

**METODOLOGÍA DE REDISEÑO DE PROCESOS DE MANUFACTURA.  
Caso Empresas Metalmecánicas.**

**ELIANA MARCELA PEÑA TIBADUIZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

**METODOLOGÍA DE REDISEÑO DE PROCESOS DE MANUFACTURA.  
Caso Empresas Metalmecánicas.**

**ELIANA MARCELA PEÑA TIBADUIZA**

**Trabajo de Investigación realizado para optar por el título de Magister  
en Ingeniería Industrial.**

**Director.**

**NESTOR RAUL ORTÍZ PIMIENTO, Msc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

El resultado del proyecto para optar por el título de magíster, presentado en este documento, fue apoyado en gran parte por del Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Guitierrez de Pineda”, de Colciencias. El cual fue ejecutado con el grupo de investigación en optimización y organización de sistemas productivos, administrativos y logísticos, OPALO, de la Universidad Industrial de Santander.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	10
1. MARCO DE REFERENCIA.....	13
2. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR METALMECÁNICO .....	22
3. OBJETIVO DEL PROYECTO .....	26
4. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	27
5. METODOLOGÍA DE REDISEÑO DE PROCESOS DE MANUFACTURA – MRPM. ....	29
5.1. FASE INICIAL .....	30
5.1.1. Condiciones Iniciales.....	31
5.1.2. Definición del Alcance del Rediseño. ....	34
5.2. REDISEÑO GENERAL.....	37
5.2.1. Descripción del Proceso de Manufactura.. ....	38
5.2.2. Análisis del Proceso de Manufactura. ....	39
5.2.3. Plantear Mejoras para el Proceso de Manufactura.. ....	41
5.3. REDISEÑO FOCALIZADO .....	41
5.3.1. Identificar el Puesto de Trabajo Crítico.. ....	41
5.3.2. Identificar y Formular Oportunidades de Mejora.. ....	43
5.4. IMPLEMENTACIÓN.....	46
5.4.1. Selección de Mejoras a Implementar.. ....	46
5.4.2. Balance de Línea. ....	47
5.4.3. Plan de Implementación.....	47
5.5. IMPLEMENTACIÓN EN LAS EMPRESAS METALMECÁNICAS EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA .....	48
6. CONCLUSIONES .....	52
REFERENCIAS .....	54

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Enfoques de Mejoramiento de Procesos de Negocio. ....	13
Figura. 2 Sostenibilidad en la Mejora Continua de Procesos.....	15
Figura. 3 Enfoques de Mejoramiento de Procesos .....	17
Figura. 4 Métodos de Mejora .....	24
Figura. 5 Metodología de Rediseño de Procesos de Manufactura .....	29
Figura 6 Fase Inicial.....	30
Figura 7 Condiciones Iniciales para el Rediseño de Procesos en Empresas de Manufactura. ....	33
Figura 8. Matriz de Familia de Productos .....	35
Figura 9. Pareto selección de productos o familias a rediseñar.....	36
Figura 10. Fase de Rediseño General .....	37
Figura 11. Fase de Rediseño Focalizado .....	41
Figura 12. Fase de Rediseño Focalizado .....	46
Figura 13. Junta Fija .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## RESUMEN

**TÍTULO:** METODOLOGÍA DE REDISEÑO DE PROCESOS DE MANUFACTURA. Caso: Empresas Metalmecánicas\*.

**AUTOR:** PEÑA TIBADUIZA, ELIANA MARCELA\*\*.

Para el mejoramiento organizacional, algunas empresas prefieren realizar mejoras incrementales para minimizar el riesgo y el costo generado en el proceso de mejora y de esta manera alcanzar un impacto positivo en el desempeño de sus procesos. Esta es una razón por la cual se ha seleccionado al rediseño de procesos como tema del presente trabajo. Adicionalmente, después de una revisión bibliográfica sobre rediseño de procesos, se logró identificar que las empresas no lo aplican porque no están preparadas o porque desconocen cómo hacerlo.

Este documento presenta una metodología de rediseño de procesos para la mejora en empresas de manufactura, que pueda ser fácilmente implementada en empresas del sector metalmecánico de Bucaramanga y su área metropolitana. Esta metodología incluye las condiciones iniciales que debe poseer una empresa para iniciar un rediseño de procesos. Adicionalmente presenta dos enfoques de mejoramiento: el primero de ellos es general, pues se relaciona con las mejoras de todo sistema productivo; el otro es un rediseño focalizado, este se asocia a las mejoras en el puesto de trabajo crítico. Para esto se realizó una revisión de las metodologías actualmente documentadas bajo este enfoque y modelos de madurez para la gestión de procesos, que sirvieron como base para la definición de las fases y pasos que componen la metodología presentada.

**PALABRAS CLAVES:** Empresas de manufactura, mejoramiento de procesos, metodología, metalmecánica, rediseño de procesos.

---

\* Tesis

\*\* Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Programa de Maestría en Ingeniería Industrial. Director: Nestor Raúl Ortíz Pimiento, Msc.

## ABSTRACT

**TITLE:** PROCESS REDESIGN METHODOLOGY FOR MANUFACTURING ENTERPRISES. Case: Metalworking Enterprises<sup>\*</sup>.

**AUTOR:** PEÑA TIBADUIZA, ELIANA MARCELA<sup>\*\*</sup>.

Some companies prefer to implement incremental improvements, because by this way the risk and cost were minimized, but it is possible to achieve significant process performance impacts. So, the process redesign is the focus in this work, because it is an improvement approach which has those characteristics and can be used by manufacturing companies. Also, after a review about process redesign, it is identified that the companies do not implement this kind of improvements because they are not prepared or they do not know how to do it.

An improvement process methodology for manufacturing companies is presented in this document, using the redesign approach and which can be applying in metalworking industry. This methodology presents the enterprise's initial conditions to implement a process redesign in an effective way. The methodology has two approaches: first a general scope, which is about the improvement in whole productive system; second the focus redesign, which is about the critical work station improvement. For the definition of the process redesign methodology for manufacturing enterprises, the current improvement methodologies which have a redesign approach and maturity models that apply to manufacturing companies were reviewed, to define its phases and steps.

**KEY WORDS:** Manufacturing companies, metalworking, methodology, process improvement, process redesign.

---

<sup>\*</sup> Thesis

<sup>\*\*</sup> School of Business and Industrial Studies. Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Advisor: Nestor Raúl Ortiz Pimiento, Msc.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años se ha notado una transformación muy marcada en el ambiente de los negocios en el cual las empresas de manufactura están operando: los mercados de hoy son altamente dinámicos y los clientes demandan desempeños mejores (Silva, 2006). Es posible considerar que el paradigma del mejoramiento radica en lograr identificar en dónde se debe hacer y cómo lograr su éxito. Para esto existen diversos modelos de mejoramiento de procesos, algunos requeridos por los clientes, otros son implícitamente requerimientos del mercado, algunos pueden ser impuestos por reglamentaciones o normas y también se encuentran otros que buscan aumentar la competitividad (Paulk, 2008).

Sobre el tema, Chan & Spedding (2003) y Paiva et al. (2008) plantean que el mejoramiento es una práctica necesaria para responder a los continuos cambios en las condiciones del negocio enmarcados en ciclos de vida de los productos ahora más cortos, aumento de estándares de calidad de producto y alta competitividad, lo que ha generado varias orientaciones de los conceptos relacionados con la mejora de procesos, así como metodologías y filosofías, los cuales han evolucionado respecto a las necesidades de la industria y se han fusionado para su mejor efectividad (Bendell, 2005; Dalmaris, Tsui, Hall, & Smith, 2007; Paulk, 2008). Este despliegue de iniciativas de mejora puede explicarse si se tiene en cuenta que para el año 2009 el mejoramiento de procesos hace parte del top 10 de las prioridades de negocio, de acuerdo a una encuesta realizada por Gartner y que incluyó a 1.526 Jefes de las Oficinas de Información, CIO's (Zellner, 2011).

A partir de la revisión de la literatura se han identificado diversos enfoques para la mejora de procesos, los cuales varían según su impacto, los costos,

los recursos necesarios, la repetitividad de la misma, entre otros; pero que apuntan a unos objetivos generales: la mejora de la calidad, la reducción de los costos, la disminución del tiempo de procesamiento y aumento de la flexibilidad. También Jarvenpaa & Stoddard (1998) observan que las empresas para su mejoramiento quieren realizar cambios radicales en el momento de hacer un diseño de los procesos, pero cuando van a realizar la implementación prefieren hacer cambios evolutivos, con el fin de minimizar los costos y el riesgo.

Dentro de esta perspectiva se presenta el rediseño de procesos como uno de los enfoques desarrollados para el mejoramiento en las organizaciones, tema central del presente documento. Adicionalmente, los aspectos mencionados en el párrafo anterior permiten evidenciar la razón por la cual el rediseño de procesos ha tomado fuerza como enfoque para realizar mejoramiento continuo en las organizaciones en busca de responder a los cambios del entorno, las exigencias del mercado, de los clientes, las leyes y para ser competitivos.

Adicionalmente, O'Neill & Sohal (1999) afirman que existe la necesidad del estudio de aspectos claves de éxito y fracaso en los esfuerzos de mejoramiento de procesos. También se ha planteado que es necesario considerar el estudio de las condiciones en las que se enmarcan las acciones de mejoramiento (Mansar & Reijers, 2005). Esto ha llevado al desarrollo de diversas metodologías y aportes en el mejoramiento de procesos; pero que en muchas ocasiones no presentan el detalle requerido para su implementación.

Una vez realizada una revisión de la literatura no se evidencian metodologías de mejoramiento de procesos para empresas de manufactura, bajo el enfoque de rediseño de procesos, que contengan la especificidad necesaria (pasos claros), que sean una guía para su adopción e implementación, y que

especifiquen las características organizacionales requeridas para la aplicación efectiva del rediseño.

Buscando un valor agregado al trabajo a realizar, se presenta la oportunidad de implementar la metodología en una empresa del sector metalmecánico. Este sector ha sido de gran importancia para Colombia, pero se ha evidenciado una drástica reducción de la participación de la industria metalmecánica en el PIB manufacturero<sup>1</sup>, razón por la cual la mejora de las empresas de este sector apuntaría a su fortalecimiento. Sobre las empresas de la localidad de Bucaramanga, se evidenció que la gestión de los procesos se ha realizado enfocada a la gestión de la producción en la mayoría de las organizaciones y se demuestra una gestión de corte operativo. Esto evidencia la falta de objetivos organizacionales enfocados al mejoramiento continuo, que a su vez impulsen las mejoras en los procesos productivos. Así mismo falta profundizar cómo las empresas del sector industrial emprenden acciones encaminadas a la mejora en busca de niveles óptimos, una vez controlados y gestionados los procesos.

En el presente documento se dan a conocer los resultados del trabajo descrito; para lo cual se presenta un estudio del marco de referencia en busca de unificar el concepto de rediseño de procesos a partir de una caracterización de los enfoques de mejoramiento que se encuentran en la literatura; enmarcándolo en las empresas de manufactura. También se presenta la caracterización del sector metalmecánico. Luego se describirá la metodología de rediseño de procesos de manufactura, aplicables a empresas con una producción repetitiva; y los aspectos relevantes de la implementación en las empresas metalmecánica. Finalmente se presentan las conclusiones de este trabajo.

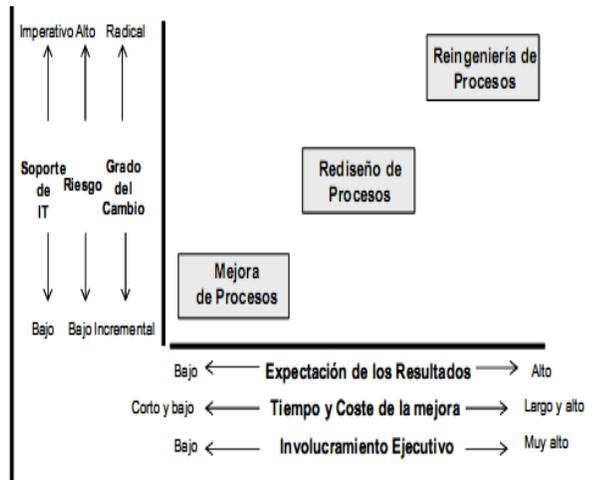
---

<sup>1</sup> Misas Arang, G. Así Evolucionó la Industria Colombiana. Agencia de Noticias Universidad Nacional de Colombia. En línea: <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/Ediciones/107/08.html>

## 1. MARCO DE REFERENCIA

Para abordar el concepto de mejoramiento de procesos con un enfoque de rediseño, es importante dejar claro que se empieza a establecer a partir del estudio de la economía de movimientos y tiempos tratados por Taylor (1911) y los esposos Gilberth; los cuales han sido las bases para el desarrollo del concepto de proceso y el mejoramiento de procesos, que se sigue estudiando a través de los años. En este aspecto se ha tomado proceso como una serie de actividades u operaciones que transforman una entrada en una salida definida (Kast & Rosenzweig, 1972); para el presente trabajo, la revisión de literatura se centrará en los procesos de manufactura, donde la salida es un bien físico.

**Figura 1.** Enfoques de Mejoramiento de Procesos de Negocio.



Fuente: Adaptación de (McDonald, 1995). P.22.

La identificación de diferentes enfoques de mejoramiento de procesos ha sido trabajado por Mcdonald (1995), quien planteó tres grupos: 1) mejoramiento continuo de procesos, 2) rediseño de procesos y 3) reingeniería de procesos. En la Figura 1 se aprecian los tres enfoques según el nivel de soportes en tecnologías de la información, el riesgo y el grado del cambio, en contraste con el nivel de expectación de los resultados, el tiempo, costo y la participación del nivel ejecutivo. Es decir, el rediseño de procesos hace referencia a las mejoras que son de mediano impacto, con un riesgo intermedio, no alto. Igualmente, los recursos requeridos como tiempo y costos no son altos.

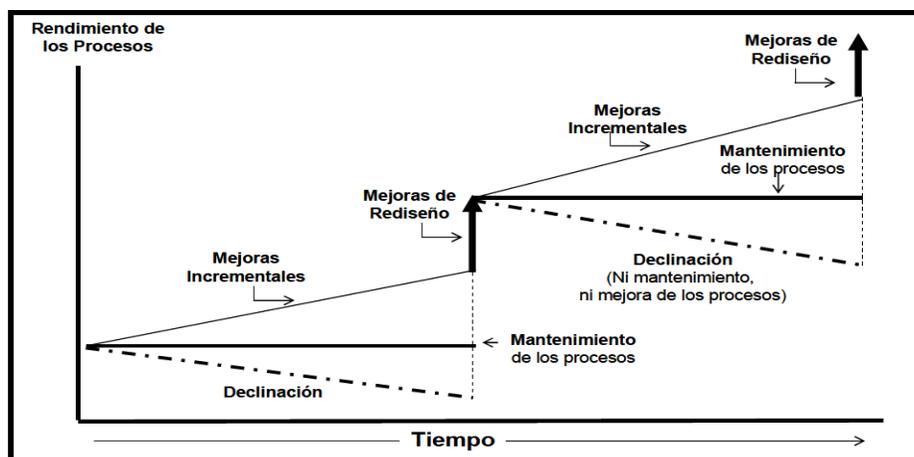
Continuando con los enfoques de mejoramiento de procesos, Jackson & Sloane (2003) plantean tres dimensiones: a) la mejora de procesos del negocio, b) la reingeniería de procesos y c) la rearquitectura de los procesos. El primero se enfoca en pequeñas mejoras que pueden generar un impacto en la organización entre un 15 y 25%; el segundo consiste en remodelar los procesos con cambios un poco más radicales y con un impacto entre el 25 y 45%; y el último es un verdadero cambio en toda la organización, estimándose un impacto superior al 40% y hasta un 65%. Bajo esta visión el rediseño de procesos de Mcdonald es nombrado como reingeniería.

Acerca del rediseño de procesos Davenport & Short (1990) plantean que es necesaria la descripción de los procesos, la definición de procesos claves y en el análisis del valor, para la reducción de los tiempos de ciclo, mejorando la cadena valor y la competitividad. Así mismo Tenner y De Toro (1997) afirman que el rediseño de procesos desarrolla las mejoras en los procesos integrales y no sólo en mejoras caracterizadas por la resolución de problemas (Suárez Barraza & Ramis Pujol, 2007).

Elzinga et al. (1995) y Zairi (1997) plantean una visión del rediseño de procesos como una evolución del mejoramiento desde una percepción de la

solución de problemas, hasta una mejora estructura que analiza los procesos de manera integral y que su impacto traspasa los límites del proceso mismo, con el fin de alcanzar beneficios visibles y contundentes. Adicionalmente (Hung, 2006) muestra que el rediseño de procesos debe involucrar a todo el personal para su implementación (Suárez Barraza & Ramis Pujol, 2007); así mismo (R. G. Lee & Dale, 1998) identifican que es necesario que el mejoramiento se realice de manera estructurada, coordinada y dirigida, puesto que el personal usualmente no invierten mucho tiempo en buscar oportunidades de mejora en su actividad.

**Figura. 2** Sostenibilidad en la Mejora Continua de Procesos



Fuente: (Suárez & Ramis, 2007) p. 61

Como una evolución del concepto de mejoramiento de procesos, Suárez & Ramis (2007) presentan la importancia de la sostenibilidad de la mejora continua, entendiéndola como el mantenimiento y mejora de los procesos de la organización, en busca de un crecimiento, evitando un estancamiento o deterioro. Para entender el concepto se presenta la Figura 2, la cual es una adaptación de los conceptos planteados por Imai y Harrington; donde la operación de los procesos se representa con líneas continuas y la declinación o hundimiento se muestra con líneas punteadas. En esta figura

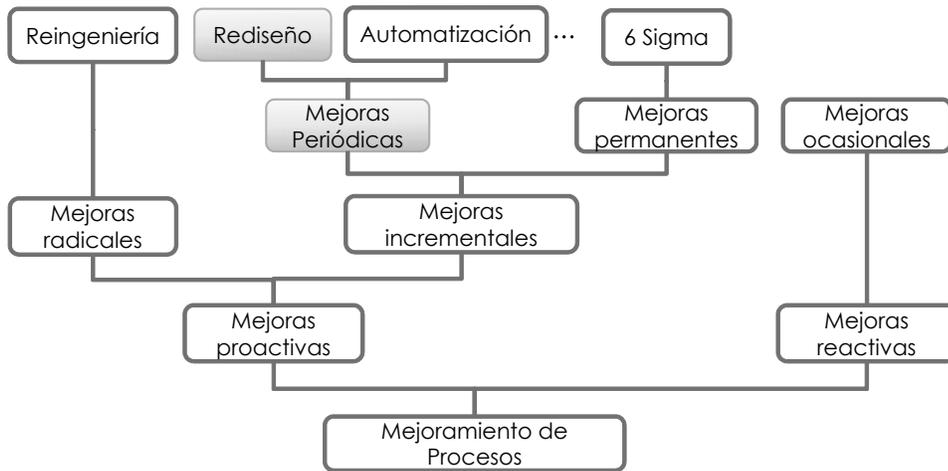
se entiende el rediseño de procesos como una acción planeada en el tiempo y tiene un impacto significativo en el rendimiento de los procesos.

Analizando los aportes de la literatura y las iniciativas de mejora en las empresas de manufactura, es posible apreciar que éstas se realizan con el fin de mejorar su sistema productivo y pueden estar direccionados en mejorar diversos aspectos como la calidad de los productos, el control del sistema productivo, pero es de interés para el presente trabajo la mejora de la eficiencia operativa de los procesos (process improvement).

Partiendo de la revisión de la información recopilada, se logra evidenciar que cuando las empresas plantean y desarrollan mejoras para responder a disminuciones en sus ingresos y productividad, pueden ser consideradas como mejoras de tipo reactivo; cuando en su planeación estratégica identifican la necesidad de mejorar, se trata de una mejora proactiva. Así mismo, se identifica que el grado de cambio de las mejoras implantadas puede ser incremental o radical, donde este último hace referencia a la reingeniería, la cual es una reestructuración completa de sus procesos. Las mejoras de corte incremental pueden llegar a ser: permanentes (se realizan constantemente) o periódicas (en instantes de tiempo planificados), como lo es el rediseño. En la Figura. 3 se presenta esta clasificación; cabe aclarar que el concepto planteado por Suarez & Ramis como mejora incremental, es similar al presentado como mejoras permanentes.

Es posible concluir que el rediseño es una vía para el mejoramiento de procesos, de corte evolutivo y se desarrolla de manera planificada en el tiempo obedeciendo a un análisis de los procesos, llevándose un control y evaluación de la mejora. El impacto que el rediseño de procesos tiene en la organización se estima a un nivel medio, obteniendo beneficios visibles y contundentes (R. G. Lee & Dale, 1998; Mansar & Reijers, 2005a; Suárez Barraza & Ramis Pujol, 2007)

**Figura. 3** Enfoques de Mejoramiento de Procesos



**Figura. 4** Enfoques de Mejoramiento de Procesos

Paralelamente a la evolución del concepto de rediseño de procesos, se han planteado metodologías que ayuden a su implementación en las organizaciones. En este aspecto Davenport & Short (1990) plantearon que es importante entender los procesos existentes, definir los instrumentos de información y construir un prototipo del proceso.

También Kaplan y Murdock en 1991, presentaron la metodología Core Process Redesign Management (O'Neill & Sohal, 1999), en donde se rescata la inclusión de las necesidades del cliente para la identificación del proceso a mejorar y la identificación las brechas entre la ejecución actual del proceso y la ejecución requerida. En el mismo año se generó la metodología llamada Procesos de Mejoramiento de Procesos, POPI (the process of process improvement), formulada por Abbott en 1991 (Povey, 1998), el cual describe como fase final una evaluación de la efectividad de la mejora.

También se ha desarrollado la metodología de Mejora de los Procesos del Negocio (Business Process Improvement, BPI), la cual ha sido trabajada por autores como Galloway, Ward y Harrington, quienes plantean unas fases que

se basan en la identificación de los procesos críticos para mejorarlos, midiendo y controlando dichas mejoras y emprendiendo una mejora continua para la empresa. Esta metodología ha sido la base para otros planteamientos posteriores (Carpinetti, Buosi, & Gerólamo, 2003). Así mismo, se formuló una Guía para la Mejora Continua (Rohleder & Silver, 1997), donde se contempla la actividad de simplificar el proceso, para eliminar los desperdicios.

Luego, K. T. Lee & Chuah (2001) planteó en su “Super metodología” para el mejoramiento de procesos, que es necesario incluir la generación del compromiso por parte de la alta dirección y del personal, como punto importante para el éxito del proceso de mejora. Otros autores (Kettinger, Teng, & Guha, 1997) formularon una metodología compuesta por las siguientes fases: visionar, iniciar, diagnosticar, rediseñar, reconstruir, y evaluar; describiéndolas por medio de actividades. Complementariamente, Urgan (2006) diseñó una metodología donde se incluye una etapa en la cual se busca conformar un equipo de mejora de procesos.

Como campo de interés del presente trabajo, a continuación se describen a manera general las metodologías de rediseño de procesos para las empresas de manufactura; teniendo en cuenta aquellas planteadas entre los años 2003 y 2011.

Una metodología que ha tenido gran acogida es el Mapeo de la Cadena de Valor, (Value Stream Mapping, VSM), que nace como una herramienta de la manufactura esbelta (lean) y esta compuesta por las etapas de identificación, demostración y disminución del desperdicio en el sistema productivo; incluyendo la capacitación del personal involucrado en el proceso de mejora (Cuatrecasas & Olivella, 2004; Serrano, 2007).

Así mismo, Chan & Spedding (2003) generaron la metodología integrada de mejoramiento de procesos para sistemas de manufactura (Integrated

Multidimensional Process Improvement Methodology, IMPIM), en ella se plantea realizar el mejoramiento por medio del modelamiento del sistema productivo global. Por medio de esta metodología los autores buscan atacar los objetivos de optimización de la producción, la minimización de los costos y el control de la calidad. Se identifica como factor limitante para su implementación la necesidad de un sistema de información robusto para lograr realizar un adecuado modelamiento.

Por otra parte se planteó una metodología para el desarrollo de mejoramiento sostenido de la productividad, enfocada a empresas manufactureras, por parte de Herron & Braiden (2006), con el objeto de ser una guía en la implementación de mejoras focalizadas tomando como referente la filosofía de Lean Manufacturing. La particularidad de dicha metodología es que la mejora se realiza teniendo en cuenta el análisis de las necesidades de productividad (PNA), el análisis de las necesidades de manufactura (MNA) y el análisis de necesidades de entrenamiento (TNA).

En el año de 2006, Tupa et al. (2006) presentaron una metodología denominada CQT (Cost-Quality-Time), enfocada en el mejoramiento de la calidad, tiempo de procesamiento y reducción de costos. Esta metodología realiza un aporte al intentar combinar principios ya utilizados para la mejora de procesos de manufactura y métodos de gestión de procesos de negocio, como por ejemplo el uso de Teoría de Restricciones de Goldratt para la identificación de los procesos críticos, que es analizado por medio de las mediciones de desempeño del proceso.

Es posible apreciar que recientemente existe una tendencia hacia la integración de metodologías ya definidas, como lo es la formulada por Dassisti (2010), HY-CHANGE, la cual toma apartes tanto de Reingeniería de Procesos y Mejoramiento Continuo de Calidad, tanto para sus fases como

herramientas a utilizar. En ella se da gran importancia al cómo realizar ejercicios de cambio enfocados al mejoramiento de los procesos.

A partir de la revisión de literatura presentada, se lograron identificar algunas brechas de investigación, la primera de ellas es que no todas las metodologías incluyen el entrenamiento e involucramiento del personal de la empresa como factor importante para el éxito de la mejora (Dassisti, 2010). Razón por la cual en algunos casos de estudio se puede apreciar que los trabajadores no se comprometen el desarrollo de las metodologías de mejoramiento de procesos (R. G. Lee & Dale, 1998).

Como segundo aspecto identificado, se relaciona a la necesidad de procedimientos o guías claras para la implementación de las metodologías de mejoramiento (Griesberger, Leist, & Zellner, 2011; Mansar & Reijers, 2005a; Zellner, 2011). También se considera la falta de detalle en las herramientas a utilizar, los resultados esperados y la relación entre cada una de las fases o pasos de la metodología (Dassisti, 2010).

Esto lleva a que los procesos de adaptación de la metodología a la particularidad de la empresa sean algunas veces complejos (Aguirre Mayorga, 2007; Herron & Braiden, 2006), y se dificulte la identificación del alcance u objeto del mejoramiento para que tenga un mayor impacto (Paulk, 2008). Es por esto que se identifica la necesidad de establecer las características que la empresa debe poseer para la implementación de una metodología de mejora de procesos bajo un enfoque de rediseño de manera efectiva.

Por último, se detecta que las metodologías deben buscar eliminar la subjetividad en las fases de decisión operativa (Dassisti, 2010). Es por esto que se ha buscado formular métodos o herramientas que permitan realizar

una evaluación más sistemática de las oportunidades de mejora (Mansar, Reijers, & Ounnar, 2009).

Concluyendo, se seleccionó como brecha de interés para la investigación adelantada la necesidad de guía, soporte y detalle en cada una de las fases de una metodología de rediseño de procesos; lo que ha causado que las organizaciones terminen realizando mejoras ocasionales que les signifique menos riesgos, pero con menor impacto o beneficio (Herron & Braiden, 2006; Mansar & Reijers, 2005b; Zellner, 2011). Se identificó también que se hace énfasis en los aspectos claves de la implementación de las mejoras, pero no tanto en las características de las empresas para realizar un rediseño, el diagnóstico, el análisis y el proponer alternativas de mejora.

Adicionalmente se revisa que el “Value Stream Mapping” (Abdulmalek & Rajgopal, 2007; Braglia, Carmignani, & Zammori, 2006), la metodología llamada “methodology for developing sustainable quantifiable productivity improvement in manufacturing companies” (Herron & Braiden, 2006) y la “Integrated Multidimensional process improvement Methodology for Manufacturing Systems” (Chan & Spedding, 2003), son las más citadas. Por esto se tomaron como referencia para la metodología planteada en este documento.

## 2. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR METALMECÁNICO

En la construcción de metodología presentada, se ha planteado su aplicación en empresas del sector metalmeccánico en Bucaramanga y su área metropolitana; por lo cual es necesario conocer inicialmente este sector y las empresas que lo conforman. A continuación una breve descripción de dicho sector.

Se identifica en el último censo económico realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), que la estructura empresarial colombiana esta conformada básicamente por microempresas y PYMES (pequeñas y medianas empresas), donde el sector de la industria metalmeccánica y siderúrgica representó el 12.23 % del PIB (producto interno bruto) industrial en el 2008. El Fondo Monetario Internacional afirma que Colombia es el cuarto país de Suramérica con el mejor pronóstico de crecimiento con 4,6%; así mismo el gobierno colombiano plantea su proyección de entre 5.0% y 5.5%.

Cárdenas, Giraldo, Parra, & Sarache (2007), realizaron un estudio para evaluar la estrategia de manufactura en PYMES metalmeccánicas en Colombia, y encontró que el 69,23% de las empresas estudiadas no poseen sistemas de calidad certificados, el 61,5% no posee indicadores de control, el 46,15% percibe la logística como una actividad meramente operativa y el mantenimiento es principalmente correctivo. Las cifras anteriormente mencionadas reflejan la ausencia de una gestión estratégica y mejora de procesos de manufactura en empresas metalmeccánicas.

Adicionalmente, en el estudio de Caracterización de las Cadenas Productivas de la Cámara de Comercio de Bogotá y de datos correspondientes a la clasificación por CIIU (código industrial internacional uniforme) de las

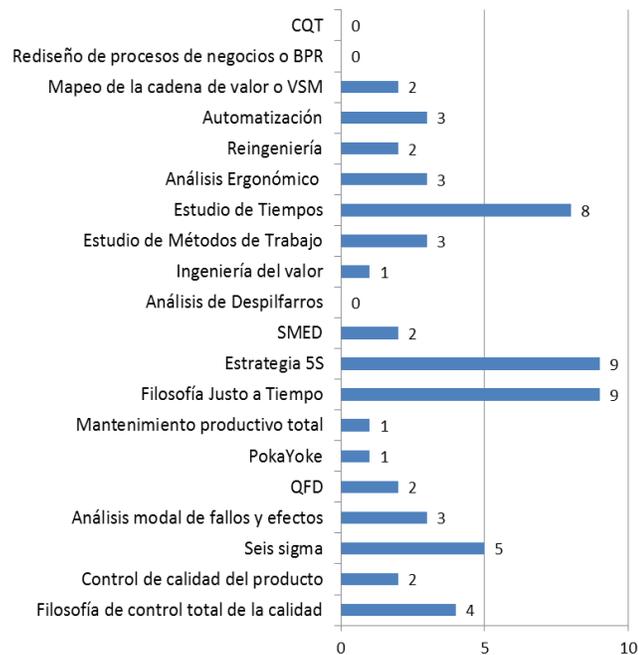
empresas registradas en la cámara de Comercio de Bucaramanga se puede apreciar que el 21% de las empresas metalmeccánicas existentes en el AMB (área metropolitana de Bucaramanga) corresponden a la fabricación de productos intermedios para uso estructural, el 14% de las empresas se dedican a la fabricación de productos finales de maquinaria para diferentes industrias, el 11% de las empresas realizan la prestación de servicios a la cadena productiva metalmeccánica de tratamiento y revestimiento de metales y el 9% de las empresas realizan actividades relacionadas con la extracción de materias primas (Contreras Ferrer & Amaya León, 2011).

Adicionalmente se realizó un estudio para el análisis de la gestión en las empresas del sector metalmeccánico de la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana, conformada por los municipios de Girón, Floridablanca y Piedecuesta. Dentro del grupo de empresas participantes, se encuentra un 46,15% de empresas pequeñas, las cuales son la mayoría de ella; tan sólo el 7,69% son grandes, el 15,38% son medianas y el 30,77% son microempresas. Lo que es coherente con el último censo económico realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), que la estructura empresarial colombiana esta conformada básicamente por microempresas y PYMES (pequeñas y medianas empresas), donde el sector de la industria metalmeccánica y siderúrgica representó el 12.23 % del PIB (producto interno bruto) industrial en el 2008. Además, la participación de las MiPymes (micro, pequeñas y medianas empresas) metalmeccánicas en la industria nacional representa alrededor del 10%; ello muestra la relevancia de este segmento para la industria y el desarrollo socioeconómico de Colombia (Marín Villar, 2010)

Dado que la presente investigación se centrará en las empresas metalmeccánicas del Bucaramanga y AMB, se tomará un estudio realizado por medio de encuestas a 26 de estas organizaciones. A partir del cual es posible identificar que la mayoría de las empresas cuentan con unos

procesos controlados, lo que indica su preocupación por estandarizarlos y mantenerlos, pero hacen falta esfuerzos para lograr mejorarlos continuamente. Esto se evidencia cuando se indaga acerca de los métodos para la mejora de procesos las organizaciones encuestados referenciaron los que se presentan en la Figura 4, en la donde las respuestas más altas corresponden a la estrategia de 5S's, filosofía justo a tiempo y estudios de tiempos; mas no se hace visible la aplicación de una metodología de mejora de procesos como tal.

**Figura. 5** Métodos de Mejora



Fuente: Mutis, S. et. al. (2010)<sup>2</sup>

Este desconocimiento de metodologías claras para la mejora de procesos bajo un enfoque proactivo, se ve reflejado en que el 42,9% de las empresas

<sup>2</sup> Mutis, S., Medina, D., Serrano, L. y Ortiz, P. 2010. Identificación y Análisis de Estrategias para el Mejoramiento de los Procesos de Manufactura en las Pymes del Sector Metalmeccánico De Bucaramanga y su Área Metropolitana. Proyecto de Pregrado. UIS, Bucaramanga.

encuestadas no tienen una alineación estratégica claramente definida, demostrando que la mejora en estas organizaciones no hace parte fundamental en el direccionamiento de la misma. Otro punto a rescatar es que un 34,6% de empresas aún no han fortalecido la gestión de los datos o sistemas de información, para obtener los datos que permitan lograr una mejora continua y poder llegar a optimizar sus procesos.

Adicionalmente se detecta la existencia de empresas que poseen una línea de servicio que no obedece a una producción en serie bajo un diseño definido, pues realizan productos a la medida; las cuales atienden tanto a clientes corporativos (empresas) como a clientes particulares (personas) con requerimientos muy específicos.

### **3. OBJETIVO DEL PROYECTO**

Delimitando entonces el análisis en las metodologías de rediseño de procesos de manufactura, se analiza las brechas identificadas en el apartado anterior y se selecciona como aspectos relevantes a tratar: la necesidad de un mayor detalle en las herramientas y técnicas a utilizar en las etapas de las metodologías, así como identificar las características previas de las empresas de manufactura para realizar un rediseño de sus procesos. Tomando el rediseño como una vía de mejoramiento que busca cambiar la forma de ejecutar los procesos, mejorando la capacidad de la línea de producción.

Es por esto que se plantea como objetivo del proyecto: diseñar una metodología para el rediseño de procesos de manufactura, que permita dar a conocer con claridad, las técnicas o herramientas pertinentes para las fases de diagnóstico, análisis y propuestas de mejora, así como los requisitos que la empresa debería cumplir previo a su implementación.

#### 4. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto desarrollado correspondió a una investigación cualitativa, de corte positivista (Holden & Lynch, 2004) dado que se centra en el estudio de la iniciativas de mejoramiento de procesos en empresas de manufactura a partir de la literatura recopilada y la información dada acerca de las empresas del sector de aplicación, para lo cual se plantearon las siguientes actividades generales:

1. Caracterización del concepto de rediseño de procesos y del sector metalmeccánico, el cual es el objeto de estudio. Se realiza por medio de una revisión de la literatura, definiendo ejes temáticos para cada uno de ellos.
2. Revisión sistemática para resolver la pregunta: ¿cuáles metodologías de mejoramiento de procesos tiene un enfoque de rediseño y están diseñadas para empresas de manufactura? Para esto se realizó una búsqueda de información en bases de datos como ISI - Web of Knowledge, SCOPUS, SpringerLink, ProQuest, Elsevier, EBSCO, Emerald y Redalyc. Se seleccionan las metodologías recientes para empresas de manufactura (2002-2011), más citadas y que presenten un caso de aplicación para que sean la base para la presente metodología.
3. Tomando las metodologías seleccionadas y la revisión bibliográfica realizada, se definen las fases y pasos de la metodología a proponer. Para la fase inicial, se requiere la identificación de las condiciones iniciales para implementar un rediseño de procesos, por lo cual se realizó una búsqueda sistemática para identificar modelos de madurez para empresas de manufactura. Estos modelos fueron analizados para

seleccionar cuales prácticas estaban asociadas a las características de una empresa que se encuentre lista para rediseñar sus procesos.

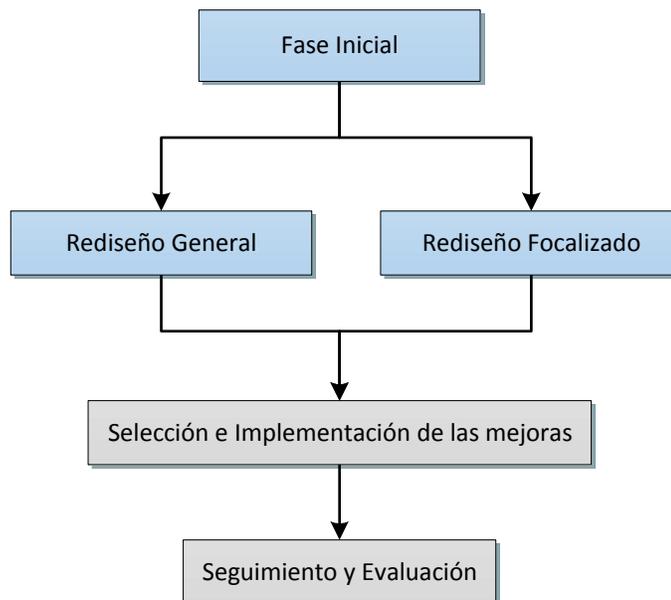
Para la definición de las herramientas en cada uno de los pasos de la metodología de rediseño, se busca recopilar y ordenar aquellas que sean de fácil implementación en cada una de las fases propuestas.

Aplicación de la metodología formulada en una empresa del sector metalmeccánico. Con esto se logra una retroalimentación y ajustes a la metodología propuesta.

## 5. METODOLOGÍA DE REDISEÑO DE PROCESOS DE MANUFACTURA – MRPM.

A continuación se presenta la metodología de rediseño de procesos de manufactura; la cual es aplicable en empresas que cuentan con líneas de producción en serie; la estructura de la metodología contiene cinco fases<sup>3</sup>, como se muestra en la Figura. 6. En la fase inicial se plantea que la empresa evalúe si cumple las características que se requieren para la implementación de un rediseño de procesos, de lo contrario se sugiere que realice los ajustes necesarios.

**Figura. 6** Metodología de Rediseño de Procesos de Manufactura



Fuente: Autora

La fase dos hace referencia al diagnóstico y análisis del proceso productivo, es decir, del proceso global con todas sus operaciones y actividades, como

<sup>3</sup> Cabe recordar que el alcance del presente trabajo abarca hasta la fase tres de la metodología.

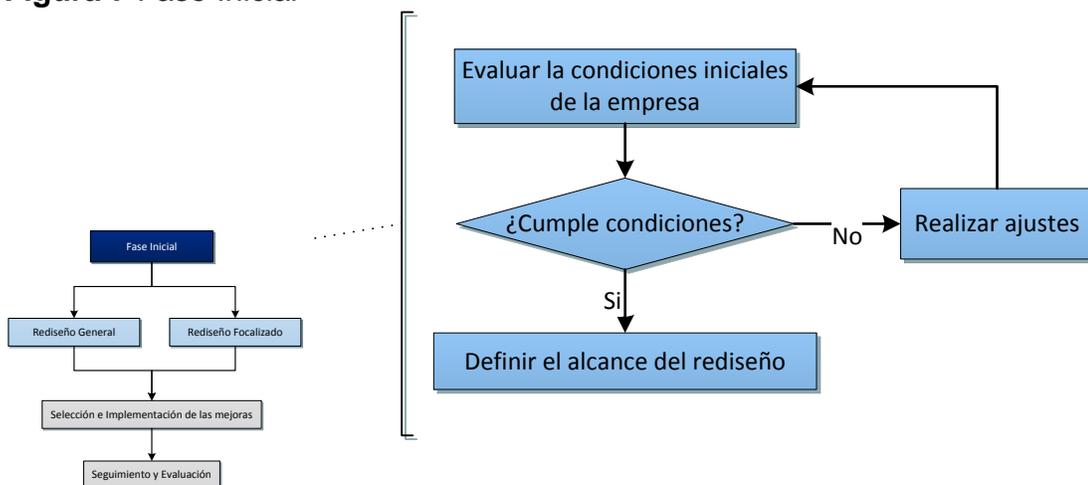
es el enfoque de algunas metodologías como las de Chan & Spedding (2003) y Herron & Braiden (2006). La fase tres hace relación a un análisis focalizado en el puesto de trabajo crítico, incluido en metodologías como el Value Stream Mapping (VSM) (Abdulmalek & Rajgopal, 2007; Braglia et al., 2006; Chen, Li, & Shady, 2010; Serrano, Ochoa, & De Castro, 2008). A partir de estas dos fases deben generar las oportunidades de mejora.

Posteriormente se plantea la fase de selección de las oportunidades de mejora y su implementación. Por último, se presenta la fase de evaluación y seguimiento, en la que debe definir la forma en que se medirá el impacto de las mejoras implementadas y hacer un control de las actividades que se plantean realizar en la fase de implementación.

A continuación se describen las fases inicial y de rediseño tanto general como focalizado, que es el alcance del presente trabajo.

### 5.1. FASE INICIAL

**Figura 7** Fase Inicial



Fuente: Autora

**5.1.1. Condiciones Iniciales.** Como se muestra en la Figura 7, en esta fase se inicia con una verificación de unas condiciones, tomadas a partir de la revisión del marco de referencia. Para esto se identificaron unas características que las empresas de manufactura necesitan para implementar una metodología de rediseño de procesos de manera más eficiente.

A continuación se presentan de manera resumida las condiciones definidas para esta fase inicial, tomando el trabajo realizado por Peña, Diaz, & Ortiz (2012), donde se presentan dos grupos: condiciones organizacionales y condiciones del proceso. En ellos se recopilaron aspectos relevantes de modelos de madurez aplicables a empresas de manufacturas para un nivel medio, el cual se caracteriza por empresas que cumplen aspectos como procesos organizados y estandarizados, realizan mediciones del desempeño de los mismos, entre otros.

Las condiciones organizacionales se presentan en cuatro grupos; el primero de ellos son las asociadas a **estrategia**, las cuales tratan de la importancia de la dirección en el mejoramiento de procesos, la cultura de mejora y su despliegue en toda la organización. El segundo son las condiciones de **persona**, se encuentran las características del ambiente de la organización y los trabajadores que ejecutan el proceso, así como la estructura organizacional. El siguiente subgrupo es el **control**, el cual hace referencia al monitoreo de los factores que condicionan el desempeño de los procesos. Complementando las condiciones organizacionales se plantean las de **sistemas de información**, teniendo en cuenta que por medio de ellos se obtienen los datos de los procesos, para ser utilizados en la toma de decisiones y la planeación estratégica.

Las condiciones del proceso de manufactura, están compuestas por aquellas relacionadas con la manera de ejecutar el proceso productivo y recursos

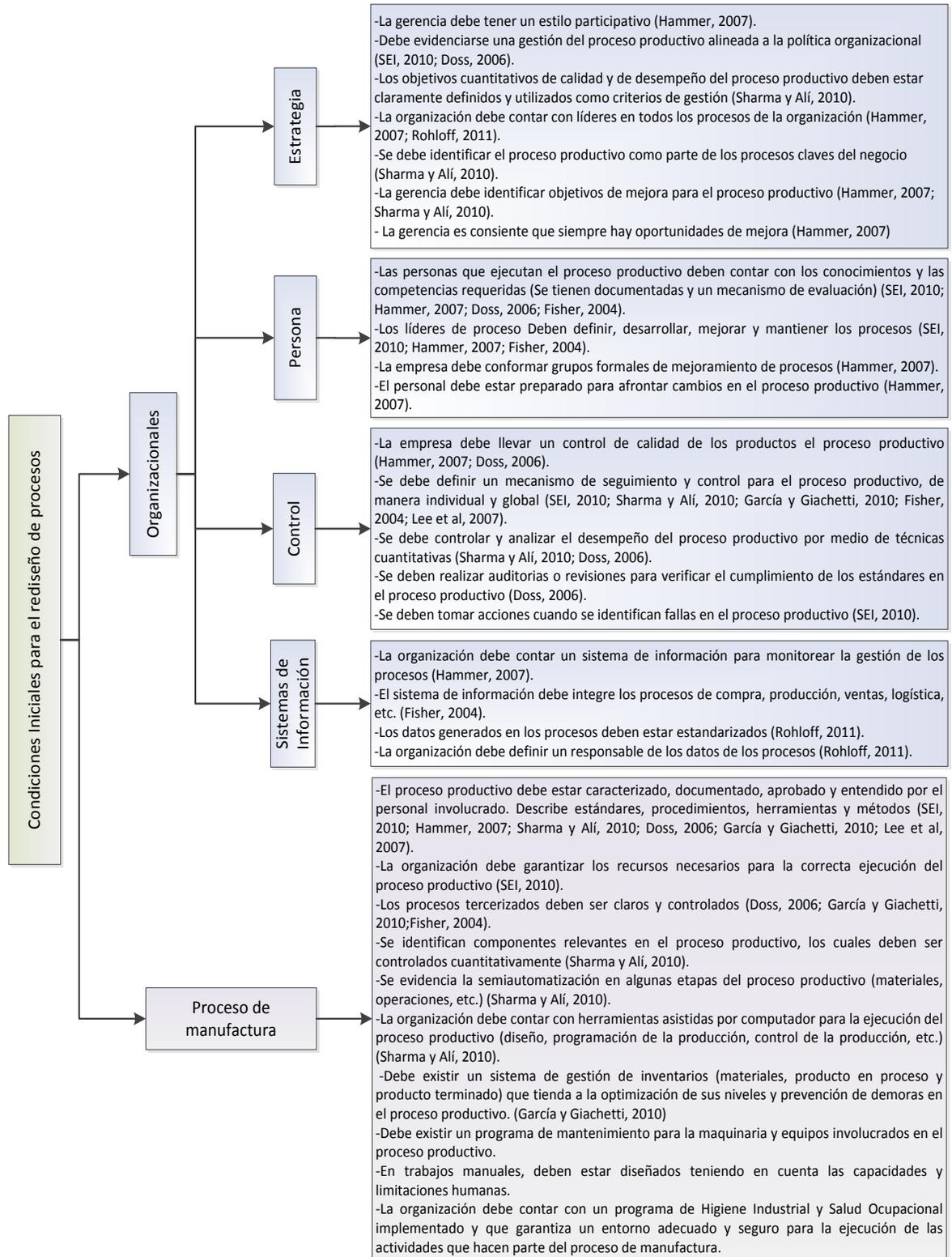
necesarios. Adicional a la información recopilada a partir de los modelos de madurez, en este grupo se incluyen condiciones referentes al mantenimiento de equipos, la ergonomía, y la seguridad en el puesto de trabajo, de vital importancia para la productividad laboral (Robson et al., 2007).

Las condiciones iniciales para el rediseño de procesos en empresas de manufactura se presentan en la Figura 8. Para la verificación de dichas condiciones es posible utilizar una lista de chequeo, que permitirá evaluar su cumplimiento. En esta actividad es importante que el evaluador sea objetivo y tenga claro el concepto de rediseño de procesos; por otra parte es necesario definir a la persona apta o adecuada para dar respuesta en cada uno de los grupos de condiciones.

Se considera que si la empresa tiene un 80% de cumplimiento de las condiciones iniciales, esta preparada para pasar a las fases de rediseño, de lo contrario es necesario que realice ajustes de su proceso de manufactura y cambios organizacionales. Es posible que algunas condiciones tengan implícito cómo alcanzarla, para otras se sugiere revisar técnicas que permitan llevar el proceso productivo a un estado inicial para realizar mejoras a los procesos bajo un enfoque de rediseño. Una de las técnicas se conoce como la estrategia de las 5S's, formulada en el modelo de gestión total de la calidad (total quality management – TQM), y se enfoca en organizar y ordenar el área de trabajo como punto de partida para generar un hábito de mejora (Suárez Barraza & Ramis Pujol, 2007).

Por otra parte, es importante diseñar el trabajo teniendo un enfoque **ergonómico** del lugar de trabajo, los equipos y las herramientas utilizadas por los operarios.

**Figura 8** Condiciones Iniciales para el Rediseño de Procesos en Empresas de Manufactura.



Fuente: (Peña et al., 2012)

Otros aspectos a considerar son el análisis del ambiente del puesto de trabajo<sup>4</sup> y el análisis de la **seguridad en los puestos de trabajo**; lo que va a permitir que los métodos diseñados se puedan ejecutar de acuerdo a lo planeado.

**5.1.2. Definición del Alcance del Rediseño.** Cuando la empresa de manufactura elabora varios productos, que pueden llegar a ser diferenciados por las operaciones de fabricación, se hace necesario que se defina sobre cuál de ellos se va a enfocar el rediseño.

En el caso que la cantidad de tipos o referencias de productos sea muy grande es recomendable realizar este análisis por familias de productos, dado que el describir el proceso productivo de cada uno de ellos sería una labor poco provechosa (Serrano Lasa, 2007). Entendiendo familia como el grupo de referencias que tienen características similares, usualmente, referentes a las operaciones para su fabricación.

Se encuentran varias técnicas para la definición de las familias de productos, algunas más complejas que otras, como son los algoritmos de aglomeración o uso de sencillas matrices. La selección de la técnica se realizará acorde a las preferencias de la empresa, pero uno de los métodos más utilizados es la *matriz de familias de productos* (ver Figura 9), con el que se busca comparar las operaciones de fabricación de los productos, para identificar aquellas comunes en diversos productos y de esta manera se definen los grupos.

También la empresa puede identificar las familias de productos por medio de métodos de aglomeración o clusterización, que buscan agrupar elementos en grupos homogéneos en función de las similitudes entre ellos. Estas similitudes se miden por medio de la comparación de unas variables que

---

<sup>4</sup> Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2004). Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo (11° ed., pp. 233). Mexico: Alfaomega Grupo Editor S.A.

describieran las referencias, como pueden ser: operaciones requeridas para su elaboración, función o clase de producto, mercado objetivo, características físicas, entre otros que la organización pueda llegar a definir.

**Figura 9.** Matriz de Familia de Productos

		Assembly Steps & Equipment							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUCTS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

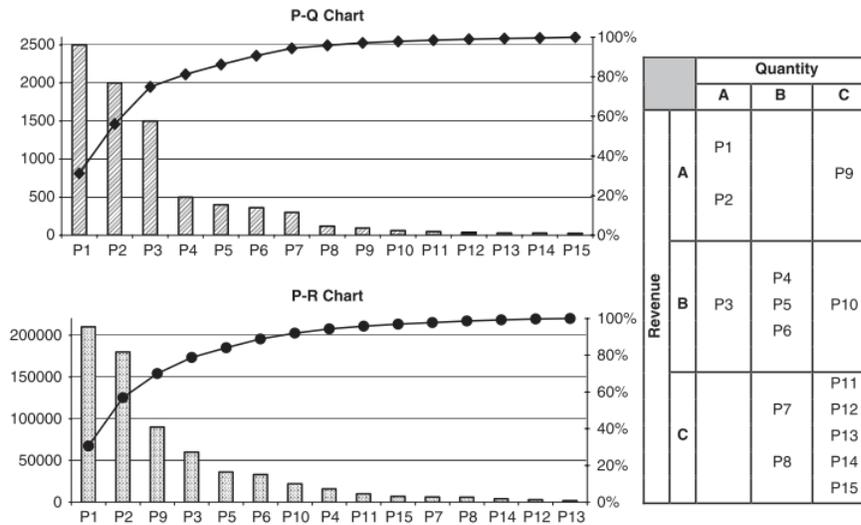
A Product Family

Fuente: Rother et al., 1998 en (Serrano Lasa, 2007), p. 75.

Una vez definidas las familias de productos, se identificará cuál o cuáles se incluyan en el alcance del rediseño, esto se puede realizar por medio de dos métodos: el *análisis de la cantidad por producto* y *análisis de las ganancias por producto*, para luego relacionar sus resultados (Braglia et al., 2006).

El primer análisis, *Análisis de Cantidad por Producto*, busca identificar las familias o productos que tienen volúmenes más altos de producción por medio de un diagrama pareto (ver Figura 10 P-Q Chart) de cantidades producidas. El *análisis de las ganancias de producto* también utiliza un diagrama pareto (ver Figura 10 P-R Chart), pero en este caso se analiza la ganancia o utilidad por producto o familia, en busca de identificar cuales son las causantes de los mayores utilidades de la empresa.

**Figura 10.** Pareto selección de productos o familias a rediseñar



Fuente: (Braglia et al., 2006)

Con la información de los dos paretos, se realiza una matriz donde se analizarán las dos variables: cantidades producidas y utilidad. Para esto se definen tres categorías llamadas A, B y C, teniendo en cuenta los principios: 1) la categoría A corresponderá al 20% de los productos o familias que causan el 80% del volumen de fabricación o de utilidad; 2) la categoría B comprende el 40% de los productos o familias que son responsables del 15% restante del volumen de fabricación o de utilidad; 3) y en la categoría C se encontrarán el 40% de los productos o familias causantes del 5% restante del volumen de fabricación o de utilidad.

Con los grupos conformados se elabora la matriz de relación, como se aprecia en la Figura 10, en donde las columnas son las categorías A, B y C para cantidad producida y en las filas las categorías A, B y C para las utilidades. De esta manera es posible identificar los grupos de familias o productos que tienen un alto grado tanto de cantidad producida como de

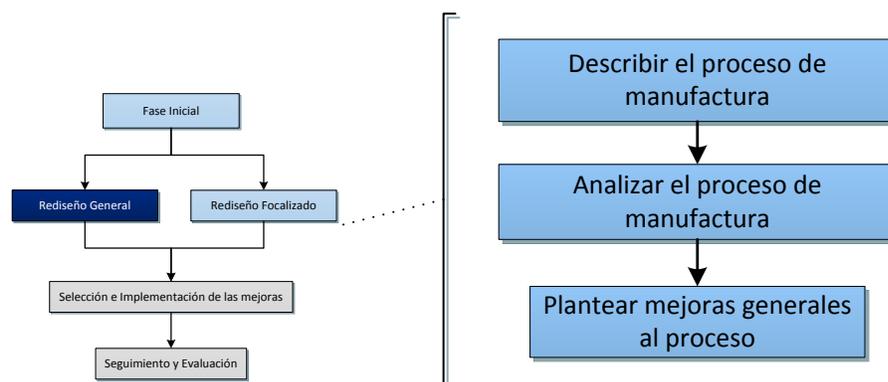
utilidad, que será la celda AA y los que poseen las menores cantidad de producción e impacto en la utilidad será la celda CC (Braglia et al., 2006). Con esto se busca seleccionar los producto o familias con los que el rediseño de procesos van a tener un mayor impacto en la empresa.

Adicionalmente es posible considerar como criterio de selección, en lugar de la cantidad producida basada en historicos, la demanda estimada, en relación también a la utilidad generada por producto producido.

## 5.2. REDISEÑO GENERAL

Esta fase abarca la descripción y análisis del proceso, así como la identificación de las oportunidades de mejoras (ver Figura 11). Es relevante aclarar que el rediseño de procesos debe estar alineado con los objetivos corporativos de la empresa, los cuales nacen a partir del proceso de planificación estratégica.

Figura 11. Fase de Rediseño General



Fuente: Autora.

**5.2.1. Descripción del Proceso de Manufactura.** *A partir de la revisión de la literatura se identifica que la diagramación o mapeo del proceso es la técnica más utilizada y de fácil implementación, para la descripción de un proceso de manufactura. Es por esto que a continuación se describirán algunos diagramas que pueden realizarse para dicho fin.*

El **Diagrama de Operaciones** se realiza para una de las familias o tipo de producto que se identificó en la empresa. Por medio de el se logra apreciar de manera gráfica las operaciones e inspecciones que se realizan para la transformación de una materia prima e insumos en el producto terminado, hasta su empaque final. Puede llegar a incluir información descriptiva como el nombre de la operación o inspección, el tiempo requerido, herramientas, entre otros (García Criollo, 2005; Niebel & Freivalds, 2004).

Cabe aclarar que las operaciones hacen referencia a cuando un material, pieza o producto es transformado o ensamblado para conformar el producto final; y las inspecciones son las actividades de verificación de características de diseño. También es posible identificar actividades combinadas de operación-inspección que involucran una verificación al tiempo que se realiza una operación, en el mismo puesto de trabajo.

Complementando el diagrama de operaciones se debe realizar un **Diagrama de Recorrido**, que permite visualizar el flujo o transporte que siguen los materiales, piezas o productos en la planta de producción, apreciando las distancias recorridas. Para la elaboración de este diagrama es necesario que se dibuje, en un plano a escala de la planta, los puestos de trabajo, máquinas y demás instalaciones fijas que la empresa posea, para luego diagramar por medio de flechas los flujos o recorridos, partiendo de la recepción de materias primas, almacenajes, operaciones, empaque, despacho y otras actividades que se realicen para la fabricación del producto

final (García Criollo, 2005; Niebel & Freivalds, 2004). Al igual que el diagrama de operaciones, el de recorrido debe ser elaborado para cada una de las familias o tipos de productos.

Es recomendable realizar adicionalmente el **Diagrama de Flujo del Proceso**, o realizar un diagrama híbrido entre el de operaciones y el de flujo, de manera tal que se incluyan las operaciones, inspecciones, transportes, almacenajes y demoras que ocurren con cada componente del producto y el producto final como tal..

**5.2.2. Análisis del Proceso de Manufactura.** Este análisis se realiza llevando diferentes enfoques, como se presenta a continuación.

**Análisis tecnológico:** bajo este enfoque se busca identificar mejoras en tecnologías que se presenten en el sector y que apliquen al proceso productivo. Mansar & Reijers (2005a) han abordado este análisis y plantean que es posible implementar acciones como la automatización de algunas operaciones y el uso de sistemas de información que permitan integrar el sistema productivo. Por medio de la automatización se busca reducir el tiempo de fabricación, realizando las operaciones de manera más rápida y de esta manera reduciendo los costos asociados. Es importante considerar que al automatizar un proceso, se vuelve menos flexible, por lo tanto dependerá de la empresa si es esta opción debe ser considerada. Adicionalmente, es importante analizar la inversión que implica implementar este tipo de oportunidades de mejora.

**Análisis de las operaciones y recorridos:** por medio del análisis de los diagramas descritos previamente es posible identificar situaciones que pueden llegar a ser mejoradas, para esto se tendrán en cuenta las buenas prácticas descritas por Mansar & Reijers (2005a) al momento de rediseñar los procesos.

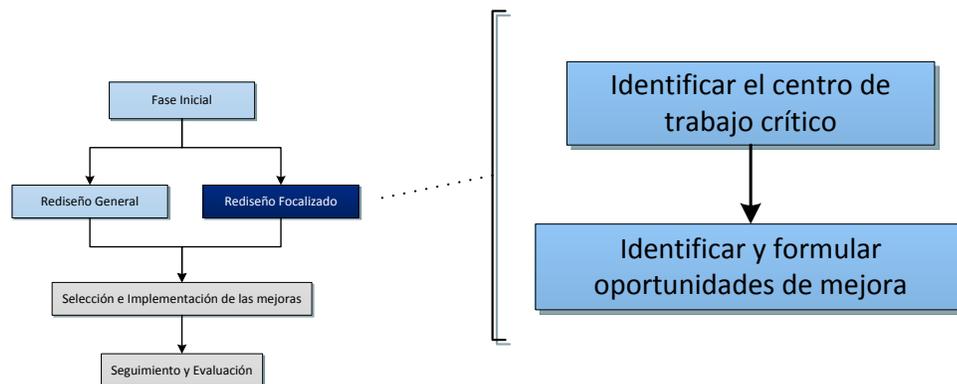
- *Eliminar operaciones innecesarias*, que son las que no agregan valor al producto, es decir, no realizan una transformación o ensamble que permita añadir características que busca el cliente final.
- *Combinar dos o más operaciones en una general*, esto aplica en especial cuando se realizan operaciones que comparten los mismos recursos, disminuyendo el tiempo de operación.
- *Dividir una operación en una o varias operaciones alternativas*, aplica en operaciones que son complejas y/o demoradas; en este caso es recomendable dividir las en varias operaciones y buscar agilizar el proceso.
- *Reordenar las operaciones*, esta acción se puede implementar cuando existen operaciones secuenciales que no sea necesaria esta dependencia y que al reordenar se logre mejorar el uso de recursos disponibles.
- *Realizar operaciones en paralelo*, también aplica en operaciones que no sean secuenciales, de manera tal que se disminuya el tiempo del ciclo productivo.

Analizando el diagrama de recorrido, es posible identificar transportes innecesarios, transportes extensos o dobles circulaciones dentro de la planta que agregan tiempo y costos al proceso y no agregan valor al cliente. Algunas veces estos inconvenientes se solucionan al cambiar la secuencia de las operaciones, pero usualmente se requiere una mejora de la distribución de la planta. También se pueden visualizar espacios no utilizados o mal usados, requiriéndose una remodelación para facilitar el flujo de materiales o productos, disminuyendo transportes.

**5.2.3. Plantear Mejoras para el Proceso de Manufactura.** Con las conclusiones que arroja el análisis del proceso de manufactura, se plantean una serie de oportunidades de mejora, las cuales deben estar descritas en prosa, además deben ser coherentes con los aspectos mostrados en el ítem anterior y contener los diagramas de cómo debería ser el proceso con la mejora implementada, así como un indicador de reducción de tiempo y/o costo asociado. También se debe incluir la descripción de los recursos necesarios para su ejecución.

### 5.3. REDISEÑO FOCALIZADO

**Figura 12.** Fase de Rediseño Focalizado



Fuente: Autora.

**5.3.1. Identificar el Puesto de Trabajo Crítico.** El primer paso planteado para el rediseño focalizado (ver Figura 12) es la identificación del puesto de trabajo crítico o *cuello de botella*, el cual se caracteriza porque su capacidad no es la suficiente para cumplir con la demanda, es decir, en el tiempo disponible para producción no logra satisfacer el pedido programado (Chase, Aquilano, & Jacob, 2005). A continuación se presentan los pasos para su identificación.

1. Estimar la demanda de los productos o familias, para establecer las cantidades requeridas a producir en un periodo de tiempo.
2. Establecer el tiempo de operación de cada producto o familia en los diferentes puesto de trabajo que componen el proceso de manufactura. Es posible utilizar técnicas para el cálculo del tiempo estándar como lo son tiempos por cronómetro, tiempos predeterminados o muestreo del trabajo.
3. Con los datos definidos hasta el momento, se establece el tiempo de producción de cada tipo de producto o familia en cada puesto de trabajo, por medio de la multiplicación de la demanda por el tiempo de operación. En la ecuación (1) se expresa el cálculo para el tiempo de producción  $TP_i$ , donde  $i$  es el tipo de producto o familia y  $Q_i$  es la cantidad a producir por tipo de producto o familia.

$$TP_i = TO_i * Q_i \quad (1)$$

4. Establecer la carga de trabajo  $C_k$ , para cada  $k$  puesto de trabajo (ver ecuación (2)), sumando los tiempos de producción para cada uno de los tipos de productos o familias.

$$C_k = \sum_{i=1}^n TP_i = TP_1 + TP_2 + TP_3 + \dots + TP_n \quad (2)$$

5. Calcular el porcentaje de utilización  $U_k$  del puesto de trabajo a analizar, como se muestra en la ecuación (3), para comprar la carga de trabajo con el tiempo laborable disponible  $TL$ .

$$U_k = \frac{C_k}{TL} * 100 \quad (3)$$

6. Se identifican los puestos de trabajo que obtengan un porcentaje de utilización mayor a 85%, el de mayor valor se reconocerá como el puesto de trabajo crítico.

**5.3.2. Identificar y Formular Oportunidades de Mejora.** Una vez identificado el puesto de trabajo crítico es necesario analizar las operaciones que se realizan en el. Se pueden presentar operaciones manuales, que se refieren a que la realización de la misma es por un operario; existen operaciones semiautomáticas, donde el ciclo de producción se cumple en parte por máquinas automáticamente y otra parte es procesamiento manual; y se puede presentar operaciones automáticas, ejecutada por máquinas que sin necesidad de la presencia y control de las personas (Ribas Vila & Pascual, 2006). A continuación se presentan los aspectos relevantes para este análisis dependiendo del tipo de operación.

**Operación manual:** en este tipo de operación se recomienda elaborar el *Diagrama Bimanual*, el cual describe y compara los movimientos de la mano izquierda con los de la mano derecha. El diagrama se puede realizar siempre que la operación sea repetitiva y de corta duración. La elaboración de este diagrama se realiza siguiendo estos pasos básicos:

- Identificar el ciclo de producción, el cual se refiere al tiempo requerido para la elaboración de una unidad de producción.
- Registrar los movimientos (operación, transporte o desplazamiento, sostenimiento y esperas), en un ciclo de trabajo de la mano derecha, y luego los movimientos de la mano izquierda en el mismo lapso de tiempo.

Una vez elaborado el diagrama, se procede a identificar las actividades que no agregan valor a la operación como lo son los desplazamientos, sostenimientos, esperas y demás innecesarias; a partir de esto se proponen las oportunidades de mejora asociadas a:

- Simplificar, eliminar, combinar y reordenar actividades.

- Modificar el diseño del producto, en busca de volver más sencillas las operaciones o ensambles y disminuir los tiempos de operación.
- Mejorar el diseño del puesto de trabajo de para facilitar el acceso a herramientas y partes, logrando mejores posturas del trabajador, entre otros; reduciendo el tiempo de operación.

Este análisis se realiza teniendo en cuenta los principios de la economía de movimientos, donde se busca que las dos manos trabajen al mismo tiempo la mayor cantidad de tiempo posible, disminuir el número de movimientos, eliminar los desplazamientos largos, evitar los sostenimientos, entre otros.

Todos las oportunidades de mejora identificadas, deben ser descritas incluyendo el nuevo método que se implementaría, los recursos que se requieren y el impacto o beneficio que causaría en la organización, los cuales usualmente están asociados a tiempo y costo.

**Operación semiautomática:** En el caso de las operaciones semiautomáticas, en primer lugar se busca identificar el tiempo ocioso, tanto en las máquinas, como en el operario. También es posible detectar fallas en la asignación de los operarios a las máquinas involucradas en el proceso productivo, para esto se inicia realizando el *Diagrama Hombre Máquina*. Por medio de este diagrama se visualizan las actividades de uno o varios operarios y su interacción con una o varias máquinas que les han sido asignadas.

Para la elaboración del *Diagrama Hombre Máquina* se debe definir el ciclo de producción, que es el tiempo en que se elabora una unidad de producto o de producción. Este ciclo va a estar compuesto por actividades que pueden clasificarse en: *trabajo externo*, el cual es la actividad que realiza simultáneamente el operario y la máquina, por ejemplo el montaje; y el

*trabajo interno, que hace referencia a las actividades ejecutadas por la máquina sin requerir el operario.*

Luego se simbolizarán cada uno de los recursos (operarios y máquinas) con columnas paralelas, las cuales tienen divisiones horizontales que representan unidades de tiempo. En las columnas se diagramara la duración de cada una de las actividades identificadas; de esta manera será posible identificar el tiempo inactivo, tanto en operarios como en máquinas.

El objetivo del análisis de este diagrama es la reducción del tiempo inactivo hasta lo mínimo posible, para lo cual se sugiere revisar la programación de las actividades realizadas por los operarios. Las oportunidades de mejora también pueden estar relacionadas con la implementación de métodos o mecanismos que reduzcan el tiempo de montaje o desmontaje de la operación. Así mismo, si el tiempo inactivo se presenta en las máquinas, sería necesario considerar la inclusión de un operario adicional en el puesto de trabajo, teniendo en cuenta que puede ser un recurso compartido con otro puesto de trabajo, para no generar nuevos tiempos inactivos.

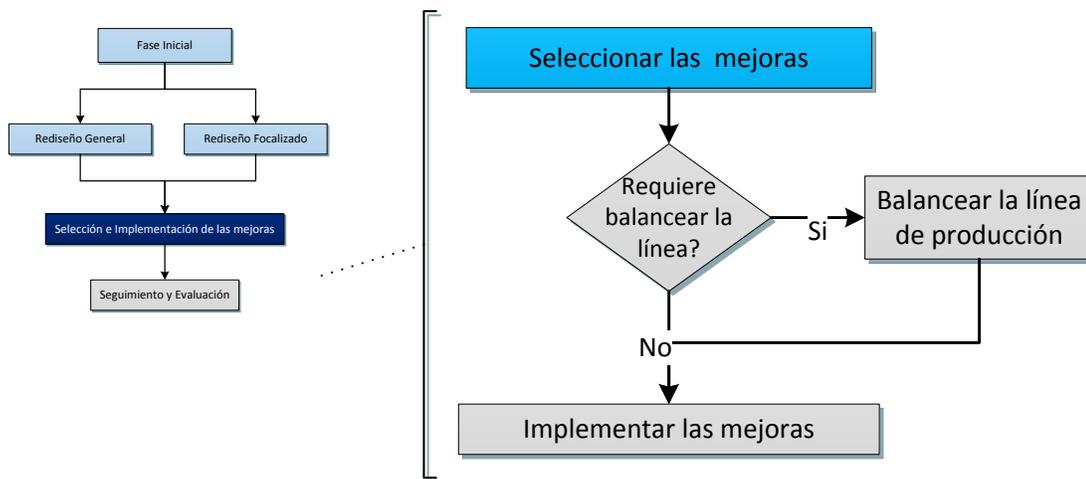
Las alternativas de mejora de mejora identificadas deben estar descritas teniendo en cuenta aspectos como los recursos necesarios, inversión y los beneficios asociados a la reducción de tiempo y costos.

**Operación automática:** En las actividades automáticas se busca identificar alternativas de mejora centradas en la reducción del tiempo de procesamiento, para lo cual se sugiere analizar las siguientes alternativas: 1) adquisición y puesta en marcha de una nueva máquina con un menor tiempo de procesamiento; y 2) adquisición de una máquina adicional para trabajar paralelamente, disminuyendo el tiempo. Es importante identificar las

características de las máquinas a adquirir, para realizar un proceso de valoración tecnológica, que agilice la toma de decisión.

#### 5.4. IMPLEMENTACIÓN

Figura 13. Fase de Rediseño Focalizado



Fuente: Autora.

A pesar que esta fase no esta contemplada en el alcance del presente trabajo, se realizará una sugerencia del método para la selección de las alternativas de mejora a desarrollar, y en caso de ser necesario, se debe balancear la línea de producción mejorada. Como se presenta en la Figura 13, luego de la selección se procede a la implementación.

**5.4.1. Selección de Mejoras a Implementar.** Implementar es importante analizar si las alternativas complementarias, pues podrían ser tratadas como una única alternativa.

Se recomienda empezar evaluando las mejoras relacionadas al rediseño general y luego las focalizadas. La selección se sugiere realizar por medio de un análisis multicriterio, dado que la empresa puede definir varios criterios.

Dado que la presente metodología busca una fácil implementación por parte de las organizaciones, el método de selección que se recomienda es la ponderación lineal (scoring), dado que es ampliamente conocido y utilizado (Berumen & Llamazares Redondo, 2007). Con él se obtiene una puntuación global por la simple suma de las contribuciones obtenidas de cada criterio (promedio ponderado).

**5.4.2. Balance de Línea.** Es importante tener en cuenta que los cambios que se generan en la implementación de las mejoras seleccionadas pueden requerir una revisión del balance de línea, el cual trata de encontrar la mejor asignación de forma tal que los tiempos de operación en todas las estaciones sean similares; respetando las condiciones de precedencia, cumpliendo con la demanda estimada y demás restricciones que se identifiquen. (García Criollo, 2005).

**5.4.3. Plan de Implementación.** Para la implementación de las mejoras seleccionadas se tomará como base los lineamientos del libro guía PMBOK (project managent body of knowlege) (Project Management Institute Inc, 2004); donde se tendrá en cuenta para la formulación del plan de mejora los siguientes aspectos: definición de los objetivos del plan de mejora, las actividades a implementar con su secuencia, los recursos necesarios para la ejecución del plan, estimar la duración de las actividades para con ello definir el cronograma, establecer los costos y presupuesto del plan, identificar el personal requerido para la ejecución de las actividades, y planificar las compras requeridas.

## **5.5. IMPLEMENTACIÓN EN LAS EMPRESAS METALMECÁNICAS EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA**

### **Condiciones Iniciales.**

Inicialmente es necesario identificar la empresa en la cual se va a realizar la implementación; para esto se utilizan los resultados de una encuesta a 26 empresas del sector metalmeccánico en Bucaramanga y su área metropolitana, donde se encuentran 5 empresas con resultados que muestra que tienen mayor grado de madurez de sus procesos; a cada una de ellas se visita y se realiza la evaluación de las condiciones iniciales por medio de una lista de chequeo. Como criterio de selección se define que la empresa debe cumplir como mínimo el 80% de las condiciones. Utilizando este criterio, se seleccionó la empresa Transejes.

### **Alcance del Rediseño.**

Esta empresa tiene varias líneas de producción, para cada uno de los tipos de producto que fabrica: juntas fijas, tulipas y trípodes. Para cada una de ellas se tiene un estimado de cantidad a producir para cumplir con la demanda esperada, así como los históricos de capacidades de producción. A pesar que en la metodología establece seleccionar la de mayor volumen de producción y mayor utilidad; la empresa ha manifestado que se espera un aumento en la demanda, lo que hace importante que se mejore la línea de producción con menor capacidad para cumplir dicha demanda, pues esta se puede convertir en un problema futuro.

Tomando como principal criterio de selección la cantidad a producir, se analiza que juntas fijas tiene una capacidad de 400.660 productos al año, que es inferior a 415.395 unidades, que es la cantidad necesaria para cumplir la demanda en el 2012. En conclusión se selecciona la línea de juntas fijas para realizar el rediseño.

### **Rediseño General.**

Para el análisis del rediseño general se analiza el diagrama de operaciones y recorrido, a partir de la cual se reconocen las operaciones que se realizan para fabricar la junta fija: refrentado/centrado, torneado, fresado, rolado, lavado, temple, estampado, revenido, rectificado, limado, ranurado, inspección de grietas e inspección final. Estas operaciones son automáticas en su gran mayoría, tan sólo la inspección final es manual y todas ellas se ejecutan de manera secuencial, pues así se requiere para la elaboración del producto. La distribución de los puestos de trabajo corresponde a una línea de producción en U, permitiendo el flujo secuencial de las operaciones.

A partir de la descripción del proceso de manufactura se evidencia que la empresa ha organizado de forma adecuada sus operaciones y la distribución de las mismas en su planta de producción. Por lo tanto se pasa a un análisis focalizado, para lo cual se requiere identificar el puesto de trabajo crítico; para esto se calculó la carga y capacidad de cada uno de los puestos de trabajo. La línea de juntas fijas tiene la característica que sus puestos de trabajo son utilizados sólo en esta línea.

### **Rediseño Focalizado.**

A partir de los datos proporcionados por la empresa y tomando los índices ya manejados, se utilizará la capacidad para la identificación del puesto de trabajo crítico, la cual expresa la cantidad de unidades producidas por unidad

de tiempo. Con esto se logra identificar que existen dos puestos de trabajo con capacidades inferiores a las de los demás: el proceso de fresado con una capacidad de 57 piezas por hora y la inspección final con 56 piezas por hora (la media de las capacidad es 108 piezas por hora). El puesto de trabajo con menor capacidad restringe el tiempo de ciclo a 64,3 segundos por junta fija, el cual servirá como indicador del impacto o beneficio.

Analizando el concepto de carga de trabajo en el puesto de fresado y la inspección final, con los datos hallados es posible evidenciar que para cumplir la demanda proyectada para el resto del año se requiere elaborar 286.926 juntas fijas, pero por su capacidad produciría 220.513, por lo que el porcentaje de utilización sería de 130,11%, lo que genera la necesidad de aumentar la capacidad de la línea.

**Oportunidades de Mejora.** Luego de realizar un análisis del puesto de trabajo crítico se identifica como oportunidad de mejora el cambio en la pieza inicial, la cual es en forma de roblón, conformado por un vástago y una campana; a la cual se le hace el tratamiento de mecanizado, como se explicaba anteriormente, para obtener al final el producto. La mejora radica en que se adquiera esta pieza inicial incluyendo el mecanizado interior de la campana, es decir que no se requerirá desarrollar internamente la operación del cuello de botella.

Pero, adicionalmente es necesario analizar el otro cuello de botella, la inspección final, esta es una operación realizada por un operario que utiliza calibradores e instrumentos de medición en el laboratorio de calidad. Esta inspección se realiza al 10% del total del lote, al finalizar la producción del lote de producción. Se plantea que se programa la inspección, dividida en dos partes, de forma que la mitad de la inspección se realizaría paralelamente a otras operaciones. También es posible asignar un operario adicional, lo que lograría aumentar la capacidad de la operación.

Al implementar estas mejoras se logra una reducción del tiempo de ciclo a 46 segundos, es decir un 28,8% menos (18,3 segundos). Adicionalmente, dicha propuesta genera cambios en la distribución de planta, pasando a una distribución de forma lineal reduciendo el uso del espacio para la línea de producción.

Por último, se analiza que una vez se implementen las mejoras, aparecerá un nuevo cuello botella, se trata de la rectificadora con una capacidad de 78 piezas por hora, la cual sería el siguiente puesto de trabajo a mejorar. Dado que la operación es automática, se ha recomendado a la empresa la adquisición de una máquina adicional para seguir mejorando el tiempo de ciclo de la línea de juntas fijas.

Actualmente se encuentra en proceso de implementación la adquisición de la pieza inicial por parte de Transejes al proveedor identificado para ello. Con lo que la empresa espera mejorar según los beneficios descritos anteriormente.

A partir del uso de la metodología en Transejes, se identificaron mejoras a la metodología. Estas son en la actividad de definición del alcance del rediseño; primero se encontraba dentro de la fase de rediseño general, pero esta fue cambiada a la fase inicial, pues se evidenció que no se aclaró que esta actividad aplica tanto para el rediseño general como el focalizado; al momento del análisis del puesto de trabajo crítico no se realizaba adecuadamente.

En segundo lugar para la decisión del alcance del rediseño, por medio de la implementación fue posible analizar que los criterios de selección de la familia de productos más significativa de la empresa no sólo obedecen a los históricos de volúmenes de producción, también a la demanda estimada que definirá la cantidad de producción futura.

## 6. CONCLUSIONES

La metodología de mejora de procesos presentada en este documento, contiene una fase inicial de verificación de condiciones que garantizan la preparación de las empresas para la implementación efectiva de rediseño de procesos. Este aspecto no se identificó en ninguna de las metodologías de mejoramiento revisadas.

Para definir estas condiciones iniciales se identificaron buenas prácticas de modelos de madurez para empresas de manufactura, a partir de las cuales se identificó la ausencia de aspectos como el mantenimiento preventivo y la ergonomía; que fueron incluidos en estas condiciones.

También se encontró que los dos enfoques de rediseño de esta metodología permiten analizar de manera global el proceso de manufactura y adicionalmente el puesto de trabajo crítico, permitiendo identificar diversas oportunidades de mejora que van a tener gran impacto en la organización. Para obtener este impacto se requiere que el rediseño se enfoque a los productos más significativos de la empresa.

A partir de la implementación de la metodología de mejoramiento de procesos de manufactura MRPM en una empresa metalmecánica, fue posible evidenciar que es coherente con las empresas de este sector y sus fases son de fácil implementación o puesta en marcha.

Finalmente, se identifican como trabajo futuros la definición de un mecanismo para evaluar el impacto de la mejora por medio del seguimiento al plan de implementación y la definición de indicadores asociados al objetivo de la iniciativa de mejoramiento, como son la disminución del tiempo de ciclo, la disminución de costos, entre otros. Así mismo, la definición de los roles que serán los encargados del desarrollo de la metodología; como también es

importante enriquecer la MRPM por medio de un estudio a profundidad de buenas prácticas para identificar diferentes herramientas que puedan ser aplicadas.

## REFERENCIAS

Abdulmalek, F., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236. doi:10.1016/j.ijpe.2006.09.009

Aguirre Mayorga, S. (2007). Marco metodológico para el desarrollo de proyectos de mejoramiento y rediseño de procesos. *AD-MINISTER Universidad EAFIT*, 1, 21 – 32.

Bendell, T. (2005). Structuring business process improvement methodologies. *Total Quality Management and Business Excellence*, 16(8-9), 969–978. doi:10.1080/14783360500163110

Berumen, S. A., & Llamazares Redondo, F. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. *Cuadernos de Administración*, 20(034), 65–87.

Braglia, M., Carmignani, G., & Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*, 44(18-19), 3929–3952. doi:10.1080/00207540600690545

Carpinetti, L. C. R., Buosi, T., & Gerólamo, M. C. (2003). Quality management and improvement: A framework and a business-process reference model. *Business Process Management Journal*, 9(4), 543–554. doi:10.1108/14637150310484553

Chan, K. K., & Spedding, T. A. (2003). An integrated multidimensional process improvement methodology for manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering*, 44(4), 673–693. doi:10.1016/S0360-8352(03)00002-0

Chase, R., Aquilano, N., & Jacob, R. (2005). *Administración de la Producción y Operaciones para una ventaja competitiva* (10° ed., pp. 123–125). Mexico D.F.: McGraw-Hill Interamericana de Editore S.A. DE C.V.

Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48(4), 1069–1086. doi:10.1080/00207540802484911

CMMI Product Development Team. (2010). CMMI® for Development, Version 1.3 (p. 468).

Contreras Ferrer, C. H., & Amaya León, M. Á. (2011). Estudio de Competitividad desde la Visión de Clúster para la Aglomeración de Empresas del Sector Metalmeccánico en el Área Metropolitana de Bucaramanga. Corporación ENLACE.

Cuatrecasas Arbós, L., & Olivella Nadal, J. (2004). Metodología para la implantación del lean management en una empresa industrial independiente y de tamaño medio. *Intituto Lean Management*, 1–15. Retrieved from <http://www.recercat.net/handle/2072/54299>

Cárdenas, D., Giraldo, J., Parra, J. H., & Sarache, W. (2007). Procedimiento para evaluar la estrategia de manufactura: aplicaciones en la industria metalmeccánica. *Cuad. Adm. Bogotá (Colombia)*, 20(33), 103–123.

Dalmaris, P., Tsui, E., Hall, B., & Smith, B. (2007). A framework for the improvement of knowledge-intensive business processes. *Business Process Management Journal*, 13(2), 279–305. doi:10.1108/14637150710740509

Dassisti, M. (2010). HY-CHANGE: a hybrid methodology for continuous performance improvement of manufacturing processes. *International Journal of Production Research*, 48(15), 4397–4422. doi:10.1080/00207540801901840

Davenport, T. H., & Short, J. E. (1990). The new industrial engineering: Information Technology and Business Process Redesign. *Sloan Management Review*, 31(4), 11–27.

Doss, D. A., & Kamery, R. H. (2006). A REVIEW OF EXISTING CAPABILITY MATURITY MODEL ( CMM ) DERIVATIVE FRAMEWORKS. *Proceedings of the Academy of Educational Leadership, Allied Academies International Conference*, 11(1), 125–131.

García Criollo, R. (2005). Diagramas de Procesos. *Estudio del Trabajo. Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo* (2° ed., pp. 41–98). Mexico D.F.: McGraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V.

García Reyes, H. & Giachetti, R. (2010) Using experts to develop a supply chain maturity model in Mexico. *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 15, no. 6. pp. 415-424.

Fisher, D. M. (2004). The Business Process Maturity Model A Practical Approach for Identifying Opportunities for Optimization. *Bussines Process Trends*, 1–7.

Griesberger, P., Leist, S., & Zellner, G. (2011). ANALYSIS OF TECHNIQUES FOR 2 Conceptual Basis. *ECIS* (p. Paper 20). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/ecis2011/20>

Hammer, M. (2007). The Process Audit. *Harvard Business Review*, *April*, 111–123.

Herron, C., & Braiden, P. (2006). A methodology for developing sustainable quantifiable productivity improvement in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, *104*(1), 143–153. doi:10.1016/j.ijpe.2005.10.004

Holden, M. T., & Lynch, P. (2004). Choosing the Appropriate Methodology: Understanding Research Philosophy Choosing the Appropriate Methodology: Understanding Research Philosophy Abstract. *The Marketing Review*, *4*(4), 397–409.

Hung, R. (2006). Business process management as competitive advantage: a review and empirical study. *Total Quality Management*, *17*(1), 21 –40.

Jackson, M., & Sloane, A. (2003). Modelling information and communication technology in business: A case study in electronic data interchange (EDI). *Business Process Management Journal*, *9*(1), 81–113. doi:10.1108/14637150310461422

Jarvenpaa, S. L., & Stoddard, D. B. (1998). Business Process Redesign: Radical and Evolutionary Change. *Journal of Business Research ISSN 0148-2963*, *41*, 15–27.

Kast, F. E., & Rosenzweig, J. E. (1972). General systems theory: applications for organization and management. *The Academy of Management Journal*, *15*(4), 447–365. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/255141>

Kettinger, W. J., Teng, J. T. C., & Guha, S. (1997). Business Process Change: A Study of Methodologies, Techniques, and Tools. *MIS Quarterly*, *21*(1), 55. doi:10.2307/249742

Lee, J., Lee, D., & Kang, S. (2007). An Overview of the Business Process Maturity Model ( BPMM ). *Advances in Web and Network Technologies, and Information Management Lecture Notes in Computer Science*, 384–395.

Lee, K. T., & Chuah, K. B. (2001). A SUPER methodology for business process improvement - An industrial case study in Hong Kong/China. *International Journal of Operations & Production Management*, *21*(5/6), 687–706. doi:10.1108/01443570110390408

Lee, R. G., & Dale, B. G. (1998). Business process management: a review and evaluation. *Business Process Management Journal*, 4(3), 214–225. doi:10.1108/14637159810224322

Mansar, S., & Reijers, H. (2005a). Best practices in business process redesign: an overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics. *Omega*, 33(4), 283–306. doi:10.1016/j.omega.2004.04.012

Mansar, S., & Reijers, H. (2005b). Best practices in business process redesign: validation of a redesign framework. *Computers in Industry*, 56(5), 457–471. doi:10.1016/j.compind.2005.01.001

Mansar, S., Reijers, H., & Ounnar, F. (2009). Development of a decision-making strategy to improve the efficiency of BPR. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 3248–3262. doi:10.1016/j.eswa.2008.01.008

Marín Villar, C. (2010). Retos y Desafíos de las MiPymes Metalmecánicas. *Metal Actual No. 15*, 6–11.

Mcdonald, J. (1995). Together TQM and BPR are winners. *The TQM Magazine*, 7(3), 21–25. doi:10.1108/09544789510087706

Montaño Arango, O., Corona Armenta, J. R., Pérez Rojas, A., & Medina Marín, J. (2010). Modelo que identifica la madurez de los procesos. Caso: Pequeña empresa manufacturera. *DYNA Revista de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia*, 85(2003), 392–401.

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2004). Técnicas para la Solución de Problemas. *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo* (11° ed., pp. 21–70). Mexico: Alfaomega Grupo Editor S.A.

O'Neill, P., & Sohal, A. S. (1999). Business Process Reengineering A review of recent literature. *Technovation*, 19(9), 571–581. doi:10.1016/S0166-4972(99)00059-0

Paiva, E., Roth, a, & Fensterseifer, J. (2008). Organizational knowledge and the manufacturing strategy process: A resource-based view analysis. *Journal of Operations Management*, 26(1), 115–132. doi:10.1016/j.jom.2007.05.003

Paulk, M. C. (2008). A Taxonomy for Improvement Frameworks. *Total Quality Management*, (May), 1–15.

Peña, E., Diaz, M. P., & Ortiz, N. (2012). Initial Conditions to Implement a Process Redesign Methodology for Manufacturing Enterprises. *Informatica Economică*, 16(2), 19–26.

Povey, B. (1998). The development of a best practice business process improvement methodology. *Benchmarking: An International Journal*, 5(1), 27–44. doi:10.1108/14635779810206795

Project Management Institute Inc. (2004). *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos. Guía PMBOK®*. (Tercera., p. 409). Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.

Ribas Vila, I., & Pascual, R. C. (2006). *Programación de la producción en un sistemas flowshop hibrido sin esperas y tiempos de preparación dependientes de la secuencia*. (p. 35). Barcelona.

Rohleder, T. R., & Silver, E. A. (1997). A tutorial on business process improvement. *Journal of Operations Management*, 15(2), 139–154.

Rohloff, M. (2010). Advances in business process management implementation based on a maturity assessment and best practice exchange. *Information Systems and e-Business Management*, 9(3), 383–403. doi:10.1007/s10257-010-0137-1

Serrano, I., Ochoa, C., & De Castro, R. (2008). Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign. *International Journal of Production Research*, 46(16), 4409–4430. doi:10.1080/00207540601182302

Serrano Lasa, I. (2007). *Análisis de la aplicabilidad técnica value stream mapping en el rediseño de procesos*. Universitat de Girona.

Sharma, D., & Ali, M. (2010). Framework for Implementing Flexible Automation in Indian Industries. *Global Business and Management Research: An International Journal*, 2(2 & 3), 208–223.

Silva, F. A. B. (2006). Modelo para la formulación y despliegue de estrategias de manufactura. *Asamblea Anual de CLADEA* (pp. 1–31).

Suárez Barraza, M. F., & Ramis Pujol, J. (2007). *La sostenibilidad de la mejora continua de procesos en la administracion publica: un estudio en los ayuntamientos de España*. Management. Universidad Ramon Llull.

Tupa, J., Hamacek, A., Reboun, J., Skocil, V., & Steiner, F. (2006). Methodology for Manufacturing Improvement. *Electronics Technology, 2006. ISSE '06. 29th International Spring Seminar on*, 38–43. doi:10.1109/ISSE.2006.365356

Ungan, M. (2006). Towards a better understanding of process documentation. *The TQM Magazine*, 18(4), 400–409. doi:10.1108/09544780610671066

Zellner, G. (2011). A Structured Evaluation of Business Process Improvement Approaches. *Business Process Management Journal*, 17(2), 489. doi:10.3945/jn.110.130070