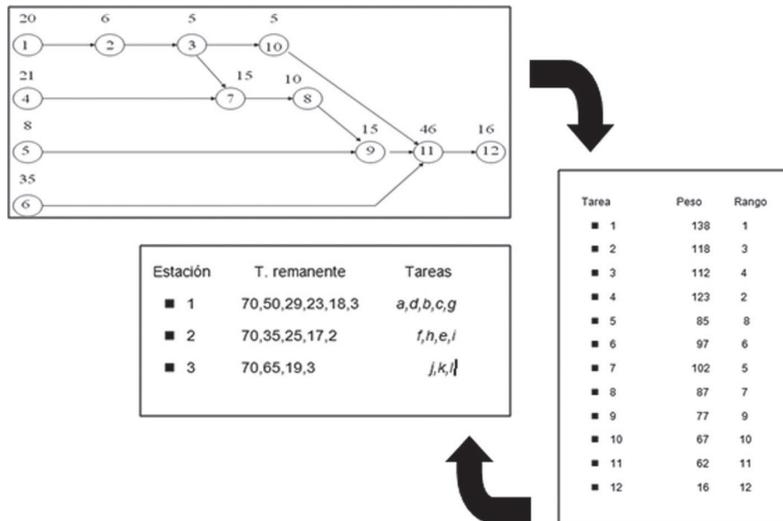
$S(j)$  = es el conjunto de sucesores de la tarea  $j$

$t(j)$ . = Tarea  $j$  actual

$\sum_{r \in S(j)} t_r$  = Sumatoria del conjunto de tareas sucesoras de  $t_j$

$PW(j)$  es medida en tiempos de ciclo y el rango de operación de la variable es:  $t(j) a(t(j) + \sum_{r \in S(j)} t_r)$ . Ver Fig.7

Fig. 7. ESQUEMA DE LOS PASOS DE LA CLASIFICACIÓN DE ESTACIONES POR PESO POSICIONAL



Fuente: Los Autores

La Figura 7. Muestra un ejemplo de la secuenciación de la clasificación de peso posicional; el resultado es la optimización de las celdas de Manufactura.

Las celdas de Manufactura dependen de la confiabilidad de cumplir con la demanda de los clientes; para cumplir con esta razón se introduce la séptima ley de Aleatoriedad con respecto

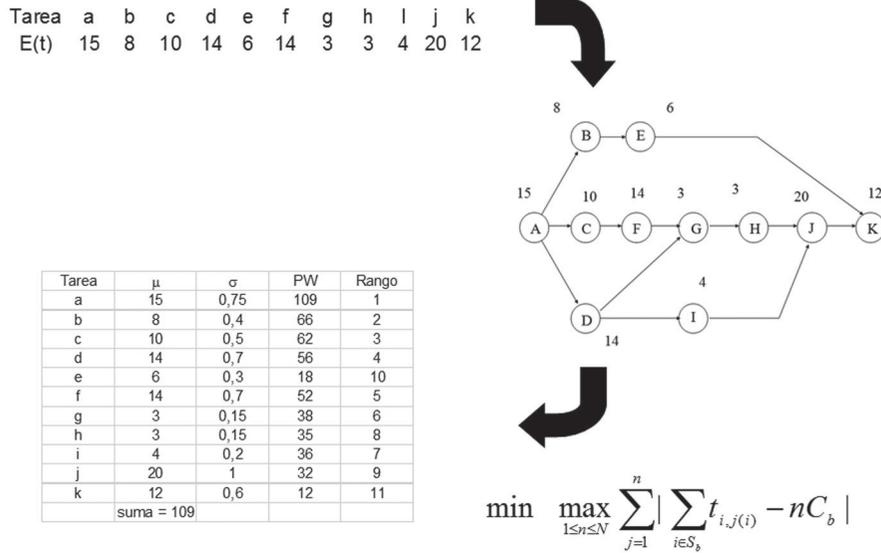
a la Confiabilidad de las celdas de la siguiente forma:

$$E(sk) = \sum_j c_s k t_j$$

$$Var(sk) = \sum_j c_s k \sigma_j^2$$

El tiempo promedio de la tarea  $j$  es  $t_j$ ;  $\sigma_j^2$  la variancia del tiempo de procesamiento de la tarea  $j$ . Un ejemplo de los pasos del cálculo de la confiabilidad de las celdas de Manufactura se muestra en la Fig. 8

Fig. 8. ESQUEMA DE LOS PASOS DEL CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD DE LAS CELDAS DE MANUFACTURA QUE FORMAN PARTE DE LA CADENA DE VALOR



Fuente: Los Autores

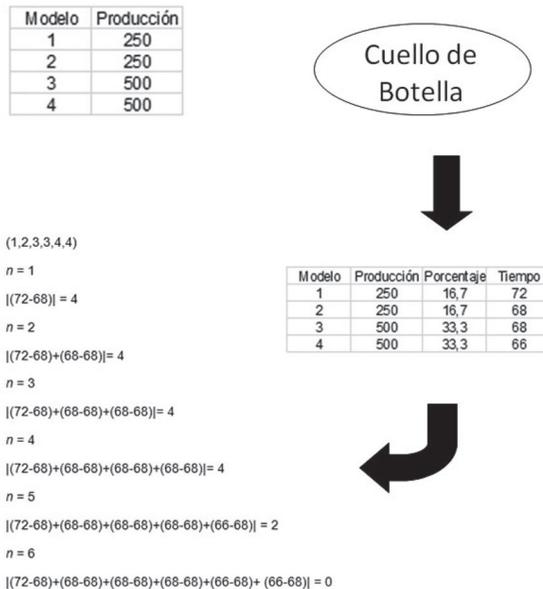
En la Figura 8. se muestra un ejemplo de la obtención de confiabilidad de las celdas a través de la aplicación de variabilidad en tiempos de desempeño.

La programación de la producción en sistemas orientados al proceso con la secuenciación de los modelos mixtos tiene como objetivo secuenciar las tareas de los productos cuando estos son

productos con diferentes tiempos de ciclo donde se encarga de Minimizar la máxima desviación de asignar la carga de trabajo promedio en el cuello de botella.

j (i) el tipo de artículo colocado en el i-ésimo lugar; Un ejemplo de esta aplicación se observa en la Figura 9.

Fig. 9. PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN CON PRODUCTOS MIXTOS



Fuente: Los Autores

La Figura 9. Muestra el proceso para obtener la secuenciación optimizada de los productos mixtos en una línea de producción, esta herramienta apoya directamente el balanceo realizado con herramientas como heijunka en Manufactura Esbelta.

Tecnología de Grupos tiene como objetivo Analizar los principios de formación de grupos con respecto de tareas hacia máquinas y detectar los grupos de productos por proceso; el Algoritmo de ordenamiento binario optimiza la formación de grupos por medio de los siguientes pasos:

- 1. Ordenar los renglones: asignar el valor  $2^{N-k}$  a la columna k, sumar los valores obtenidos para evaluar cada renglón. Ordenar los renglones en orden no creciente
- 2. Ordenar columnas: asignar el valor  $2^{N-k}$  al renglón k, evaluar cada columna. Ordenar las columnas en orden no creciente.

Un ejemplo de la aplicación del algoritmo binario es presentado a continuación. (Ver Fig. 10)

Fig. 10. ORDENAMIENTO DE TAREAS RESPECTO A PROCESOS.

Machine	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	1			1			
B			1					1
C		1	1				1	1
D				1				1
E			1	1			1	1
F	1	1			1			

Machine	2	1	5	3	6	7	4	8	Value
A	1	1	1						224
F	1	1	1						224
C	1			1	1	1			156
E				1	1	1	1		30
B				1				1	17
D							1	1	3
$2^{P-p}$	128	64	32	16	8	4	2	1	

Fuente: Los Autores

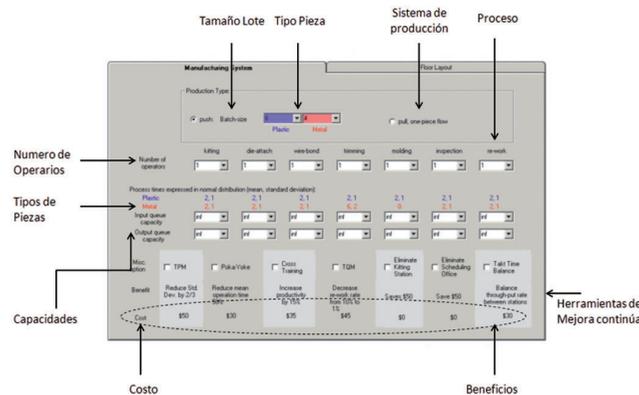
La Figura 10 muestra la acomodación ideal de las máquinas en grupos según el proceso de la parte; esta acomodación apoya optimización de las celdas de manufactura dentro de la metodología de Manufactura Esbelta.

Los pasos incorporados a la Metodología de Sánchez optimizan el sistema de Manufactura acompañando a los planes Kaizen.

El paso de Optimización de los sistemas de manufactura incorporado dentro de la metodolo-

gía de Manufactura Esbelta se introduce debido a la necesidad de conocer el estado previo de las líneas, recursos, distribución, asignación y máquinas como apoyo a la introducción de las herramientas de la Manufactura Esbelta. El paso de simulación de los resultados finales en software de eventos discretos hace visibles los resultados de la implementación simulada de la metodología de Manufactura Esbelta (Ver Fig.11).

Fig. 11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE UN PRODUCTO MEDIANTE SIMULACIÓN EN PROMODEL DE UN MODELO DE MANUFACTURA ESBELTA



Fuente: "A Statistical Analysis Using Simulation On a Lean Manufacturing Model", Ho Kok Hoe / K. Muthusamy (2010).

La Fig.11 muestra la representación de los valores finales de la simulación del estado futuro de la implementación de la metodología de Manufactura esbelta; estos valores pueden variar de acuerdo a las métricas del objetivo de la aplicación de la Metodología de Manufactura Esbelta y de las herramientas utilizadas en la Metodología;

El resultado final muestra los indicadores de tamaño de lote, tipo de pieza, sistemas de producción, proceso de la cadena de valor, Herramientas de mejora continua, Beneficios, costo, capacidades, tipos de piezas, Numero de Operarios.

La incorporación de los anteriores pasos a la metodología de Manufactura esbelta optimizan los procesos productivos de manufactura y disminuyen el tiempo de entrega al cliente; disminuir el tiempo de entrega al cliente es uno de los enfoques de la Calidad (Lindsay y Evans 2005); por otra parte utilizar la simulación amigable de un

programa de eventos discretos como Promodel facilita la comprensión del procedimiento de la mejora continua implementada.

El paso Optimización del sistema de Manufactura consiste en realizar mejoras en el sistema actual de manufactura con base en teorías y conceptos de modelación de sistemas de Manufactura, este paso permite entregar un sistema optimizado y esbelto a los planes de acción de KAIZEN; el paso simulación final de resultados, permite al equipo de aplicación de la Manufactura Esbelta el estado final en tiempo real del sistema incluidas todas las mejoras realizadas durante la implementación.

Con los anteriores pasos explicados, la Metodología propuesta para la actual investigación adaptada a las necesidades del entorno regional se presenta a continuación.

#### FASE DE PREPARACIÓN

• Paso 1 Compromiso con la Manufactura Esbelta
• Paso 2 Selección de flujo de Valor a Analizar
• Paso 3 Aprender acerca de la Manufactura Esbelta

#### FASE DE ANÁLISIS

• Paso 4 Definición de los Objetivos
• Paso 5 Análisis de la Demanda
• Paso 6 Análisis Financiero
• Paso 7 Análisis del Estado Actual
• Paso 8 Simulación del Estado Actual
• Paso 9 Diseño del Estado Futuro

#### FASE DE IMPLEMENTACIÓN

• Paso 10 Optimización del Sistema de Manufactura
• Paso 11 Plan de Acción
• Paso 12 Simulación Final de resultados
• Paso 13 Perfección

Los pasos de la Metodología se explican a continuación

1) Paso 1: compromiso con la manufactura esbelta

Con previa capacitación de los integrantes del equipo de Manufactura Esbelta, se deben seguir los siguientes pasos:

a) *Nombramiento del líder del proyecto y los miembros del equipo Esbelto*

b) *Anunciar el proyecto de Implantación de la Manufactura Esbelta; el líder del proyecto junto*

con los miembros del equipo deben transmitir a todos los integrantes de la empresa el comienzo del desarrollo del proyecto.

c) *Reconocimiento del piso de taller; tanto el líder del proyecto como los integrantes del grupo deben analizar los aspectos de operaciones y procesos del sistema basados en la observación.*

2) *Paso 2: selección del flujo de valor*

La selección del Flujo de valor consiste en identificar la cadena de valor crítica que más afecta los procesos de transformación de la empresa. Para la selección de la cadena de flujo de valor

se utilizan comúnmente dos métodos: el Análisis Producto-Cantidad o el análisis Producto-Ruta.

El Análisis Producto Cantidad se determina por la clasificación y jerarquización de los productos según la cantidad de producción requerida, para realizar el análisis producto cantidad se realizan los siguientes pasos:

- a) *Clasificar los tipos de producto*
- b) *Determinar la cantidad de cada producto*
- c) *Determinar el porcentaje correspondiente a cada cantidad*
- d) *Determinar el porcentaje acumulado de los productos*
- e) *Seleccionar el 80% de los productos o procesos que presentan algún tipo de problema.*

El análisis de producto ruta asocia los productos con rutas iguales o similares; al asociar los productos por rutas iguales o similares aparecen cantidades correspondientes

### 3) Paso 3: Aprender acerca de la Manufactura Esbelta

Este paso define las cualidades y habilidades que deben poseer los involucrados directamente en el proyecto de Manufactura Esbelta; para fortalecer las capacidades y habilidades del personal involucrado se deben seguir 5 pasos.

- a) *Definir los atributos que debe tener un involucrado de implementación de Manufactura Esbelta*
- b) *Identificar los niveles actuales en capacidades y habilidades que se encuentran los miembros del equipo.*
- c) *Elaborar un plan de entrenamiento*
- d) *Evaluar la efectividad del entrenamiento*

### 4) Paso 4. Definición de los objetivos

La definición de los objetivos debe ir enfocada a los siguientes aspectos:

- **Caso del Negocio:** identificación de la problemática del negocio
- **Declaración del valor:** determinar qué se quiere alcanzar con la implementación
- **Requerimientos claves:** determinar los requerimientos claves para alcanzar las mejoras
- **Métricas:** determinar las métricas claves para alcanzar los requerimientos

- **Estado Ideal:** definir los factores claves de una cadena de valor "Esbelta" que se desean mejorar durante la implementación

### 5) Paso 5. Análisis de la demanda

El análisis de la demanda prepara al encargado de producción de hacer los arreglos necesarios para cumplir con la demanda del cliente; para el análisis de la demanda se deben seguir los siguientes pasos:

- a) *Determinar la demanda actual de los productos de la cadena de Valor*

Para determinar la demanda del estado actual se pueden utilizar el cálculo de la demanda por pronóstico o la demanda del año anterior.

- **Demanda por pronóstico:** Para cálculo de la demanda por pronóstico se pueden utilizar los siguientes métodos: Método cualitativo, método de proyección histórica o los métodos Causales.
- **Demanda del año anterior:** Se utiliza la demanda del año anterior y se ajusta a través del tiempo. Para apoyar la demanda del año anterior se utiliza el cálculo del takttime; el takttime es una palabra alemana que significa ritmo; el takttime se calcula de la siguiente forma:

*"Takttime = Tiempo Total Disponible/Demanda del Producto"*

El takttime muestra al ritmo que deben trabajar todas las estaciones de trabajo para cumplir con la demanda del cliente.

### 6) paso 6. Análisis financiero

Sánchez, (2005) propone que análisis financiero está basado sobre "El retorno de los activos claves"; para el análisis financiero se requieren cumplir con los siguientes pasos: Obtener la información financiera y calcular el retorno de activos claves; cada uno de estos pasos se explica a continuación:

- a) *Obtener la información Financiera:*

La información financiera se basa en conocer los siguientes aspectos:

- **Ingresos anuales de la cadena de valor**
- **Desglose de los costos de la cadena de Valor.**
  - Es el valor resultante de restar ingresos menos costos o EBIT (Ganancias antes de intereses e impuestos, por sus siglas en inglés).
  - $EBIT = \text{Ingresos} - \text{Costos}$

b) *Cálculo del retorno de activos claves:* Calcular el retorno de activos claves, incluye obtener la información correspondiente a tres indicadores, estos indicadores son:

- Ingresos anuales: Depende de amplitud de la utilización de las maquinarias para cumplir con las demandas.
- Ganancias antes de Intereses e impuestos: Este indicador será representado por el EBIT, visto anteriormente.
- Retorno de activos claves: representa ganancia antes de intereses e impuestos dividida sobre el total de los activos anuales.

7) Paso 7. Análisis del estado actual

El análisis del Estado actual se enfoca al comportamiento del sistema de Manufactura basado en los datos recopilados; estos datos son Reza (2007):

- Tiempo de Ciclo
- Tiempo de Preparación
- Disponibilidad
- Numero de Operarios
- Tamaño de lote
- Tamaño del inventario en proceso.

Los anteriores datos impactan en las métricas de la Metodología según los objetivos del proyecto; las métricas son presentadas en la Tabla II.

TABLA II  
INSTRUMENTO DEL NIVEL DE ALCANCE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFÍA DE MANUFACTURA  
ESBELTA EN LAS FASES DE APLICACIÓN DE LOS INDICADORES.

	KPIs	Nivel 1					Nivel 2				Nivel 3			
		Unidad	Nivel	Medida	RAG	Observación	Nivel	Medida	RAG	Observación	Nivel	Medida	RAG	Observación
1	Costo total	\$												
2	Calidad	dpm												
3	Tiempo de entrega	horas												
4	Inventario administración	Unidad												
5	Utilización de espacio	M <sup>2</sup>												
6	Distancia de viajes	Mts												
7	Productividad	\$												
8	Procesos	Mins												
9	Movimientos	Unidad												

Fuente: Adaptada de Nivel de alcance de implementación del estatus de la Manufactura Esbelta antes y después de KPIs. ( Mohammad et, al., 2009).

La Tabla II muestra los nueve indicadores que miden el estado de la empresa en cada etapa; cada uno de estos indicadores está medido en unidades correspondientes que aparecen en la columna de nombre "Unidad", estas unidades están escritas en la Tabla en forma de símbolos, estos símbolos se describen a continuación:

\$: pesos colombianos; *Dpm*: Defectos por millón

*Unidad*: Unidades de producto; *M<sup>2</sup>*: Metros cuadrados; *M*: Metros lineales; *Mins*: Minutos

La columna RAG, (Red, Ámbar, Green) que por sus siglas en el idioma español significa rojo, anaranjado y verde, Identifica visualmente el estado del indicador en cada nivel (Mohammad et al., 2009), el estado Rojo significa que el estado del

indicador es grave y no funciona adecuadamente, el estado anaranjado significa que el problema es de atención y se puede mejorar aún más, el estado verde significa que el indicador trabaja aceptablemente y favorece a todo el sistema. Este instrumento de medición es aplicado en cada fase de investigación.

8) Paso 8. *Simulación del estado actual* Este paso se explico en las Fig.8 y Fig.9

9) Paso 9. Diseño del estado futuro

El diseño del estado futuro consiste en la determinación de los desperdicios del sistema actual de manufactura (Ver Tabla III) y el procedimiento para eliminarlos.

La Tabla III Muestra los 7 principales desperdicios de un sistema de manufactura discreto y la forma de eliminarlo.

TABLA III  
LOS 7 DESPERDICIOS TÍPICOS EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN CONTROLADOS POR LA METODOLOGÍA DE MANUFACTURA ESBELTA

DESPERDICIO	FORMA DE ELIMINARLO
Sobreproducción	o Reducir los tiempos de preparación, sincronizar cantidades y tiempos entre procesos, hacer sólo lo necesario
Espera	o Sincronizar flujos , Balancear cargas de trabajo, trabajador flexible
Transporte	o Distribuir las localizaciones para hacer innecesario el manejo / transporte, Racionalizar aquellos que no se pueden eliminar
Proceso	o Analizar si todas las operaciones deben de realizarse o algunas de ellas pueden ser eliminadas sin afectar la calidad del producto y/o servicio.
Inventarios	o Acortar los tiempos de preparación y de respuestas y sincronizarlos para poder trabajar con inventarios más pequeños
Movimiento	o Estudiar los movimientos para buscar economía y conciencia. Primero mejorar y luego automatizar
Productos defectuosos	o Desarrollar el proceso para prevenir defectos, estableciendo controles para no aceptar productos defectuosos o no conformes , hacer los procesos a prueba de tontos

Fuente: Coutin, 2005.

10) Paso 10. Optimización del sistema de manufactura Este paso se describió en las figuras 7, 8, 9,10.

11) Paso 11. Plan de acción consiste en implementar las herramientas de la Manufactura esbelta y optimización del sistema de Manufactura de acuerdo a un evento Específico.

12) Paso 12. Simulación final de resultados. Muestra dinámicamente el comportamiento ideal del sistema teniendo en cuenta las mejoras previamente realizadas en los pasos anteriores. (Ver fig.11).

13) Paso 13 perfección: Representa el Mejoramiento continuo donde se continúa analizando el sistema, comenzando nuevamente con un Mapa del Estado Actual direccionado hacia las nuevas metas y objetivos de la Empresa.

### CONCLUSIONES

La metodología de manufactura Esbelta es usada en países industrializados como Estados Unidos y México para eliminar desperdicios y reducir costos.

La Manufactura Esbelta es una Metodología que debe ser actualizada a través de las exigencias tecnológicas e industriales contemporáneas.

Debido a la alta variabilidad en procesos y productos de las pequeñas y medianas empresas la Metodología de manufactura Esbelta debe ser adaptada a este tipo de Variabilidad; la Optimización y modelación de sistemas de Manufactura

apoyan a reducir la variabilidad de los procesos en los productos.

La simulación de eventos discretos aplicados a la metodología de Manufactura Esbelta permite observar el comportamiento de las decisiones tomadas para Desarrollar el estado futuro ideal.

La simulación es la herramienta adecuada para solucionar problemas de secuenciación de productos mixtos en líneas de producción donde influirá la aplicación de la Manufactura Esbelta.

La Manufactura Esbelta requiere de procesos estandarizados en gestión de Calidad en documentos de control de demandas e inventarios para optimización de los resultados en tiempo y precisión.

### REFERENCIAS

- [1] Askin, R. and . Standridge, C. (1993). Modeling and Analysis of Manufacturing Systems, Wiley
- [2] Cardoza, G. (2009). Implementación de Manufactura Esbelta para el flujo de materia prima en una nueva nave industrial de la industria médica. Tesis.
- [3] Coutin, C. (2003). "Lean Manufacturing". Recuperado el 19 de agosto de 20011, de <http://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&lr=&q=cach e:Fzlr02G55gkJ:www.aciq-cv.com/varios/lean-manufacturing.doc+MANUFACTURA+ESBELTA.I>
- [4] Dailey, K. (2003). The lean manufacturing pocket handbook, editorial DW Publishing. Estados Unidos.

- [5] Ho Kok, H. and Muthusamy, K. (2010). A Statistical Analysis Using Simulation On a Lean Manufacturing Model,
- [6] Mohammad, A. & Hazrulnizamm (2009), The level of achievement of lean manufacturing implementation status before and after the development of KPIs at an aerospace manufacturing company.
- [7] Piuzzi, G. (2008). Reto global e incertidumbre en las cadenas de suministro. VII simposio internacional de Logística y Supply chain. Caracas. Venezuela.
- [8] Sánchez, .R. (2005) Metodología Integral de la implantación del sistema de Manufactura Esbelta. Rosalba Sánchez. (2005)
- [9] Tapping, D. Luyster, T. & Shuker, T. (2002) "Value Stream Management, eight step to planning, mapping, and sustaining lean improvements". Productivity Press.
- [10] Valles, D. Nathan, J. y Viswanathan, V. (2005). A Functional Modeling and Discrete Event Simulation based approach to understand the Lean Manufacturing.