www.revistadyo.com

Mejora de un Sistema de Producción por Proyectos basada en la metodología GRAI: un estudio empírico

Framework for assessing the current strategic factory role and deploying an upgrading roadmap. An empirical study within a global operations network

Ander Errasti Opacua [1], Sandra Martínez Miguélez [1], Raúl Poler Escoto [2] y Mikel Arcelus [1]

[1] Departamento de Organización Industrial. Tecnun. Universidad de Navarra. Paseo Manuel Lardizábal, 13, 20.018, San Sebastián. España.
[2] Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de Producción, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n, 46022. Valencia, España.
aerrasti@tecnun.es, smartinez@tecnun.es, marcelus@tecnu.es, rpoler@cigip.upv.es

Fecha de recepción: 24-11-2010
Fecha de aceptación: 26-9-2011

Resumen: Este trabajo explora cómo la metodología GRAI puede ayudar al rediseño de los procesos logísticos operativos internos y externos, para la mejora del rendimiento de la cadena de suministro de un sistema de producción por proyectos. Para evaluar el método propuesto, se recoge la experimentación desarrollada en una cadena de suministro desde el punto de vista del fabricante principal y las conclusiones que se derivan de los resultados alcanzados.

Palabras clave: producción por proyectos, metodología GRAI, DGRAI y sistema decisional.

Abstract: Companies survive in saturated markets while attempting to become more productive and efficient. In this study, we assert that competition between companies is not fully understood when the company operates in isolation. For a comprehensive understanding, it is necessary to focus on all relevant factors between supply chains. There is a need for significant involvement and commitment by all chain components in a joint project whose goal is to achieve customer satisfaction. The aim should be to seek out the benefits of the entire chain, and from this to realize the individual benefits of each of the links. Additionally the coordination mechanisms of the supply chain should take into account the particularities of the manufacturing field they are working in. In «Build to Order» and «Engineer to Order» production systems, there is a need to coordinate the decision making protocols to ensure fluid production amongst the internal functions of engineering, procurement, production and logistics as well as with external suppliers. GRAI modelling and associated techniques (GRAI grid, DGRAI) may be helpful when facing a reengineering project involving the integration of a production system for projects to improve the performance of the supply chain. For an analysis of the planning, production and procurement supply chain system both internally and externally, we monitored the decision making system using GRAI grid utilizing both «As Is» and «To Be» scenarios. The GRAI grid shows the main characteristics of the decision system (decision levels, decision centres, planning periods, planning frequency, decision alternatives, information, etc.). The company has implemented a planning, production and procurement system which is «made to order» based on the firms needs. This system is called «S +5» because orders in the week S are supplied by the sixth week called S+5:5. The planning system has a period of one week and a planning horizon of six weeks. Then, the analysis and the future design of the planning, production and procurement system is developed around the planning horizon and the production master plan. In particular it analyzes the planning system «D +20:2» with a planning horizon of 20 days and a planning period of two days. This paper explores how the GRAI methodology can help to redesign internal and external logistics operational processes, in order to improve the supply chain performance of production systems projects. In order to evaluate the proposed method, data is collected at the developed experimentation in a supply chain from the viewpoint of the Original Equipment Manufacturer (OEM), specifically is this study, with an elevator company. Some of the conclusions derived from the achieved results include. The simulation showed that the «D +20:2» required a 40% increase in human resource hours dedicated to the decisions making of the «S +5:5».

- 40% reduction in delivery time and 50% in the percentage of complete orders.
- 40% reduction in the current stock.
- 60% stock reduction for suppliers of JIT supply modules.
- 20% stock increase for made to order suppliers.

• 30% stock reduction in make to stock suppliers.

• The empirical study shows that the modelling techniques incorporated in this study have potential applicability.

Key words: project management, GRAI methodology, DGRAI and decisional system.

1. Introducción

Las empresas sobreviven en mercados saturados tratando de ser más productivas y eficientes. En este contexto, la competencia no se entiende entre empresas de manera aislada, sino entre cadenas de suministro (Christoper y Towill, 2001). Éstas deben estar fundamentadas en la involucración y el compromiso de todos los componentes de la cadena en un proyecto común cuya meta sea conseguir la satisfacción del cliente final. Así, el objetivo debe ser buscar el beneficio para el conjunto de la cadena y, a partir de éste llegar a los beneficios individuales de cada uno de los eslabones (Capó-Vicedo *et al.,* 2009). Los mecanismos de coordinación de la cadena de suministro deberán tener en cuenta las particularidades de los diferentes tipos de fabricación (producción bajo pedido, producción contra inventario, ensamblado bajo pedido, ingeniería bajo pedido, etc.).

En particular, el sistema de producción bajo pedido (*Build to Order*) establece que las actividades de valor añadido —aprovisionamiento, producción, montaje, distribución,…— sean ejecutadas con pedidos en firme en lugar de con previsiones. De esta manera una cadena de suministro evita los riesgos asociados a la incertidumbre en las previsiones (Salvador et al., 2006). Algunos sistemas de producción bajo pedido tienen que personalizar el producto para cada cliente, por tanto es necesaria una etapa previa de ingeniería que se tiene que integrar con el resto de actividades del flujo de materiales. Estos sistemas de producción denominados como ingeniería contra pedido (*Engineer to Order*) son habitualmente sistemas de producción por proyectos, donde el elemento de repetición es limitado. En otras palabras: *«pequeño número por proyectos terminados alta variabilidad de componentes y subconjuntos»* (Slack et al., 2004). Los proveedores que suministran a este tipo de plantas suministran componentes y subconjuntos o variaciones de los mismos a la planta de producción o al punto de ensamblaje final.

En este tipo de sistemas, las funciones internas de ingeniería, compras, producción y logística, así como los proveedores externos, se ven en la necesidad de coordinar los puntos de decisión y las acciones para garantizar una producción fluida. No obstante, algunos autores (Caron *et al.,* 1995) afirman que la falta de gestión logística y de la cadena de suministro en entornos por proyectos tiene un impacto negativo sobre el sistema de producción.

Esta investigación trata de estudiar cómo la metodología GRAI facilita el afrontamiento del rediseño de los procesos operativos en la cadena de suministro de un sistema de producción por proyectos. Para poder explicar esto, el resto del artículo es organizado como sigue: el apartado 2 proporciona un breve resumen sobre el modelado de sistemas de decisión centrándose en el método GRAI; después, en el apartado 3, se explica el método utilizado para el modelado de sistemas de producción por proyectos con el fin de conseguir una mejora del rendimiento de la cadena de suministro; posteriormente, en el apartado 4, se presenta el estudio de caso que se ha llevado a cabo en la empresa mostrando en un principio cuál era su situación de partida y cuáles han sido los resultados en términos de efectividad logrados una vez aplicada la metodología GRAI. Finalmente, este artículo expone las conclusiones obtenidas del proyecto y las posibles futuras líneas de investigación sugeridas por los autores en el apartado 5.

2. El modelado de sistemas de decisión

El modelado empresarial es una herramienta que ofrece un adecuado soporte para analizar y mejorar sistemas complejos como cadenas de suministro en el que el tipo de fabricación predominante sea el de ingeniería contra pedido. En las década de los 90 emergieron varias arquitecturas para el análisis y rediseño de sistemas empresariales, entre las que destacan: CIMOSA (AMICE, 1993), GIM (Doumeingts *et al.,* 1993) y PERA (Williams, 1994). Estas arquitecturas de modelado empresarial proporcionan un conjunto de lenguajes de modelado, metodologías de aplicación y parámetros de rendimiento para afrontar con éxito el análisis de sistemas empresariales.

Uno de los subsistemas más complejos de analizar y rediseñar es el sistema de toma de decisiones de

una organización. La arquitectura GIM y, en particular, la metodología GRAI (Doumeingts, 1984) proporciona formalismos de modelado para el estudio los flujos de decisiones en sistemas productivos. A nivel conceptual, el modelo GRAI establece que una organización puede ser observada desde tres puntos de vista: el sistema físico, el sistema de decisión y el sistema de información (Figura 3). El sistema de información une el sistema de decisión con el sistema físico y el entorno de la empresa (Boza *et al.,* 2009).

Las diferentes actividades de toma de decisión que tienen lugar en una organización se aglutinan en grupos denominados centros de decisión. El formalismo de modelado utilizado para la representación de los centros de decisión es la Rejilla GRAI. Dichos centros de decisión se organizan en la rejilla según funciones y niveles temporales de decisión caracterizados por horizontes y períodos (Figura 1). A un mayor nivel de detalle, los centros de decisión se componen de redes de actividades en las que se detallan las conexiones entre las diferentes actividades de toma de decisión.

El modelo DGRAI (Poler *et al.,* 2002) es una extensión del método GRAI para la simulación de sistemas de decisión a capacidad finita de los recursos humanos involucrados en tareas de decisión (Poler y Lario, 2001), lo que permite identificar los problemas asociados a la coordinación de las decisiones, los cuellos de botella en los decisores y el impacto de los retardos en la ejecución de actividades de toma de decisión.

3. El modelado de sistemas de producción por proyectos

Pese a que algunos autores afirman que pocas empresas están actualmente comprometidas con una integración externa (Fawcett *et al.,* 2002), especialmente cuando requiere de una colaboración estratégica, el modelado GRAI y las técnicas asociadas (rejilla GRAI, DGRAI) pueden ser de gran utilidad para afrontar un proyecto de reingeniería para la integración de un sistema de producción por proyectos para la mejora del rendimiento de la cadena de suministro. Si bien hay experiencias de aplicación del modelado GRAI a la industria de automoción (Miralles *et al.,* 2002) y electrodomésticos (Errasti *et al.,* 2006), en entornos contra almacén, no así en sistemas de producción por proyectos. Los autores de este trabajo de investigación, proponen que su aplicación en la fase de diagnóstico para el análisis y diseño de los procesos logísticos permite identificar mejoras para su posterior implantación en empresas con sistemas de producción por proyectos.

Figura 1
Sistemas del modelo GRAI (Poler, 1998)

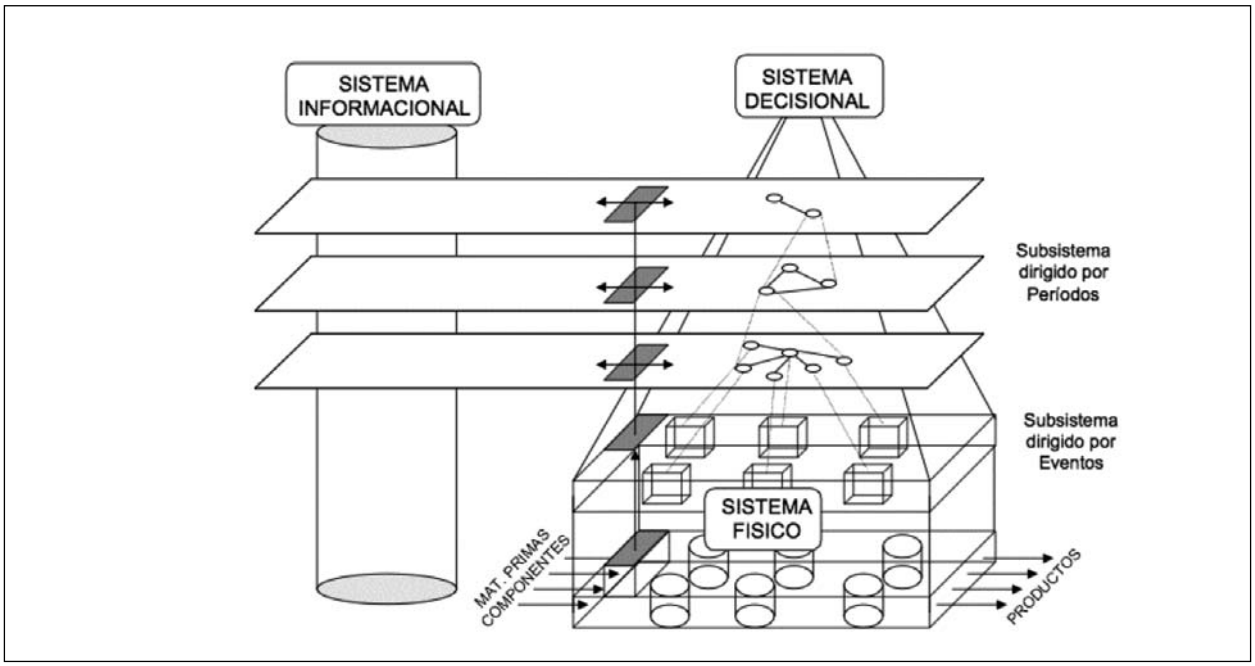


Figura 2
Modelo de referencia de un SGP

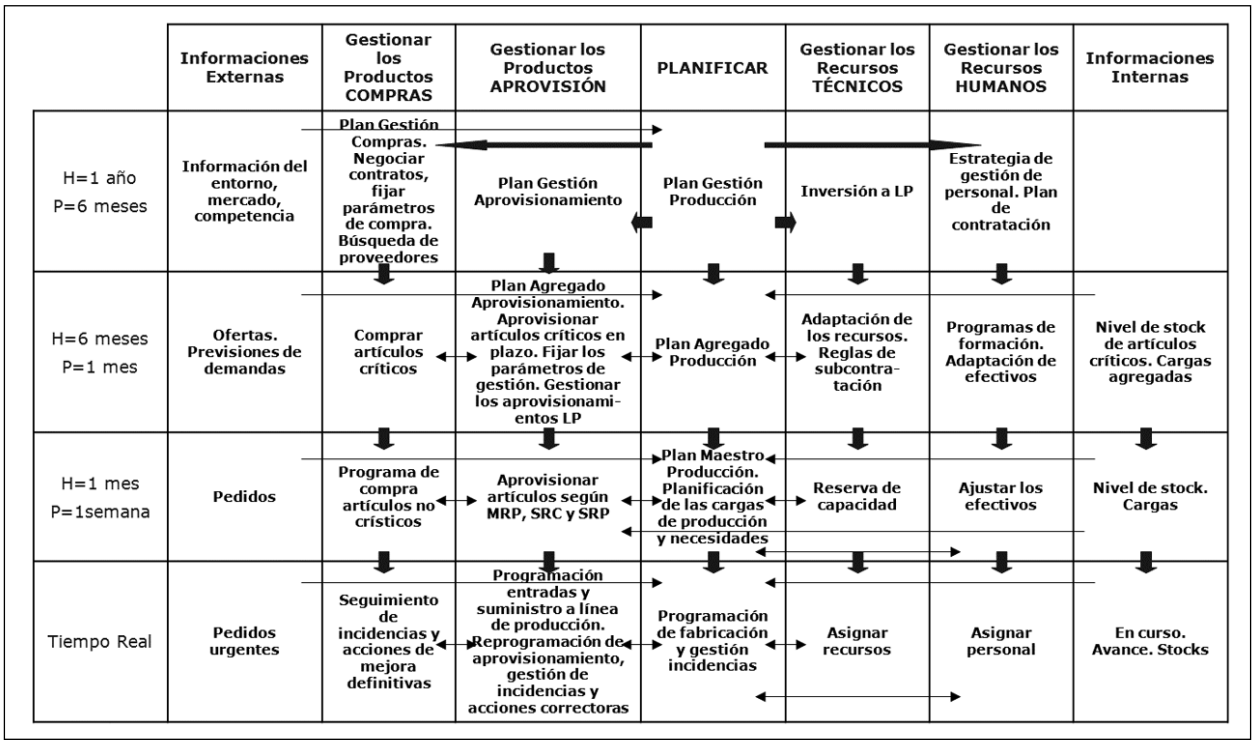


Figura 3
Representación esquemática del método y factores a considerar (Errasti *et al.*, 2006)

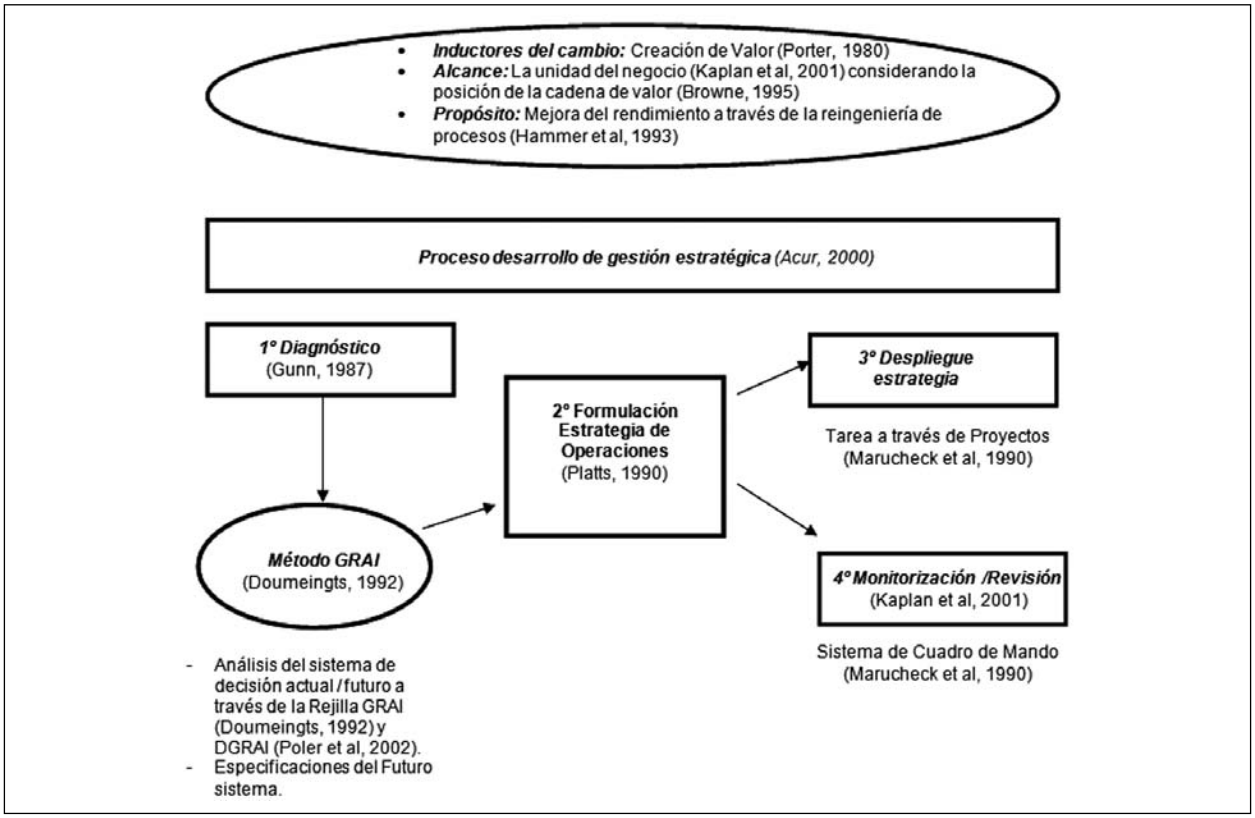
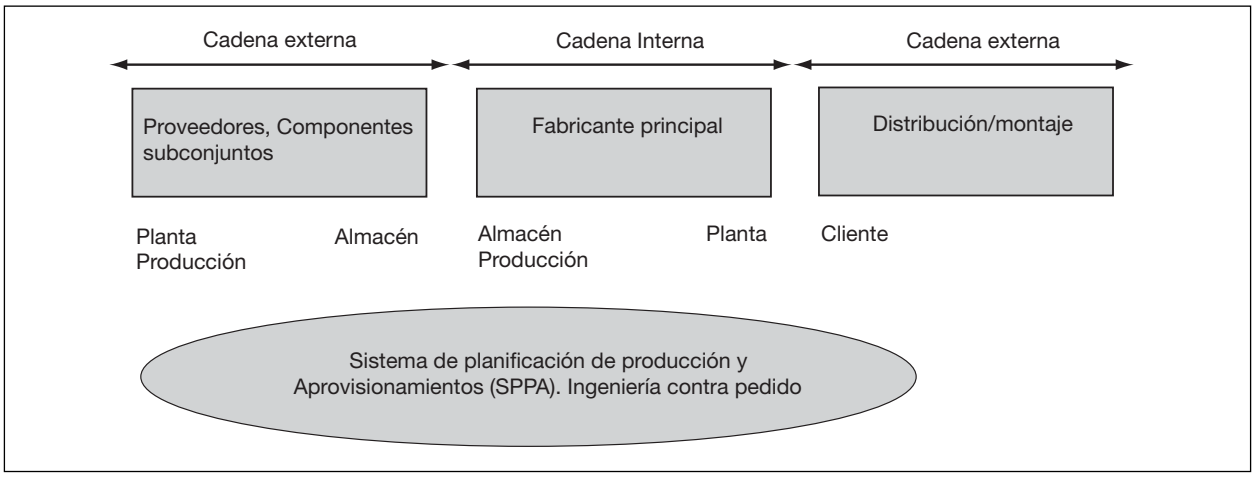


Figura 4
Cadena de suministro interna y externa considerada en el estudio de caso



El rediseño de un sistema de decisiones de los procesos logísticos en una cadena de suministro supone importantes implicaciones en todas las áreas de la red productiva y logística (Acur, 2000). Por lo tanto, la decisión de acometer un proyecto de este tipo debe calificarse de estratégica. Para el desarrollo de la estrategia, son necesarias cinco etapas (entradas, análisis, formulación de la estrategia, implementación de la estrategia y revisión de la misma) y para este propósito se pueden utilizar herramientas analíticas y de gestión.

Los autores de este trabajo utilizan este enfoque, simplificando el proceso y adaptándolo a la estrategia de operaciones del fabricante principal (O.E.M.). A continuación, se expone brevemente el método utilizado para sistemas de producción por proyectos, el cual ha sido ratificado en trabajos propios para la mejora de un sistema de producción contra almacén utilizando la metodología GRAI (Errasti *et al.,* 2006).

El método tiene en cuenta la posición del fabricante principal (O.E.M.) en la cadena de valor y establece las etapas necesarias para la creación de valor. Se establece una etapa de diagnóstico o entrada para analizar los factores. En esta etapa se utilizan la Rejilla GRAI y la simulación mediante DGRAI como herramientas analíticas que dan soporte al sistema actual y al diseño del futuro sistema. El diagnóstico contribuye a elegir el contenido de la estrategia, definir o formular una estrategia y monitorizar las ventajas/desventajas del futuro sistema de decisiones relacionado con las tecnologías de información (especificaciones de *hardware* y *software*), tecnologías de fabricación (especificaciones de equipos y herramientas) y organización (sistema físico y estructura de organización).

Posteriormente, se establece una etapa de despliegue de la estrategia formulada. El despliegue de la estrategia está basado en proyectos, donde se establece un proceso de monitorización y revisión de la estrategia para facilitar la alineación de la organización la estrategia. En la Figura 5 se ilustra el método descrito.

Figura 5
Clasificación de proveedores teniendo en cuenta los factores logísticos

CLASIFICACIÓN PROVEEDORES / FACTORES	Proveedor J.I.T cercano volumen	Proveedor J.I.T. cercano subconjuntos	Proveedor tradicional Make to Stock	Proveedor tradicional Make to Order
Volumen logístico o peso por unidad suministrada	↑ ↑ ↑	↑ ↑	↑	↑ ↑
Número de referencias suministradas	↑	↑ ↑ ↑	↑	↑ ↑
Distancia al fabricante principal (o.e.m)	↑	↑	↑ ↑ ↑	↑ ↑
Valor por unidad suministrada	↑	↑ ↑ ↑	↑ ↑	↑ ↑

4. Estudio empírico

El fabricante principal que ha liderado la mejora de la cadena de suministro, es una unidad de negocio de ascensores dedicada al diseño, fabricación y montaje de ascensores.

En la Figura 6 se describen las principales características de la cadena de suministro interna (almacén de componentes y planta de producción) y la cadena

de suministro externa (distribuidores o clientes y red de proveedores).

El fabricante principal o O.E.M. fabrica contra pedido mediante un sistema de planificación de producción y aprovisionamientos (SPPA) en base a fecha de entrega del ascensor en cliente. El proceso productivo está basado en los principios de producción en masa personalizada. Con este propósito tanto el producto, como el proceso tiene alta modularidad y comunalidad de ciertos componentes en las primeras etapas del proceso productivo (chasis, cabina, máquinas…) y permiten una personalización, combinando diferentes partes y módulos en la etapa final del proceso (montaje). El fabricante principal tiene clasificados los proveedores en base a factores como el volumen logístico o peso por unidad suministrada, el número de referencias, la distancia del proveedor y el valor por unidad transportada. La Figura 7 muestra dicha clasificación.

El fabricante principal, cuya cadena de suministro es motivo de análisis, busca una ventaja competitiva sostenible. Para este propósito, el equipo investigador ha facilitado esta labor asistido por el método desarrollado (Figura 5). En la fase diagnóstico para el análisis del sistema actual y el diseño del sistema futuro se ha utilizado la rejilla GRAI (Figura 6) y la simulación mediante DGRAI (Figura 7). Por un lado, en la Figura 8 se pueden apreciar todos los centros de decisiones existentes en la empresa y las relaciones que existen entre ellos, mientras que en la Figura 9 se muestra un instante concreto de la simulación donde se pueden observar varias informaciones. Por ejemplo, la pantalla de datos que aparece a la derecha muestra qué centros de decisión han sido ya ejecutados (color amarillo), cuáles están siendo ejecutados (color verde) y cuáles están sin ejecutar (color rojo).

La estrategia de operaciones definida ha sido mejorar la Calidad de Servicio (reducir el plazo de entrega y cumplimentar en mayor porcentaje los pedidos realizados/entregados en fecha) a través del rediseño del SPPA del fabricante y la red de proveedores, así como reducir el coste total de la cadena de suministro. Para explicar la metodología seguida basándose propiamente en el caso de dicha empresa, se puede observar la Figura 8.

Figura 6
Rejilla GRAI aplicada a la empresa

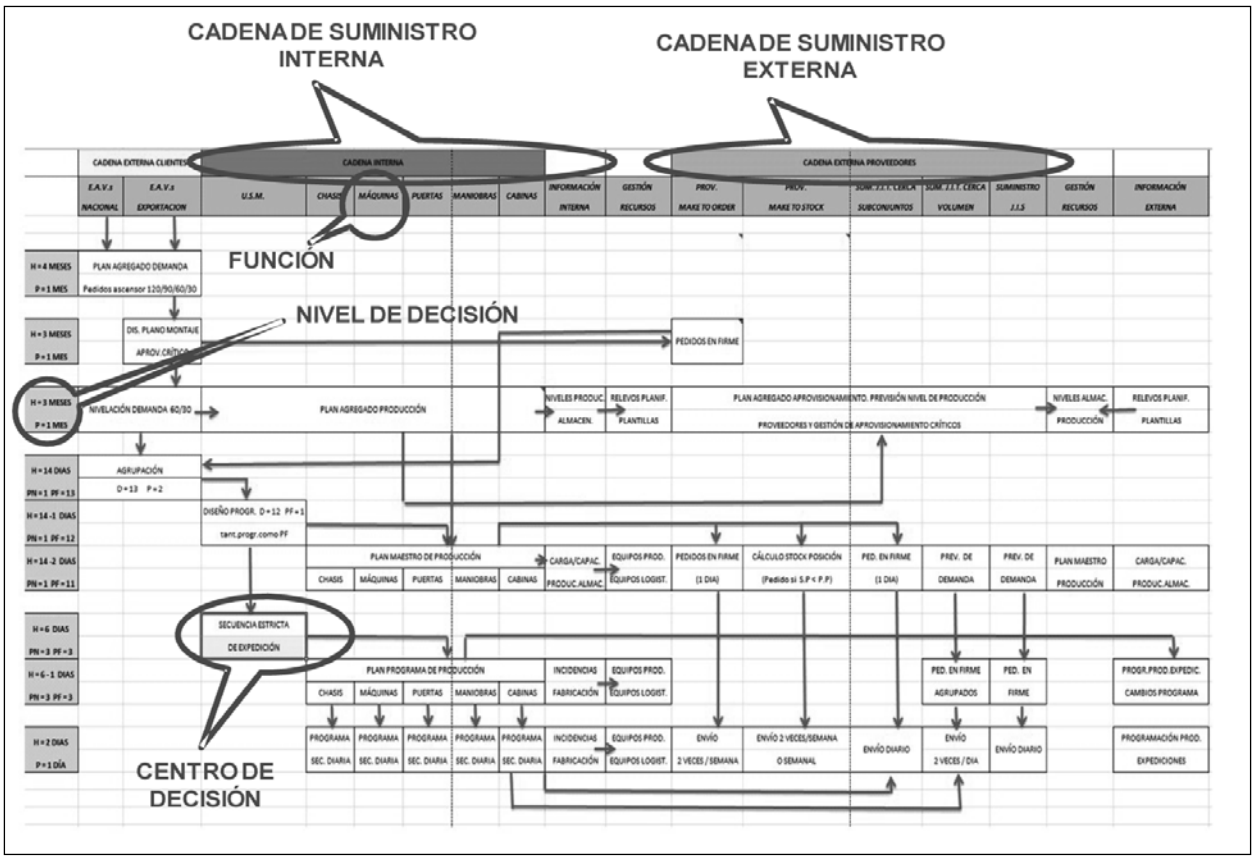


Figura 7
Simulación en DGRAI

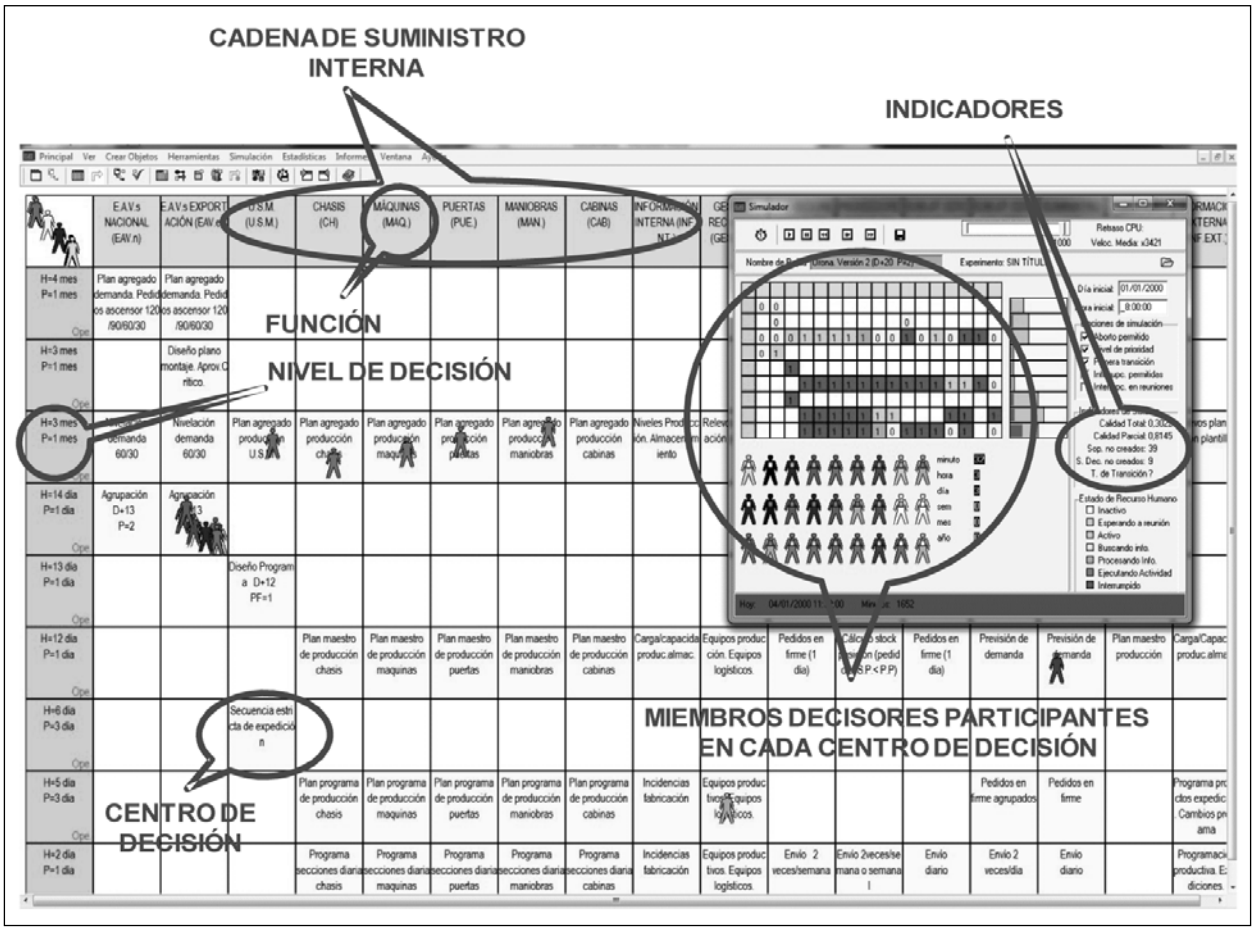
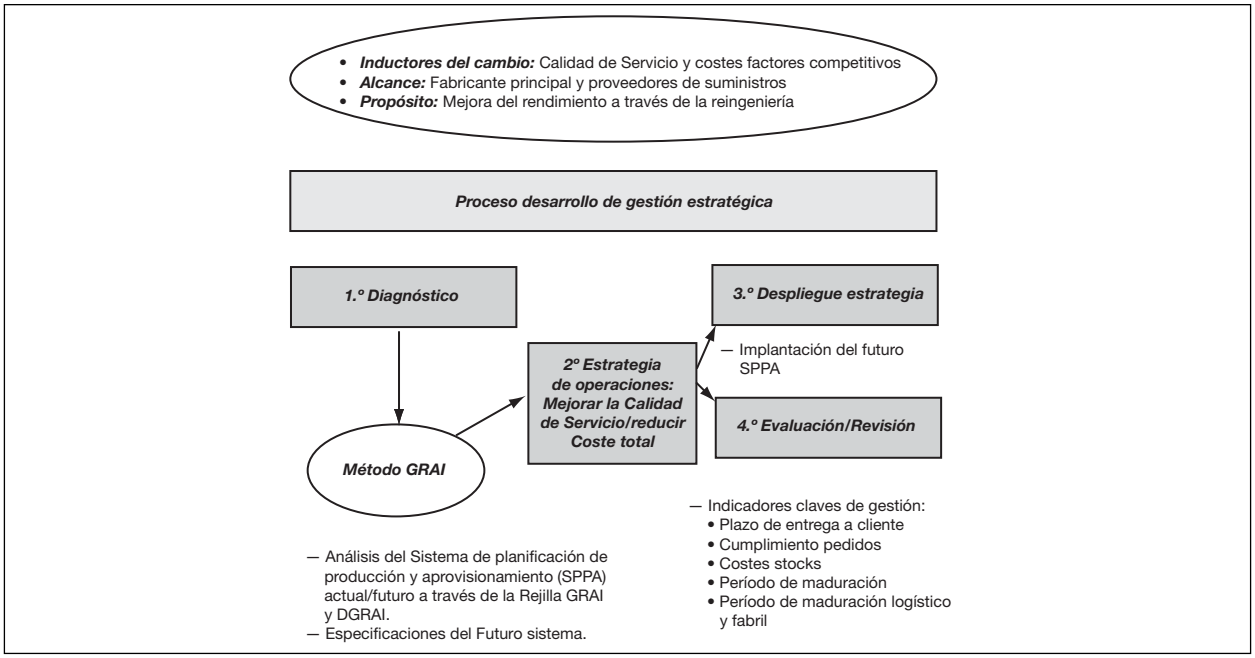


Figura 8
Representación esquemática de la metodología adaptada al caso



4.1. Análisis del sistema actual de la cadena de suministro (As Is) y diseño del futuro sistema (To Be)

Para el análisis del SPPA actual de la cadena de suministro interna y externa (As Is), se ha monitorizado el sistema de decisión empleando la rejilla GRAI. La rejilla GRAI muestra las principales características del sistema de decisión (niveles de decisión, centros de decisión, periodos de planificación, frecuencias de planificación, alternativas de decisión, información, etc.).

El SPPA anterior trabajaba contra pedido en base a pedidos en firme. Este sistema se denominaba «S+5» debido a que los pedidos en la semana S de una demanda prevista se suministraba a la sexta semana denominada S+5:5. Por tanto el sistema de planificación tiene un periodo de una semana y un horizonte de planificación de seis semanas. Utilizando la rejilla GRAI el equipo investigador identifica que es una limitación: el flujo de materiales total estaba limitado por el horizonte de planificación y el periodo de planificación a nivel de planificación maestra de la producción. Esto tenía un importante impacto en el periodo de maduración del sistema y consecuentemente en los stocks de componentes y producto semielaborado, para trabajar sin interrupción en los almacenes y plantas de producción de proveedores y el fabricante.

Por lo tanto, el análisis y el diseño del futuro SPPA se desarrollan alrededor de la reducción del horizonte de planificación y el periodo de planificación de la planificación maestra de producción. En concreto se analiza el sistema de planificación «D+20:2» con un horizonte de planificación de 20 días y un periodo de planificación de dos días. Este nuevo SPPA puede traer a priori una reducción del plazo de entrega al cliente y una reducción del stock de componentes y productos semielaborados. Sin embargo, para analizar la fiabilidad del futuro sistema, se monitorizan aspectos de tecnologías de información, tecnologías de fabricación y organización de la cadena de suministro interna y externa (Figura 9).

Para comparar el comportamiento dinámico de los sistemas actual y futuro se realiza una simulación de un año de duración mediante DGRAI. Se compara la calidad de ambos sistemas y se analizaron los niveles de saturación de los equipos de gestión de planificación y aprovisionamiento. Las principales conclusiones obtenidas fueron:

- Desde el punto de vista de la coordinación del suministro, ambos sistemas eran correctos. La simulación no evidencia problemas en la sincronización entre la cadena de suministro interna y externa.
- En relación a la dedicación de recursos humanos al sistema, el sistema de planificación «D+20:2» necesitaba un recalculo cada dos días del Plan Maestro de Producción, frente al sistema de planificación «S+5:5» que utilizaba un recalculo semanal. La simulación mostró que el «D+20:2» necesitaba un 40% más de horas de dedicación de los recursos humanos para la toma de decisiones que el «S+5:5».
- Referente a la evolución del indicador de la Calidad Total de Sistema de Decisión (TDQS), el sistema «D+20:2» era de media un 4% mejor comparando con «S+5:5».

Figura 9

Tecnologías de la información, tecnologías de fabricación y factores de organización críticos que se tuvieron en cuenta al implementar el Sistema Futuro

S+5:5 vs D+20:2	CADENA SUMINISTRO INTERNA	CADENA SUMINISTRO EXTERNA
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN	- Generación de órdenes de fabricación en el fabricante principal. - Generación y emisión de pedidos de aprovisionamientos a proveedores.	- Recepción de pedidos de proveedores
TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN	- Tamaño de lotes de producción. - Eficiencia cuellos de botella. - Stock en curso.	- Tamaño de lotes de producción en proveedores.
ORGANIZACIÓN	- Sistema Pull de fabricación - Componentes y materiales almacenados en almacenes del fabricante principal. - Tiempo de gestión del sistema de planificación producción y aprovisionamientos. - Tiempo de gestión de los inventarios	- Componentes y materiales almacenados en almacenes de producto terminado de proveedores. - Sistemas de suministro a cliente eficientes.

4.2. Resultados en términos de efectividad

Los gestores de la unidad de negocio valoraron las ventajas y desventajas expuestas y decidieron implementar el nuevo SPPA. Después de tres años desde el comienzo del proceso de reingeniería las mejoras más destacables fueron:

- Una reducción de un 40% del plazo de entrega y de un 50% en el porcentaje de completar los pedidos.
- Una reducción de un 40% en el stock en curso.
- Un 60% de reducción de stock en los proveedores de suministros de módulos en J.I.T.

- Un 20% de incremento de stock en proveedores contra pedido obligados a trabajar contra almacén.
- Un 30% de reducción de stock en proveedores contra almacén.

5. Conclusiones

Referente a las conclusiones derivadas de la pregunta de investigación sobre la utilidad del modelado de sistemas de producción por proyectos para la mejora del rendimiento de la cadena de suministro, el estudio empírico muestra que las técnicas de modelado utilizadas tienen potencial aplicabilidad.

Las técnicas tradicionales de mapeado de los flujos operativos, no permiten explicitar, entender, analizar y valorar posibles alternativas referentes a los sistemas de decisión que coordinan la cadena de suministro interna y externa. Este aspecto es un punto clave al afrontar un proyecto de reingeniería de la cadena de suministro según los miembros del equipo multidisciplinar involucrado en el proyecto.

La Gestión de la Cadena de Suministro y la Gestión de proyectos se consideran tradicionalmente como dos ámbitos académicos y de investigación independientes. Cada uno de ellos, tiene sus principios, métodos y técnicas analíticas y de gestión. Sin embargo, los autores de este artículo opinan que existe un potencial en la integración de métodos y técnicas para la resolución de nuevos problemas que presentan las empresas. En concreto, las empresas que trabajan por proyectos tienen cada vez más problemas logísticos derivados de un mayor número de proyectos a ejecutar y una red de fabricación interna y externa a coordinar. Además, las estrategias de negocio orientadas a la internacionalización de operaciones hacen que dicha gestión se complique ya que la red productiva y logística a parte de ser fragmentada puede estar localizada en distintos países y regiones.

Como futuras líneas de investigación los autores de esta investigación sugieren:

- El diseño de nuevos modelos basados en el Método GRAI para ayudar al desafío de las empresas en la reducción de los horizontes y periodos de planificación maestra de la producción en cadenas de suministro industriales bajo pedido y/o por proyectos.
- La extensión en el uso de técnicas de modelado empresarial en proyectos estratégicos de desarrollo de internacionalización de operaciones como son:
  - El análisis, diseño y puesta en marcha de nuevos centros productivos.
  - La mejora del proceso de entrega de proyectos con aprovisionamiento, fabricación y montaje fragmentada y multilocalizada en varios países y regiones.

Bibliografía

ACUR, N. y BITICCI, U. (2000), Active assessment of strategy performance in proceedings of the IFP WG 5.7, International Conference on Production Management, Tromso, Norway.

AMICE (1993), «CIMOSA: Open System Architecture for CIM». 2nd revised and extended version, Springer-Verlag, Berlin.

BOZA, A., NAVARRO, R. y VICENS, E. (2009), La vista de información en el modelado del proceso de planificación colaborativa de una RdS/D: diseño de un modelo informacional genérico integrado, Dirección y Organización, 37, pp. 22-28.

BROWNE, J., SACKETT, P. J. y WORTMANN, J. C. (1995), Future Manufacturing Systems-towards the extended enterprise, Computers in Industry, Vol. 25, pp. 235-254.

CAPÓ-VICEDO, J., TOMÁS J. V. y EXPÓSITO-LANGA, M. (2009), Redes virtuales de PYMES. Un caso de estudio en el sector textil español, Dirección y Organización, 38, pp. 66-77.

CARON, F. y FIORE, A. (1995), Engineer to order companies: how to integrate manufacturing and innovative processes , International Journal of Project Management. Vol. 13, Nº. 5, pp. 313-319.

COX, A. (1999), Power, value and supply chain management, Supply Chain Management: an international journal, No. 4/4, pp. 167-175.

DOUMEINGTS, G. (1984), Méthode GRAI: Méthode de conception des systémes en productique, Thése d'état: Automatique: Université de Bordeaux.

DOUMEINGTS, G., VALLESPIR, B., ZANETTIN, M. y CHEN, D., (1992), CIM: GRAI integrated methodology a methodology for designing CIM systems, GRAI/LAP, Universite Bordeaux, Version 1.0.

ERRASTI A., POLER R., OYARBIDE A. y SANTOS J. (2006), «Supply chain improvement based on GRAI Method: an empirical study» Proceedings of 13th Euroma International Conference , Glasgow, Great Britain.

ERRASTI A., POLER R., EGUREN, J. A. y IGARTUA, J. I. (2007), «Mejora de un Sistema de Producción por Proyectos basada en la metodología GRAI: un estudio empírico«, XI Congreso de Ingeniería de Organización, Madrid.

FAWCETT, S. y MAGNAN, G. (2002), The rhetoric and reality of suplí chain integration, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol. 32, No 5, pp. 339-361.

FEURER, R. CHAHARBAGHI, K. y WARGIN, J. (1995), Analysis of strategy formulation and implementation at Hewlet Packard, Management Decision, Vol.33, No. 10, pp. 4-16.

GUNN, T.G. (1987), Manufacturing for Competitive Advantage: Becoming a World Class Manufacturer, Ballinger Publishing Company, Boston M. A.

KAPLAN, R. S. y NORTON, D. P. (2001), The Strategy Focused Organization, Harvard Business School Press, Boston Massachussets.

LUMMUS, R. y VOVURKA, R. (1999), Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines, Industrial Management and Data Systems No. 99/1, pp. 11-17.

MIRALLES, C., CRUZ, F. y POLER, R. (2002), Análisis del Subsistema Decisional en una Empresa de Montaje de AutomóvilesAplicación de la Metodología GRAI, II Congreso de Ingenería de Organización, Vigo.

MARUCHECK, A. PANNESI, R. y ANDERSON, C. (1990), An exploratory study of the manufacturing strategy in practice, Journal of Operations Management, Vol. 9, No. 1, pp. 101-23.

PLATTS, K. W. (1990), Manufacturing audit in the process of strategy formulation, PhD dissertation, University of Cambridge, Cambridge.

POLER, R. (1998), Análisis Dinámico del Sistema Decisional de la Empresa en el marco del Método GRAI. Aplicación a una PYME textil. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

POLER, R. y LARIO, F. C. (2001), Simulation using the Dynamic Model of Decision Systems, International Conference on industrial Engineering and Production Management (IEPM), Quebec IEEE Press, pp. 1004-1012.

POLER, R. LARIO, F. C. y DOUMEINGTS, G. (2002), Dynamic Model of Decision Systems (DMDS), Computers in Industry, Vol. 49, pp. 175-193.

PORTER, M. E., Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors. New York: The Free Press; 1980.

SALVADOR, F., RUNGTUSANATHAM, M., FORZA, C. y TRENTIN, A., Understanding synergies and trade-offs between volume flexibility and mix flexibility in Build-to-Order strategies. Proceedings of 12th Euroma International Conference 2005, Budapest, Hungary.

SLACK, N., CHAMBERS, S. y JOHNSTON, R. (2004), «Operations Management», 4th ed., Pearson, London.

TOWILL, D. R. y MCCULLEN, P. L. (1999), The impact of agile manufacturing on supply chain dynamics, The international journal of Logistics Management, Vol. 10, No. 1, pp. 83-96.

WILLIAMS T. J. (1994), The Purdue Enterprise Reference Architecture. Computers in Industry, 24(2-3), pp. 141-158.