

MANUFACTURA ÁGIL: ACLARACIONES Y CONFUSIONES

Pablo C. Manyoma Velásquez

*Profesor Asistente. Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería Industrial Y Estadística, Cali
manyoma@pino.univalle.edu.co*

Angélica M. Alarcón Henao

*Ingeniero Industrial, Universidad del Valle, Cali.
aalarcon@fanalca.com.co*

Resumen

El presente artículo pretende hacer un repaso muy rápido por el mundo de la manufactura ágil. Para ello, se hace indispensable tratar de definir el concepto desde las diferentes ópticas de donde puede ser observado. Así mismo la identificación de los recursos primarios hace posible la introducción a los diferentes modelos o metodologías que intentan lograr la agilidad en un sistema de manufactura. Por último se identifican algunos indicadores como métricas necesarias para el control y mejoramiento de cualquier sistema.

Palabras clave: Manufactura Ágil, Estrategia, Indicadores

Abstract

This paper aims to review very quickly through the world of agile manufacturing. For this, it is essential to try to define the concept from the different points which can be observed. Likewise the identification of primary resources makes possible the introduction to the different models or methodologies that try to achieve agility in a system of manufacturing. Finally some indicators are identified as metric for the control and improvement of any system.

Keywords: Agility Manufacture, Estrategy, Indicators

1. Introducción

En la transición entre el siglo XX y el siglo XXI el ambiente de negocios se ha vuelto verdaderamente global, los segmentos de mercado son cada vez más reducidos, el ciclo de vida de los productos es más corto, y los clientes están requiriendo cantidades pequeñas de productos más personalizados. Esta nueva era de negocios se cimenta en el cambio como principal característica, y revela la existencia de nuevas tendencias en la gestión y organización de las empresas. Dichas tendencias, ponen de manifiesto la necesidad que tienen las organizaciones de convertirse en especialistas, de un número reducido de áreas de destacado interés, y en involucrarse en acuerdos de cooperación con proveedores, clientes o incluso competidores para el desarrollo de proyectos puntuales [1].

En relación con el anterior panorama ha surgido el término manufactura ágil, que se ha convertido en un área de notable interés en los estudios sobre estrategias de fabricación y modelos productivos.

La agilidad trata de cambiar los modelos tradicionales de operación. En un ambiente competitivo de constante cambio, hay una necesidad de desarrollar organizaciones e instalaciones que sean significativamente más flexibles y receptivas que las que existen actualmente. En pocas palabras, la manufactura ágil no representa una serie de técnicas, mucho más que eso, representa un cambio fundamental en la filosofía de la administración. No es sobre mejoras en pequeña escala, sino una manera completamente diferente de hacer empresa, con énfasis principalmente sobre la flexibilidad y la respuesta rápida a los cambios en el mercado y las necesidades del cliente.

2. Definición de agilidad

La agilidad como un concepto en manufactura fue acuñada por un grupo de investigadores del Instituto Iacocca, Universidad de Lehigh en 1991, en su informe "21st century manufacturing enterprise strategy", para describir las prácticas más importantes de la manufactura observadas durante su investigación.

En el informe se incluyó una visión de la empresa manufacturera ágil, sus componentes, infraestructura y mecanismos de operación. También identificó la base competitiva, características, elementos y subsistemas habilitadores de agilidad. En conclusión, el informe del Instituto Iacocca tenía tres puntos claves:

- Hay un nuevo ambiente competitivo, el cual está actuando como un motor de cambio en la manufactura.
- La ventaja competitiva surgirá en beneficio de esas empresas que desarrollen la capacidad para responder rápidamente a la demanda de productos de buena calidad y altamente personalizados.
- Para lograr la agilidad que se requiere para responder a estos motores y desarrollar la capacidad requerida, es necesario integrar tecnologías flexibles con trabajadores altamente entrenados, inteligentes, motivados y con capacidad de decisión.

Además, la agilidad en manufactura fue definida como: ***la habilidad de prosperar en un ambiente competitivo con cambios continuos e inesperados, respondiendo rápidamente al cambio, y fragmentando y globalizando los mercados, los cuales son dirigidos por la demanda de productos y servicios de alta calidad, alto rendimiento, bajo costo y orientados al cliente.***

Desde la publicación del informe del Instituto Iacocca, la manufactura ágil ha sido definida de muchas maneras. Según Avalla et al., en la actualidad la manufactura ágil está recibiendo un considerable interés, a pesar de la gran confusión existente respecto a las explicaciones e interpretaciones del concepto.

Para comprender este concepto se deben considerar dos grandes bloques de decisiones. Por un lado, existen las definiciones en términos de sus resultados: flexibilidad, rapidez, capacidad de respuesta, reconfigurabilidad, dinamismo, innovación, etc. En este caso, la manufactura ágil no sólo se basa en la flexibilidad y la capacidad de respuesta al cliente, sino que también considera prioritarios la reducción del costo, la calidad de los productos y la prestación de los servicios

demandados por los consumidores. Por tanto, los fabricantes ágiles son fabricantes flexibles, capaces de ofrecer productos de alta calidad a un costo reducido, con un servicio superior y mejores condiciones de entrega. Otras definiciones se dan en términos de su operatividad o implementación: cooperación, proactividad, virtualidad, aprovechamiento tecnológico, orientación al mercado, integración, etc.

Lo realmente novedoso del concepto de manufactura ágil es la integración, en una estructura compacta y orientada, de las técnicas, filosofías y herramientas que se han venido desarrollando a lo largo de los últimos treinta años, alcanzando niveles superiores en todos los objetivos o prioridades competitivas de fabricación: eficiencia, calidad, flexibilidad, entregas y servicio.

La manufactura ágil se puede definir, por tanto, como un *modelo de producción que integra la tecnología, los recursos humanos y la organización a través de una infraestructura informativa y de comunicación que otorga flexibilidad, rapidez, calidad y eficiencia, y permite responder de forma deliberada, efectiva y coordinada ante cambios en el entorno*. Típicamente, la manufactura ágil tiene las siguientes características:

- Implica romper con el modelo de producción en masa y producir muchos más productos altamente personalizados.
- Equivale al esfuerzo de lograr economías de alcance antes que economías de escala, sin el costo elevado tradicionalmente relacionado con la personalización del producto.
- Incrementa las preferencias del cliente y se anticipa a las necesidades de este.
- Requiere una visión general antes que solamente la relacionada con la planta.
- La manufactura ágil a futuro incluirá conceptos tales como la formación rápida de compañías virtuales, para introducir rápidamente nuevos productos al mercado.
- Requiere flujos de información más transparentes y abundantes a través de los ciclos de desarrollo de producto y las empresas virtuales.[3]

La agilidad se ha expresado por medio de cuatro principios subyacentes: *entregar valor al cliente, estar listo para el cambio, valorar el conocimiento y las habilidades humanas y formar sociedades virtuales* [4]. En resumen, se puede concluir que el tema principal en esta nueva área de la administración de la producción es la habilidad de tratar con cambios inesperados, sobrevivir a amenazas del ambiente de negocios y tomar ventaja de los cambios como oportunidades.

3. Recursos primarios de la agilidad [5]

La manufactura ágil puede ser considerada como una estructura dentro de cada compañía, y puede desarrollarse como una estrategia de negocios y productos. La estructura está centrada alrededor de cuatro áreas o recursos importantes (véase figura 1): estrategia, tecnología, organización, y personas; sugiriendo la necesidad a las empresas de desarrollar visión y estrategias, crear soluciones tecnológicas, cambiar la cultura organizacional, e integrar e invertir en las personas. La agilidad se logra a través de la integración de estos cuatro recursos, en un sistema coordinado e interdependiente, que proporciona flexibilidad, velocidad, calidad, servicio y eficiencia, y permite a las empresas reaccionar deliberadamente, efectivamente y de una manera coordinada a los cambios en el ambiente.

Estrategia

El enfoque estratégico para el mejoramiento del rendimiento tiene en cuenta el interés a largo plazo de la compañía en determinar negocios apropiados y políticas operativas. La manufactura ágil es en sí misma una estrategia, para conseguir ésta, algunas subestrategias son necesarias.

Empresa virtual

La empresa virtual es una herramienta de la manufactura ágil que facilita a los clientes obtener los productos que quieren rápidamente. Se describe como una red de organizaciones o empresas, formadas temporalmente; estas alineaciones combinan las capacidades centrales específicas de sus miembros para explotar rápidamente las oportunidades manufactureras

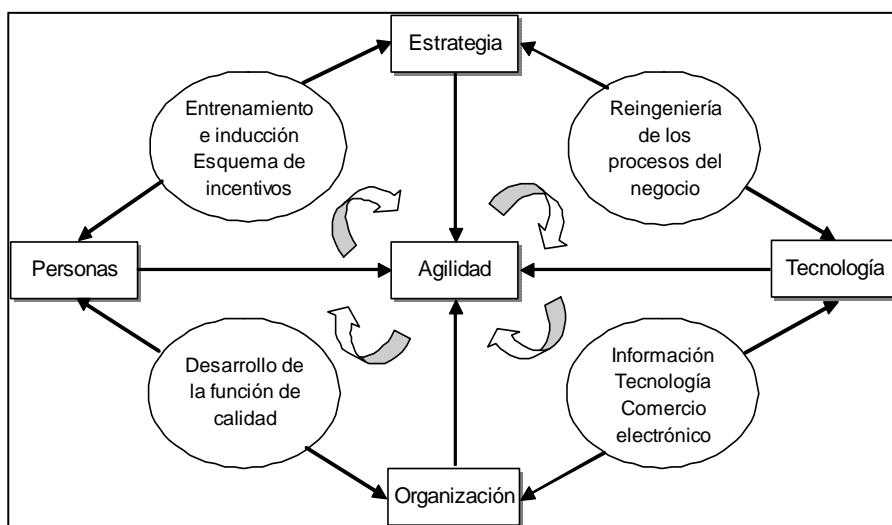


Figura 1. Marco genérico de la manufactura ágil

Fuente: GUNASEKARAN, A; Tirtiroglu, E. y WOLSTENCROFT, V. A investigation into the application of agile manufacturing in an aerospace company. *En* : Technovation. 22, (2005).

asociadas con un producto o servicio específico. Después, la alineación temporal es disuelta y los miembros están disponibles para otro proyecto virtual y temporal.

Cadena de suministro

Una cadena de suministro es la red global usada para entregar productos y servicios desde las materias primas hasta los clientes finales, a través de un flujo de información y distribución física. Cuando los productores, mayoristas y minoristas buscan maneras más efectivas de comercializar sus productos, se enfocan en revisar sus cadenas de suministro. El objetivo de la logística de la cadena de suministro es conseguir mejorar la flexibilidad para reducir los costos, retirar inventarios, controlar la entrada de materiales, integrar funciones desde compras hasta ventas, y aumentar el control de la cadena de suministro. En ambientes de cadena de suministro ágiles, la relación con los proveedores y la interacción entre proveedores debe ser flexible en relación con la entrega de productos/servicios y la capacidad de repuesta.

Ingeniería concurrente

Los equipos de ingeniería concurrente facilitan una estrategia de manufactura ágil combinando las destrezas necesarias para enriquecer al cliente y

reducir el tiempo necesario para el diseño y desarrollo del producto. Una de las ventajas más grandes es que los miembros del equipo pueden aprender nuevas cosas y ganar una perspectiva más amplia sobre los objetivos de su organización; esto puede conducir a mejorar los niveles de autonomía, la identificación de tareas, y la retroalimentación, que contribuyen a su experiencia laboral y a la satisfacción personal.

Reingeniería de los procesos del negocio

La reingeniería de los procesos de la empresa es quizás uno de los conceptos más fuertes que pueden ser usados para determinar las actividades de procesos y tecnologías que no añaden valor; es un enlace entre la tecnología de la organización y su estrategia general.

Tecnologías

En un ambiente de fabricación mundial, la tecnología de información juega un papel importante de integración física entre las organizaciones de manufactura. La habilidad de comunicación es primordial para los clientes, proveedores, empleados, y máquinas, es esencial dentro y fuera de los límites de la compañía. La tecnología de información y el comercio electrónico pueden facilitar mejores enlaces de comunicación entre toda la organización.

Hardware: equipos y herramientas

La manufactura ágil requiere tecnologías facilitadoras tales como herramientas de máquina virtual, instalaciones flexibles y alternativas de diseño ágiles. Las instalaciones flexibles son una clave tecnológica en la integración de manufacturas ágiles, y la falta de instalaciones flexibles efectivas puede ser un significativo obstáculo para su implementación. Se necesitan además sistemas de comunicación de alto nivel tales como el Internet, EDI y comercio electrónico para intercambiar información a varios niveles de las organizaciones de manufactura.

Sistemas - Organización

Los sistemas para manufactura ágil deben incluir principalmente sistemas de apoyo para varias operaciones de planeación y control de la producción. Basados en la naturaleza de los ambientes de manufactura ágil, hay varios sistemas integrados por computador que podían ser usados en este tipo de manufactura, algunos de ellos son: MRPII, Internet, CAD/CAE, ERP, multimedia, y comercio electrónico.

Diseño de sistemas

La manufactura ágil requiere sistemas rápidos para el desarrollo de los productos, con el objetivo de cambiar a nuevos productos tan fácil como sea posible. Para esto se necesita un sistema que reduzca al máximo las actividades que no añaden valor y por lo tanto el tiempo para llegar al cliente.

Sistemas de planeación y control de la producción

Para las compañías virtuales el control tradicional y los sistemas administrativos no satisfacen sus necesidades de control y planeación de la producción. Por tanto se requiere que el desarrollo del producto sea evolutivo y concurrente, bajo la influencia continua del cliente, monitorear y controlar en tiempo real el progreso de la producción, una estructura de control dinámica o flexible para tratar con las incertidumbres del mercado, una estructura de planificación de producción adaptable y algoritmos para tratar con las incertidumbres de la producción.

Administración de datos e integración de sistemas

El sistema de información de una empresa ágil

debe reconfigurarse en muy poco tiempo y debe ser capaz de incluir partes de sistemas de información de otras compañías. La mayor parte de los sistemas disponibles actualmente son desarrollados para ambientes de manufactura tradicionales, donde impera el comportamiento estático del mercado; para ambientes de manufactura ágil, sistemas tales como ERP serían más apropiados.

El despliegue de la función de la calidad (QFD)

El QFD puede ser usado para mejorar la comunicación entre las personas y la organización (las personas, en este contexto, es aplicable a las que se encuentran fuera de la compañía, como los clientes), e informar sobre los requerimientos del cliente con datos reales a la organización. Por consiguiente, a través del QFD, la compañía puede llegar a ser más enfocada al cliente; y por lo tanto, más adaptable al cambiante, imprevisible, y turbulento mercado.

Personas

La teoría de la manufactura ágil hace énfasis en el desarrollo de conocimientos y destrezas de los empleados para permitir que ellos interactúen en equipos de trabajo flexibles y con poder de decisión. Los equipos son definidos como un grupo temporal de dos o más personas, a las cuales se les ha asignado un rol o función específica con el fin de lograr un objetivo común e importante. Los equipos ágiles son multifuncionales, con el fin de combinar los conocimientos y destrezas necesarias para enriquecer al cliente; son dinámicos y rápidamente reconfigurables, dando flexibilidad a la organización; son cooperativos, en y entre las compañías, permitiendo la cooperación intra y extra organizacional necesaria para aumentar la competitividad; y son virtuales, lo cual permite a la compañía combinar los recursos necesarios para cumplir los objetivos empresariales.

Trabajadores especializados

La manufactura ágil puede ser operada efectivamente con la ayuda de trabajadores especializados. Los trabajadores especializados deben ser flexibles teniendo en cuenta la

responsabilidad de sus múltiples tareas.

Máximo apoyo de la administración y el otorgamiento de poder a los empleados (empowerment)

Gunasekaran resalta el papel del empleado con poder para mejorar el trabajo. Lograr agilidad en la manufactura requiere cambios radicales en los procesos de la empresa, este nivel de cambio en cualquier organización exige un soporte total de la alta dirección en términos de suministrar las tecnologías necesarias y el soporte financiero, junto con empleados a los cuales les han otorgado poder.

Entrenamiento, educación y esquemas de incentivos

El entrenamiento, la educación, y los esquemas de incentivos, tienen por objetivo formar trabajadores que lleguen a ser más ágiles en los negocios, mejorar a las personas para otorgarles poder y mantenerlos motivados. Aunque aun no está claro que tipo de entrenamiento y educación se requiere para motivar a los empleados que toman parte en el desarrollo de manufacturas ágiles, se necesitan personas experimentadas en tecnologías de información, con conocimientos en equipos de trabajo, negociación, estrategias de manufactura avanzadas y tecnologías; empleados con poder, personal multifuncional, personal plurilingüe, y equipos autodirigidos.

Equipos multifuncionales

El término multifuncional puede ser interpretado de dos maneras con respecto a los equipos, puede significar que el equipo está compuesto por empleados con destrezas únicas en el grupo, o que los miembros del equipo poseen múltiples entrenamientos o destrezas. La multifuncionalidad se considera esencial en ambos tipos de equipos para trabajar eficazmente. Los equipos de producción multifuncional se llevan a cabo a través de trabajadores entrenados en varias disciplinas y rotados entre estaciones; este tipo de equipo multifuncional consigue muchos resultados positivos, incluyendo la variedad de destrezas, identificación de tareas, y la retroalimentación.

Por otro lado están los equipos dinámicos, los

cuales son temporales en naturaleza o cambian sus miembros continuamente. Estos equipos se establecen para propósitos especiales con un tiempo de vida limitada. Por último, están los equipos virtuales, que juegan un papel cada vez más importante cuando las compañías forman sociedades estratégicas con clientes, proveedores y otros para lograr sus objetivos. Los equipos virtuales permiten a las compañías con diferentes competencias centrales unirse en un sentido virtual para lograr ciertos objetivos, luego disolverse, y aliarse con otras organizaciones para conseguir nuevos objetivos.

4. Como lograr la agilidad

La agilidad es una respuesta a los cambios que una compañía enfrenta, y se volverá una característica de esta. La agilidad en concepto es una respuesta estratégica a los nuevos criterios del mundo de negocios, y en la práctica es una utilización estratégica de los métodos de negocios, los procesos de manufactura y los procesos administrativos, prácticas y herramientas. Por lo anterior, la manera de implementar la agilidad en manufactura se considera un tema importante.

Modelo de Gunasekaran [6]

Gunasekaran creó un modelo conceptual para el desarrollo de sistemas de manufactura ágiles como se muestra en la figura 2. El modelo se desarrolló a lo largo de cuatro dimensiones claves que incluyen estrategias, tecnología, personas y sistemas. El principal objetivo es crear sistemas de manufactura ágiles integrados, con la ayuda de estrategias y técnicas apropiadas para formar rápidamente socios, empresas virtuales y llegar a la personalización masiva.

- **Estrategias:** se deben tomar decisiones a largo plazo con el objetivo de competir en el mercado global a través de la personalización masiva. Algunas de las áreas de decisión estratégica que deben ser consideradas mientras se desarrollan sistemas de manufactura ágiles son: El comercio electrónico, la formación rápida de sociedades, las alianzas estratégicas, las empresas virtuales, los sistemas de manufactura distribuidos físicamente, etc.

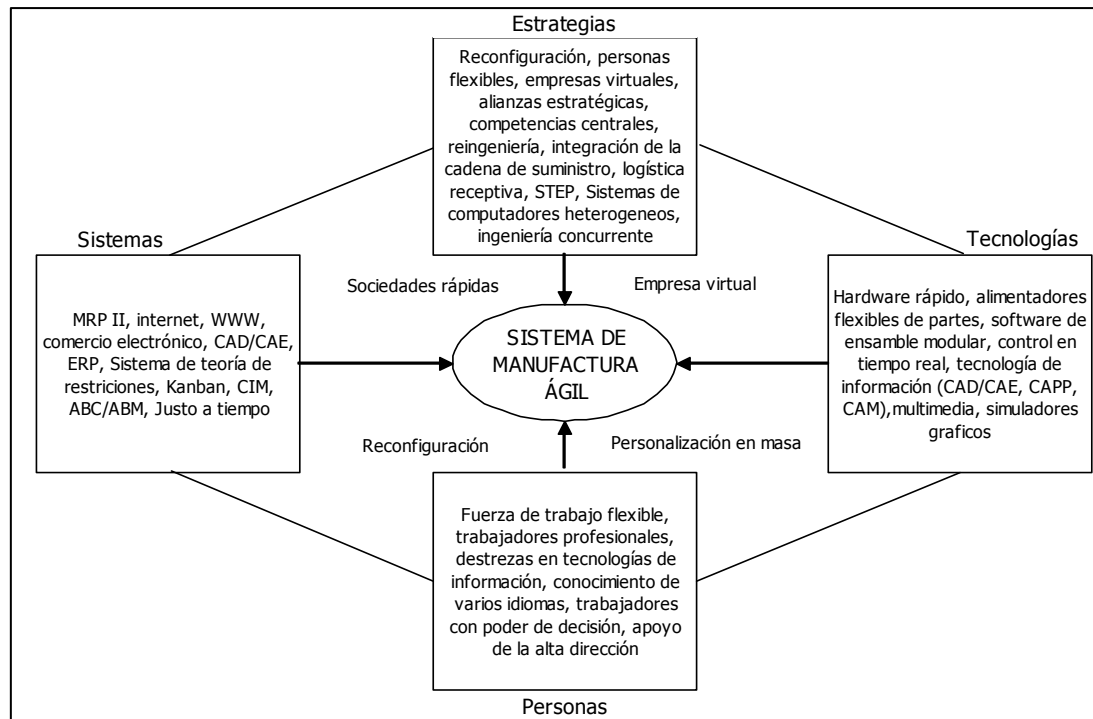


Figura 2. Desarrollo de un sistema de manufactura ágil

Fuente: GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing : A framework for research and development. En : International Journal of Production Economics. 62, (1999).

- **Tecnología:** las estrategias de manufactura ágil con tecnologías adecuadas pueden incrementar el éxito de conseguir o mejorar la agilidad en las organizaciones. Las tecnologías que permiten la agilidad son el Internet, la multimedia, el EDI, el comercio electrónico, las celdas de manufactura flexible, la robótica y el CAD/CAM.
- **Sistemas:** en el paradigma de la manufactura ágil, donde múltiples organizaciones cooperan bajo estructuras de empresas virtuales, existe la necesidad de un mecanismo para manejar y controlar el flujo de información entre socios colaboradores. En respuesta a esta necesidad se debe desarrollar un sistema de información de manufactura ágil que integre bases de datos de fabricación.
- **Personas:** el problema más crítico en el ambiente ágil es cómo dirigir y motivar al personal para soportar la flexibilidad y la capacidad de respuesta. Cuando la información no fluye debido a los asuntos

técnicos o humanos, la agilidad se pierde, por esta razón, es esencial la eliminación de puntos humanos de error en el soporte de la infraestructura. Si los usuarios no están dispuestos a aceptar prácticas ágiles y tecnologías facilitadoras, la manufactura ágil puede fallar.

4.1 Modelo de Preiss, Goldman y Ángel [7]

Preiss, Goldman y Nagel han propuesto la cooperación como un medio vital de supervivencia y prosperidad en la nueva era de negocios, y expuso un modelo genérico de aproximación a la agilidad. El modelo presentado en la figura 3, consiste en algunos pasos que podrían llevar a la compañía a entender su ambiente de negocios y tomar lugar de los cambios, los atributos, la infraestructura facilitadora, y finalmente los procesos comerciales que deben tenerse en cuenta en las acciones futuras de la organización para mantener la ventaja competitiva.

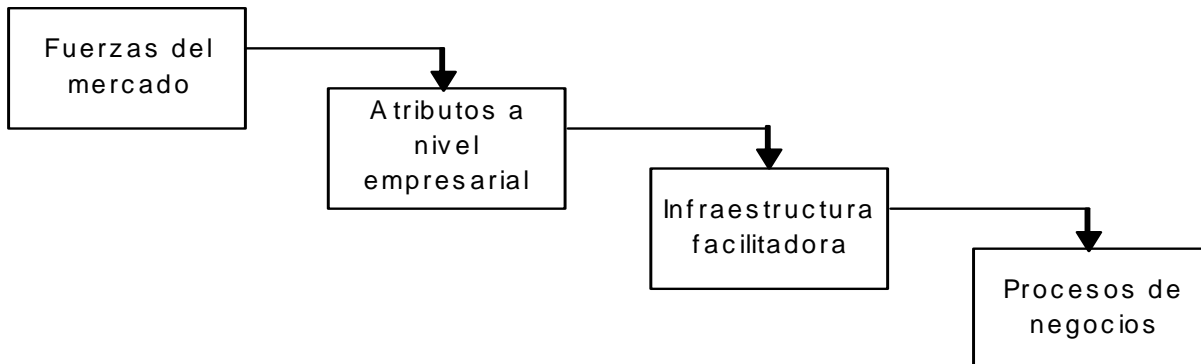


Figura 3. El modelo genérico de Preiss, Goldman y Nagel

Fuente: SHARIFI, H. y ZHANG, Z. A methodology for achieving agility in manufacturing organizations: an introduction. *En: International Journal of Production Economics*. 52. (1999).

4.2 Modelo de Sharifi y Zhang [8]

Sharifi y Zhang, desarrollaron un modelo conceptual (véase figura 4), el cual consiste de tres partes principales. Primero están los conductores de la agilidad que son los cambios en el ambiente de negocios que conducen la compañía a una nueva posición dirigiendo su negocio y buscando la ventaja competitiva. Luego están las capacidades de agilidad, compuestas por la línea esencial de habilidades que proporcionan la fuerza requerida para responder a los cambios, y finalmente están los proveedores de agilidad que son los medios que permiten lograr las capacidades y se supone se encuentran en las cuatro áreas más grandes del ambiente manufacturero: la organización, las personas, la tecnología y la innovación, apoyadas en las tecnologías de información.

Basado en este modelo se desarrolla una metodología para proporcionar a las compañías manufactureras una herramienta realista para entender mejor el concepto total de agilidad, determinando la necesidad de agilidad, evaluando la posición actual, determinando las capacidades requeridas en orden a convertirse en una organización ágil y adoptando las prácticas pertinentes que podrían llevar a conseguir las capacidades reconocidas. La forma gráfica de esta metodología se presenta en la figura 5.

El ambiente de negocios como fuente de turbulencia y cambios impone presiones en las actividades comerciales de la compañía. Estas incertidumbres, cambios impredecibles y presiones estimulan a las organizaciones para acercarse apropiadamente a las vías que podría llevarlas a una posición estable y protegerlas de perder su ventaja competitiva. Éstos se llaman conductores de la agilidad. Estos conductores podrían variar de una compañía a otra y de una situación a otra, y por lo tanto la manera como ellos afectan a una compañía puede también variar. Así que hay diferencias en la manera como las compañías deben responder a los cambios, lo que es definido como el nivel de agilidad necesario. La pregunta que se debe hacer es cuán ágil necesita ser la compañía. Cuando la compañía reconoce el nivel necesario de agilidad, debe poder evaluar el nivel de agilidad que ya tiene.

El siguiente nivel es la acción hacia la agilidad, que consiste de algunos pasos que podrían ser opcionales de acuerdo con las circunstancias específicas de la compañía y el nivel necesario de agilidad y los tipos de conductores de agilidad a tratar. En relación con la metodología, el paso de la acción puede consistir de dos partes: capacidades de agilidad y prácticas de agilidad, que en interacción con los conductores de la agilidad pueden formar una aproximación práctica para una compañía con el fin de tener la agilidad como una de sus características.

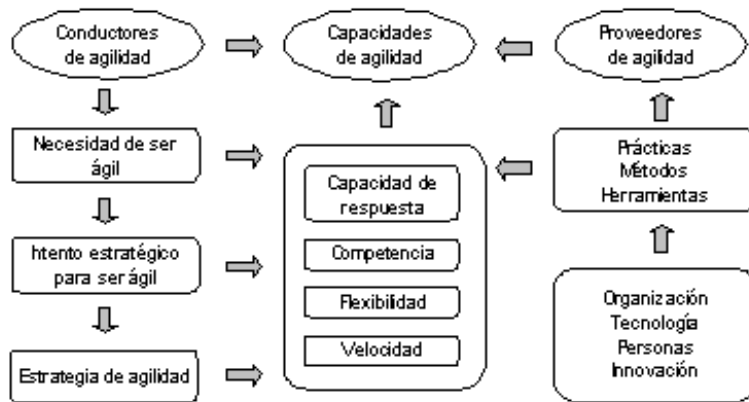


Figura 4. Modelo conceptual de la agilidad

Fuente: SHARIFI, H. y ZHANG, Z. A methodology for achieving agility in manufacturing organizations: an introduction. *En*: International Journal of Production Economics. 52, (1999).

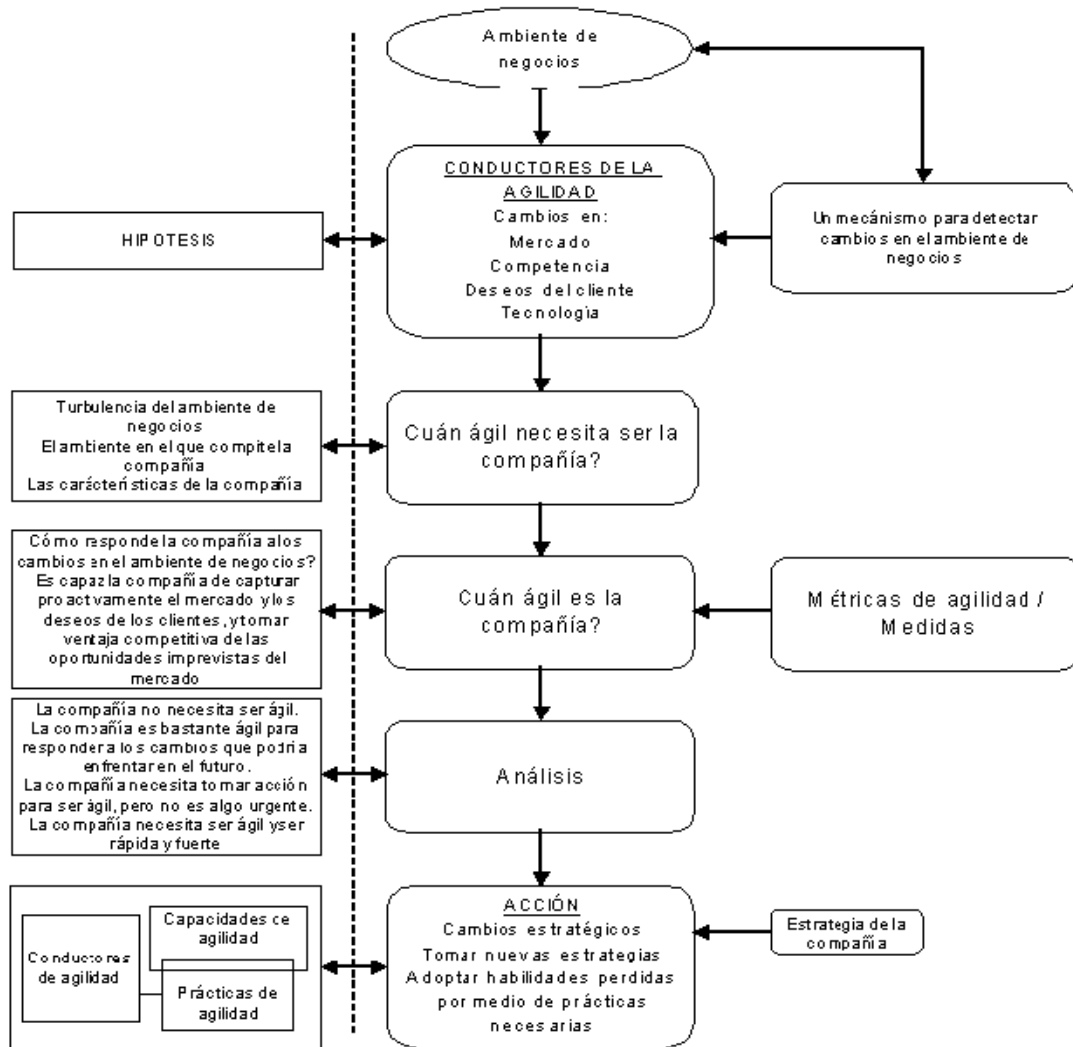


Figura 5. La metodología para ser ágil

Fuente: SHARIFI, H. y ZHANG, Z. A methodology for achieving agility in manufacturing organizations: an introduction. *En*: International Journal of Production Economics. 52, (1999).

4.3 Modelo de Sharp, Irani y Desai (9)

A través de una revisión literaria, los autores desarrollaron un modelo conceptual para lograr la manufactura ágil (véase figura 6). La base ha sido identificada por Kidd y Dove, y el resultado (techo del modelo) viene de Gunasekaran. Los pilares del modelo se presentan en más detalle a continuación:

- Las competencias centrales son definidas como procesos de aprendizajes colectivos enfocados en desarrollar y coordinar un diverso rango de habilidades y capacidades. Estas son como las raíces ocultas de un árbol, dando a las corporaciones su fuerza.
- Una empresa virtual es donde las compañías pueden formar alianzas temporales para hacer un producto específico para un periodo de tiempo específico, y entonces disolver estas alianzas cuando los participantes empiecen otros proyectos.
- Los prototipos rápidos es una técnica que permite a los equipos de ingeniería concurrente producir un modelo físico real de un diseño dentro de días o incluso horas, contrario a los meses que se necesitan, con los

métodos de prototipos tradicionales. Éste es uno de los mejores facilitadores de la manufactura ágil.

- La ingeniería concurrente es una aproximación sistemática al diseño concurrente integrado de productos y sus procesos relacionados, incluyendo manufactura y soporte.
- Personas flexibles y capacitadas son el resultado de programas de entrenamiento para asegurar a todos el conocimiento, habilidades y competencias, con el fin de llevar a cabo sus trabajos y tener flexibilidad.
- La mejora continua es el proceso iterativo de planificación, cambio, evaluación y elementos de mejoramiento dentro y fuera de la estructura organizacional.
- Los equipos de trabajo están conformados por grupos de empleados, quienes funcionan como una unidad con muy poca y a veces ninguna supervisión.
- La administración del cambio y el riesgo es el proceso hacia la consideración de nuevas ideas y creencias, como un conjunto que conforma las nuevas normas para la organización.

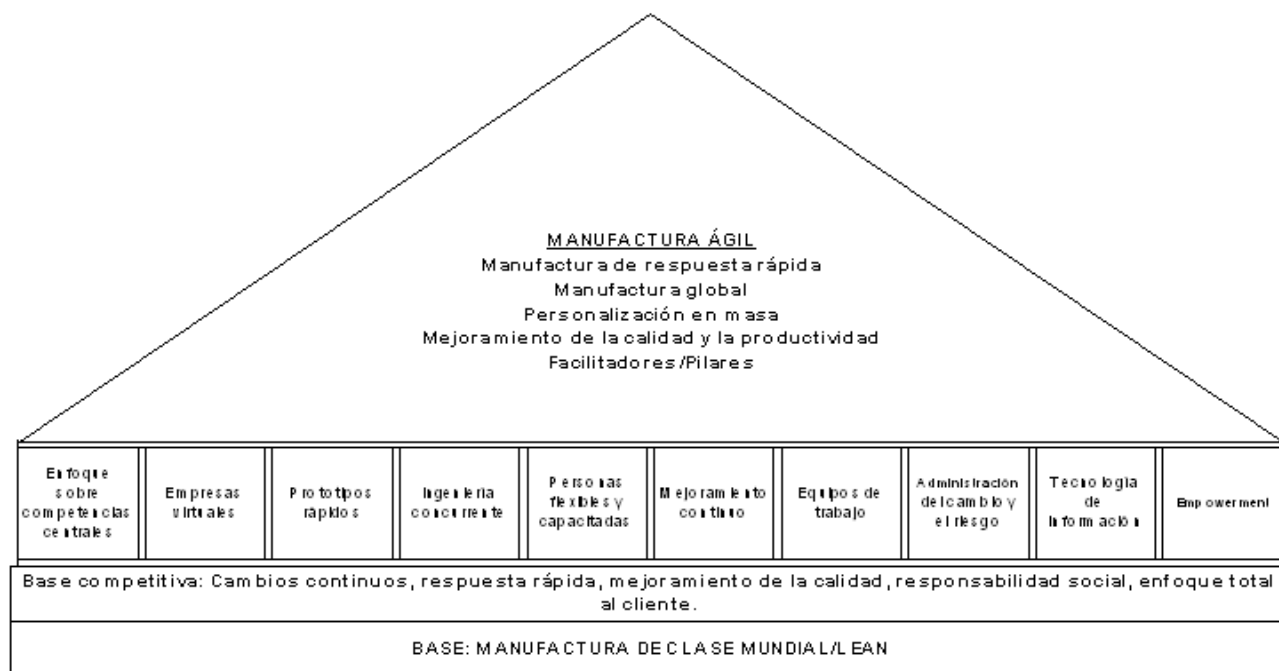


Figura 6. Modelo teórico de la manufactura ágil

Fuente: SHARP, J. M.; IRANI, Z. y DESAI, S. Working towards agile manufacturing in the UK industry. *En* : International Journal of Production Economics. 62, (1999).

- La tecnología de información permite a la manufactura ágil lograr reducciones en el desarrollo del producto. Los diseños son desarrollados y administrados a través de los medios de información.
- El empoderamiento involucra las redes informales de formación de las personas, cómo y cuando lo necesitan. Para poder hacer esto efectivamente, los administradores deben proporcionar una infraestructura que apoye el fortalecimiento del empleado.

4.4 Modelo de Avalla y Vázquez (1)

Avalla y Vázquez, proponen un modelo teórico para el análisis de la manufactura ágil en el que identifican tres elementos fundamentales: motivadores (entorno), facilitadores (prácticas de agilidad) y resultados. Como se puede observar en la figura 7, es el entorno de negocio el que se convierte en el principal motivador de la manufactura ágil, obligando a la empresa a adoptar y desarrollar prácticas vinculadas al nuevo modelo de fabricación.

En segundo lugar, y de acuerdo con esas condiciones del entorno, la empresa debe desarrollar los facilitadores de agilidad más adecuados a su situación particular, revisando sus estrategias, objetivos, prácticas, métodos y/o herramientas. Dichos facilitadores deben favorecer la plena integración de los elementos básicos de la empresa: las personas, las tecnologías y los procesos en la organización. Entre estos facilitadores o prácticas de la manufactura ágil se destacan: a) recursos humanos ágiles, personas altamente formadas, motivadas y trabajando en equipo; b) tecnologías de diseño, fabricación y administración avanzadas, implementadas de forma sistémica y plenamente integradas; c) mecanismos de integración y coordinación de la cadena de valor, basados en la cooperación y la integración de las operaciones a nivel tanto interno entre los departamentos o áreas de la empresa, como externo entre la empresa y los proveedores, clientes, aliados, grupos de interés, etc.; d) diseño e ingeniería concurrente; y e) prácticas y procesos relacionados con la gestión del conocimiento y el aprendizaje.

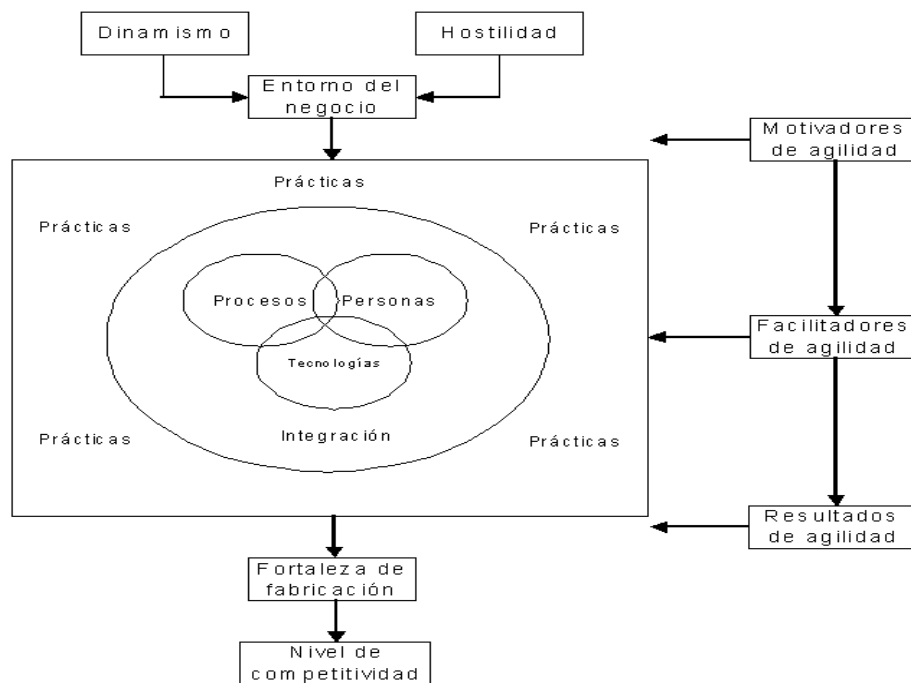


Figura 7. Modelo teórico para el análisis de la manufactura ágil

Fuente: AVALLA, Lucía y VÁZQUEZ, Daniel. ¿Es la fabricación ágil un nuevo modelo de producción? *En* : *Universia Business Review* : Actualidad económica. (Segundo trimestre, 2005).

Finalmente, la implementación de las prácticas de agilidad permite a las empresas desarrollar una fortaleza en fabricación como combinación de cada una de las cinco prioridades competitivas de esta área, costo, calidad, flexibilidad, entrega y servicio. El desarrollo de esta fortaleza conduce, a su vez, a mejores resultados para el negocio, incrementando así su competitividad.

5. Indicadores de manufactura ágil

Las métricas de agilidad son difíciles de definir, principalmente debido a la multidimensionalidad del concepto de agilidad. La tabla 1 resume los estudios con respecto a las medidas y métricas de la manufactura ágil; donde se muestra que hay dos tipos de medidas para la manufactura ágil: medidas operacionales y medidas estructurales.

El Foro de 1994 propuso cuatro dimensiones estratégicas de competencia ágil, que luego fueron ampliadas por Goldman et al. (1995). Dove (1994) discutió la medición de la agilidad y argumentó que cuatro indicadores incluyendo el costo, el tiempo, la robustez y el alcance podrían ser útiles en el monitoreo de la capacidad de un proceso para responder a los cambios inesperados. Metes et al. (1998) amplía el dominio de la habilidad de cambios introducido por Dove (1994) a la gestión de redes ágiles para ser usada como una medida de la manufactura ágil. Sin embargo, las mediciones de la manufactura ágil mencionadas en estos cuatro estudios fueron muy generales en su naturaleza.

Kumar y Motwani (1995) desarrollaron otra medida operacional de la manufactura ágil, el índice de agilidad. Este índice fue usado para determinar la efectividad de una empresa para competir basado en el elemento tiempo. El índice de agilidad proporcionó la posición de agilidad estratégica de una empresa en una escala de porcentaje. El índice de agilidad fue probado empíricamente por Martínez (2000) quién se basó en la noción que la agilidad es un indicador directo de la competitividad de una empresa basado en el tiempo.

Revisando las medidas de agilidad existentes, no existe un tratamiento directo, adaptable y holístico de los componentes de la agilidad. Por ejemplo, en

Goldman et al. (1995), el problema general de la medición se limita a tres simples, aunque fundamentales preguntas: ¿Qué medir?, ¿cómo medirlo?, ¿cómo evaluar los resultados?; por lo tanto no hay ningún "método" para combinar medidas y determinar la agilidad [10].

Tabla 1. Resumen de los primeros estudios sobre medición de la manufactura ágil

REFERENCIA	MEDIDA	ENFOQUE	DESCRIPCIÓN
Foro de agilidad (1994)	Dimensiones estratégicas	Operacional	Cuatro dimensiones estratégicas de competencia ágil.
Dove (1994)	Dimensiones estratégicas	Operacional	Costo, tiempo, robustez y alcance.
Goldman et al. (1995)	Dimensiones estratégicas - extensión del foro de agilidad (1994)	Operacional	Enriquecer al cliente, cooperar interna y externamente para lograr la competitividad, organizarse para adaptarse y crecer en el cambio y la incertidumbre, y apalancar el impacto de la gente y la información.
Metes (1998)	Scorecard - basado en Dove (1994)	Operacional	Muchas atributos empresariales individuales fueron medidos sobre una escala de cinco puntos.
Kumar y Motwani (1995)	Índice de agilidad	Operacional	Yy son medidas subjetivas de la empresa ágil durante el período
Martínez (2000)	Índice de agilidad - basado en Kumar y Motwani (1995)	Operacional	Evaluación empírica basada en Kumar y Motwani (1995).
Goranson (2000)	Métrica de distancia	Estructural	Número de cada nodo tipo aumentado por el poder de su tipo.
	Métrica de retrasos en tiempo	Estructural	Número de subconversaciones (ciclos)

Fuente: CAO, Quing y DOWLATSHAHI, Shad. The impact of alignment between virtual enterprise and information technology on business performance in an agile manufacturing environment. *En* : Journal of Operations management. 23, (2005).

En la literatura se puede observar la falta de una medida universal, es más, no hay ninguna medida que identifique ciertos parámetros/indicadores para un nivel de agilidad aunque hay algunos esfuerzos en esta dirección. Goldman et al. (1995), presentó una serie de preguntas útiles que hacen parte del procedimiento de adquisición de conocimiento de cualquier medida de agilidad. Sin tener en cuenta la estructura de cada medida, es importante establecer principios básicos, que deben ser satisfechos por cualquier medida de agilidad. Por tanto se afirma que cualquier medida práctica de agilidad debe:

- Enfocarse en las divisiones específicas de los tipos de agilidad, de los que se derivarán medidas de agilidad generales. Los parámetros observables de cada medida deben ser especificados junto con la metodología de derivación.
- Permitir las comparaciones de agilidad entre instalaciones diferentes.
- Proporcionar medidas de situaciones específicas teniendo en cuenta las características particulares del sistema/empresa.
- Incorporar conocimiento/experticia humana relevante.

En vista de las declaraciones anteriores, la medida de la agilidad será:

- **Directa:** se enfoca en las características operacionales notables que afectan la agilidad (medida directa), tales como tiempo de cambio, número de rutas de manufactura, variedad de producto, versatilidad, cambio en calidad, etc., y no sobre los efectos de la agilidad (medida indirecta) tales como, incremento en activos o ganancias, tiempos de entrega cortos, etc.
- **Adaptable:** proporciona medidas en contextos específicos pero sin cambiar sus características estructurales a través del tiempo. La medida debe adaptarse a diferentes sistemas/empresas de manufactura y permitir comparaciones de agilidad entre ellas.
- **Basada en el conocimiento:** basada en el conocimiento especializado acumulado en la operación del sistema bajo estudio, o sobre sistemas similares. La medida es capaz de

tomar datos numéricos y lingüísticos, dando como resultado medidas precisas (por ejemplo, agilidad = 0.85) y/o cualitativas (por ejemplo, agilidad alta).

- **Holística:** combina todas las dimensiones conocidas de agilidad. La agilidad es una noción multidimensional, notable en casi todos los niveles jerárquicos de un sistema/empresa de producción [11].

6. Conclusiones

- Hay un viejo refrán que dice que colgar una señal sobre una vaca que dice "soy un caballo" no la hace un caballo. Hay un peligro real que la manufactura ágil caiga como presa fácil en la desafortunada tendencia de los círculos de manufactura que siguen las tendencias y la etiqueten como una nueva moda. Los peligros en esto son dos, primero dará una mala reputación a la manufactura ágil y segundo, en lugar de llegar a las implicancias profundas y los temas importantes de la manufactura ágil, la dirección adquirirá un entendimiento superficial, que los deja vulnerables frente a los competidores que toman la manufactura ágil seriamente.
- Para conseguir la agilidad en las organizaciones manufactureras, se debe tratar de comprender la naturaleza de las culturas existentes, valores, y costumbres completamente, se necesita lograr este entendimiento, porque se debe empezar por reconocer y aceptar el hecho que gran parte de lo que se ha dado por supuesto, probablemente no aplica en el mundo de la manufactura ágil.
- Cuando se enlazan computadores a través de aplicaciones, funciones y empresas no se logra la agilidad. Se podría conseguir una condición necesaria para la agilidad, es decir comunicaciones rápidas y el intercambio y uso de datos, pero no se consigue agilidad. Por ejemplo, no se puede decir que un luchador de sumo es ágil. Ni se puede pensar que 50 luchadores de sumo, todos atados por una compleja red de cadenas y sogas, halando en diferentes direcciones, son ágiles. Completamente al contrario. Se puede ver que

son pesados, lentos e insensibles. Sin embargo, se puede reconocer que un bailarín de ballet es ágil. También se puede pensar que un escenario lleno de los bailarines de ballet son ágiles, porque lo que los une es algo muy diferente.

- Esta analogía entre luchadores de sumo y bailarines de ballet es muy relevante para comprender la propiedad de la agilidad. Muchas organizaciones, en grados diferentes, se parecen a luchadores de sumo, unidos, pero todos halando en diferentes direcciones. Si se quieren desarrollar propiedades ágiles, se necesita comprender qué causa la agilidad y qué dificulta la agilidad. Solamente cuando se ha desarrollado este conocimiento se puede empezar a pensar en diseñar una empresa ágil. Porque, cuando se tiene tal conocimiento de las causas de la agilidad, se puede empezar a analizar la situación actual e identificar las necesidades de cambio.

7. Referencias bibliográficas

1. AVALLA, Lucía y VÁZQUEZ, Daniel. ¿Es la fabricación ágil un nuevo modelo de producción? En: *Universia Business Review : Actualidad económica*. (segundo trimestre, 2005); p. 94.
2. TAN, Baris. Agile manufacturing and management of variability. En: *International Transactions in Operational Research*. Vol., 5, No. 5, (1998); p. 376.
3. CHENG, K.; HARRISON, D. K. y PAN, P. Implementation of agile manufacturing – an AI an Internet based economics. En: *Journal of Materials Processing Technology*. 76, (1998); p. 97-98.
4. GOLDMAN, S. L.; NAGEL, R. N. y PREISS, K. Agile competitors and virtual organizations: Strategies for enriching the customer. Van Nostrand Reinhold. (1995).
5. Este apartado está basado en: LEE, Carman K. M.; LAU, Henry C. W. y FUNG, Richard Y. K. Development of a dynamic data interchange scheme to support product desing in agile manufacturing. En: *International Journal of Production Economics*. 87, (2004); p. 295-308. CHO, Hyunbo y JUNG, Mooyoung. Enabling technologies of agile manufacturing and its related activities in Korea. En: *Computers ind, Engng*. Vol. 30, No. 3, (1996); p. 323-334.
6. GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing: A framework for research and development. En: *International Journal of Production Economics*. 62, (1999); p. 87-105. GUNASEKARAN, A; Tirtiroglu, E. y WOLSTENCROFT, V. An investigation into the application of agile manufacturing in an aerospace company. En: *Technovation*. 22, (2005); p. 405-415.
7. PREISS, K; GOLDMAN, S. L. y NAGEL, R. N. Cooperate to compete: Building agile business relationship. Citado por SHARIFI, H. y ZHANG, Z. A methodology for achieving agility in manufacturing organizations: an introduction. En: *International Journal of Production Economics*. 52, (1999); p. 10.
8. SHARIFI, H. y ZHANG, Z. A methodology for achieving agility in manufacturing organizations: an introduction. En: *International Journal of Production Economics*. 52, (1999); p. 7-22
9. SHARP, J. M.; IRANI, Z. y DESAI, S. Working towards agile manufacturing in the UK industry. En: *International Journal of Production Economics*. 62, (1999); p. 155-169.
10. CAO, Quing y DOWLATSHAHI, Shad. The impact of alignment between virtual enterprise and information technology on business performance in an agile manufacturing enviroment. En: *Journal of Operations Management*. 23, (2005); p. 531-550.
11. TSOURVELOUDIS, Nikos., et al. On the mesurement of agility in manufacturing systems. University of southwestern Louisiana. The center for advanced computer studies. Robotics and automation laboratory.