

Análisis de la programación de la producción en el sector cerámico español

E. VALLADA¹, C. MAROTO¹, R. RUIZ¹, B. SEGURA²

¹ Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universidad Politécnica de Valencia

² Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universidad Politécnica de Valencia

El sector azulejero español ocupa el primer lugar en Europa por cuota de producción y utiliza unos procesos productivos altamente automatizados. Sin embargo, no ha incorporado todavía en su estrategia sistemas flexibles de programación de la producción, que tan necesarios son teniendo en cuenta la evolución de la demanda y los países competidores. En este trabajo analizamos los resultados de una encuesta a empresas del sector que nos permite caracterizar su sistema de operaciones y los problemas de programación de la producción. Este análisis es básico y previo a desarrollar métodos de optimización adecuados que permitan incrementar la competitividad del sector a nivel internacional.

Palabras clave: programación de la producción, sector cerámico, encuesta.

Analysis of production scheduling in spanish tile industry

The Spanish tile industry is the European leader in terms of production quota and employs high production automated systems. However, this industry has not yet included necessary production scheduling flexible systems, taking into account demand evolution and competitors countries. In this work we analyze the results of a survey applied to industries in this field allowing us to characterize their operating systems and production scheduling problems. This is a basic analysis and prior to the development of suitable optimization methods that will permit higher competitiveness in the international sector.

Keywords: production scheduling, tile industry, survey.

1. INTRODUCCIÓN

El sector azulejero europeo es uno de los más importantes a nivel internacional con una cuota de producción del 25.7%. Por países, Italia y España son los principales productores a nivel mundial con una cuota cada uno del 11.1%. Cabe destacar que el 43.1% de la producción comunitaria es española, caracterizándose nuestro sector cerámico en primer lugar por la alta concentración de empresas en la Comunidad Valenciana y en particular en la provincia de Castellón. En esta Comunidad encontramos el 83% de las empresas a nivel nacional y de éstas el 93% están situadas en la provincia de Castellón (1). En segundo lugar, el sector cerámico español es claramente exportador, en el año 2001 se realizaron exportaciones a 186 países (2) y (3).

El objetivo general de este trabajo es caracterizar los problemas de programación de la producción en el sector azulejero a través de una encuesta realizada a empresas del sector, con el fin de poder proponer métodos y herramientas que aporten flexibilidad debido a la situación actual del mercado. Concretamente, hacer frente a la oferta creciente de países como China y Turquía entre otros. En primer lugar, describiremos la encuesta realizada. A continuación, analizamos los resultados más relevantes y por último, presentamos las conclusiones obtenidas a partir del estudio.

2. ENCUESTA A EMPRESAS DEL SECTOR CERÁMICO

La encuesta se planteó con un doble objetivo. El primero conocer el diseño estratégico del sistema de operaciones y el segundo caracterizar los problemas de programación de la producción en las empresas del sector cerámico. Esta información es imprescindible para poder desarrollar técnicas de

programación flexible de la producción que resuelvan los problemas reales de las empresas de nuestro entorno socioeconómico (4) y (5).

El sector cuenta con 265 empresas, entre fabricantes, pequeños talleres y empresas de tercer fuego. Se ha contactado telefónicamente con el 100% de las empresas asociadas a ASCER (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos) que representan un 80% del sector, con el fin de fijar la fecha y hora de la entrevista personal para la realización de la encuesta. Finalmente, el cuestionario ha sido cumplimentado mediante entrevista personal de los autores con gerentes y/o responsables de producción de las empresas, obteniendo una tasa de respuesta del 40%. Se han realizado encuestas a 81 empresas, 73 de ellas pertenecientes a la provincia de Castellón, 3 a las provincias de Valencia y Alicante y 5 al resto de España. Cabe destacar que algunas empresas cuentan con varios centros de producción. Las empresas encuestadas representan un 40% de las situadas en la Comunidad Valenciana y un 38% del total nacional. La encuesta está integrada por 47 preguntas, varias dedicadas a características generales de la empresa, otras a la estrategia del sistema de operaciones y el grupo más numeroso relacionadas directamente con el proceso productivo, parte de las cuales se analizan en este trabajo. La ficha técnica de la encuesta se encuentra disponible en: <http://www.upv.es/gio>

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según el número de empleados, el 23% de las empresas encuestadas son pequeñas, el 60% medianas y el 17% son grandes. El 100% de las empresas pequeñas cuentan con un

sólo centro de producción. En las empresas medianas encontramos que un 63% tienen un centro de producción mientras que un 37% cuenta con dos. En las grandes, sólo encontramos un 17% con un sólo centro de producción. En un 33% de los casos encontramos dos centros. Este mismo porcentaje se repite para tres centros y es de un 17% para empresas grandes que cuentan con cuatro centros de producción. En promedio, el 73% de los empleados trabaja en el área de producción, teniendo este dato muy poca variabilidad por tamaño de empresa.

3.1 Formatos

Las empresas deben ampliar continuamente su catálogo de productos debido a la velocidad de cambio de las modas y de los gustos de los consumidores. Esto implica el diseño y fabricación de gran número de modelos diferentes en tamaño, color y forma. Por lo tanto, las empresas se ven obligadas a fabricar cada vez más formatos diferentes y como consecuencia de ello deben estar realizando continuos cambios en las prensas, lo cual les lleva a parar la producción durante amplios periodos de tiempo. El tiempo conocido como tiempo de "setup" o cambio de partida es el tiempo necesario para pasar de fabricar una determinada pieza a otra en la que cambian determinados aspectos de la misma. Su consideración complica en gran medida la programación de la producción.

En la figura 1 (arriba) se muestra el número de formatos distintos que fabrican las empresas, según su tamaño. Lógicamente, a medida que aumenta el tamaño de la empresa aumenta también el número de formatos distintos que fabrica. Cabe destacar que el 25% de empresas pequeñas que fabrican más de 15 formatos se debe exclusivamente a que son empresas dedicadas a la fabricación de piezas especiales (listel, cenefa, moldura, etc.). En cuanto al número de cambios de formato realizados a la semana, en la figura 1 (abajo) vemos que sólo las empresas medianas y grandes hacen más de 3 cambios en las prensas a la semana.

Para analizar en profundidad el comportamiento de las empresas en este aspecto, hemos estudiado varias preguntas de manera conjunta utilizando un Análisis de Correspondencias como método multivariante. Este método es el más adecuado para análisis de datos cuando éstos son cuantitativos categorizados como es el caso que nos ocupa (6) y (7). En la figura 2 (arriba) vemos un análisis de correspondencias para los formatos distintos que se fabrican y el número de líneas que se dedican a un formato. El gráfico recoge un 95% de la variabilidad total. Podemos observar que las empresas que han contestado que fabrican entre 6 y 10 formatos dedican entre 1 y 2 líneas a un formato. Las empresas que fabrican más de 11 formatos dedican entre 3 y 5 líneas a un formato. También podemos observar que casi ninguna empresa dedica todas o más de 5 de sus líneas a un formato. En la figura 2 (abajo) podemos ver un análisis de correspondencias para los distintos formatos que se fabrican y la frecuencia media con la que se dan los cambios de formato en las prensas. El gráfico recoge un 96% de la variabilidad. Las frecuencias de cambio en prensa, numeradas del 1 al 4 coinciden con los valores observados en la figura 1 (abajo). Podemos distinguir tres grupos principales. Las empresas que fabrican hasta 10 formatos realizan cambios con una frecuencia menor de una vez por semana. Las empresas que fabrican entre 11 y 15 formatos realizan hasta 5 cambios de formato por semana y las empresas que fabrican más de 15 formatos realizan cambios más de 5 veces por semana.

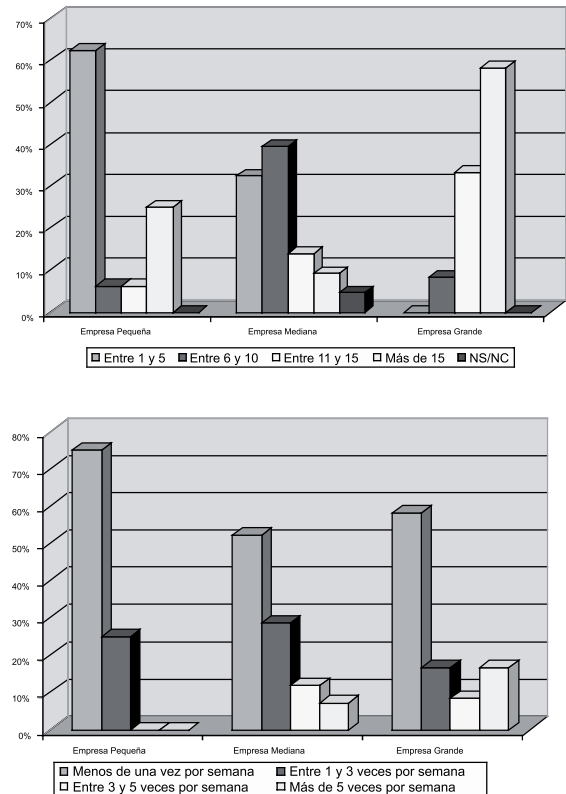


Figura 1: Formatos distintos a fabricar (arriba) y número de cambios de formato en prensa semanales (abajo).

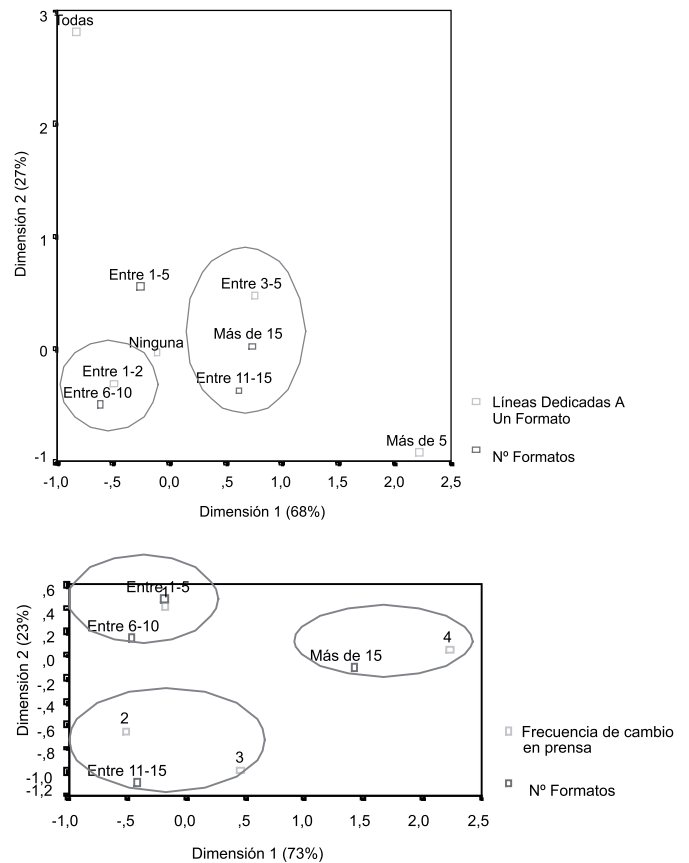


Figura 2: Formatos que se fabrican y líneas dedicadas a un formato (arriba) y formatos que se fabrican y frecuencia media de cambios de formato (abajo).

3.2 Programación de la Producción

Para caracterizar los problemas a los que se enfrentan en la programación de la producción, se ha preguntado a las empresas qué criterios consideran más importantes a la hora de realizar esta tarea. Se ha valorado en una escala de 1 a 5 algunos factores. Los valores 1 y 2 corresponderían a importancia nula y baja respectivamente, el valor 3 correspondería a importancia media, el valor 4 a importancia alta y el valor 5 a importancia muy alta.

Como se puede observar en la figura 3, el criterio que más prioridad tiene para las empresas a la hora de programar la producción es el cumplimiento de las fechas de entrega seguido de maximización de tamaños de lote, minimización de costes de producción, minimización de stocks y maximización de la utilización de las máquinas.

Otro factor que nos interesa conocer es si las empresas fabrican para almacenar, si fabrican bajo pedido o ambos, así como los sistemas que utilizan para determinar el volumen de producción de cada lote. En la figura 4 podemos observar las respuestas para estas dos preguntas según el tipo de empresa. En la figura 4 (arriba) observamos que más del 50% de la producción se programa bajo pedido independientemente de su tamaño. En la figura 4 (abajo) vemos que la mayor parte de las empresas del sector utilizan el histórico de ventas junto con las hojas de cálculo, bases de datos y la experiencia como métodos para determinar el volumen de producción. Cabe destacar que las pocas empresas que utilizan algún modelo estadístico de previsión, éste es una simple media móvil.

Para obtener más información, se ha realizado un análisis de correspondencias que podemos observar en la figura 5. El gráfico recoge un 98% de la variabilidad. Los sistemas para determinar el volumen de producción, etiquetados como 1, 2, 3 y 4 se corresponden con los descritos en la figura 4 (abajo). Podemos observar que las empresas que han contestado que programan más del 70% de la producción bajo pedido utilizan hojas de cálculo y bases de datos como sistema para determinar el volumen de producción. Las empresas que han contestado que programan el 100% de su producción bajo pedido utilizan principalmente la experiencia como sistema, así como las que han contestado que programan entre el 30 y el 50% bajo pedido. También vemos que los modelos estadísticos de previsión no los utiliza casi ninguna empresa y que el histórico de ventas es un sistema que utilizan la gran mayoría de empresas encuestadas.

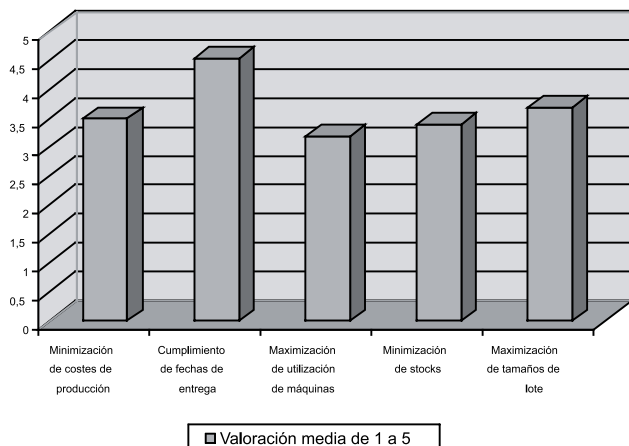


Figura 3: Importancia de criterios en la programación de la producción.

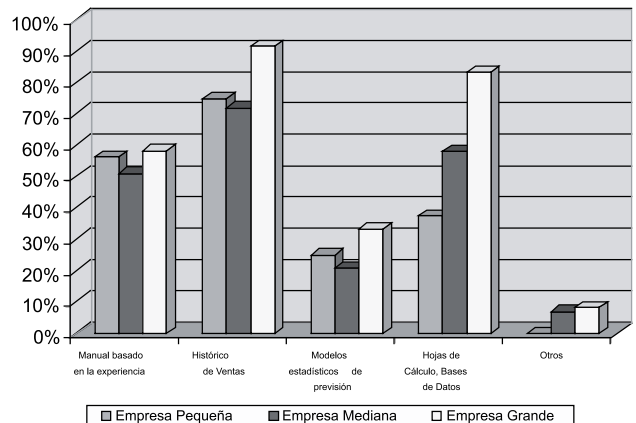
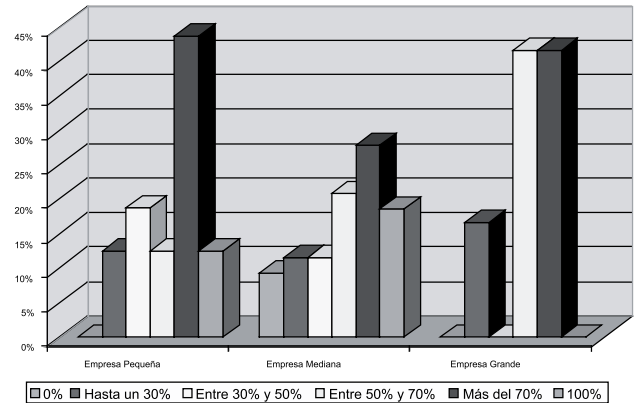


Figura 4: Porcentaje de producción que se programa bajo pedido (arriba) y sistemas para determinar el volumen de producción (abajo) según el tamaño de empresa.

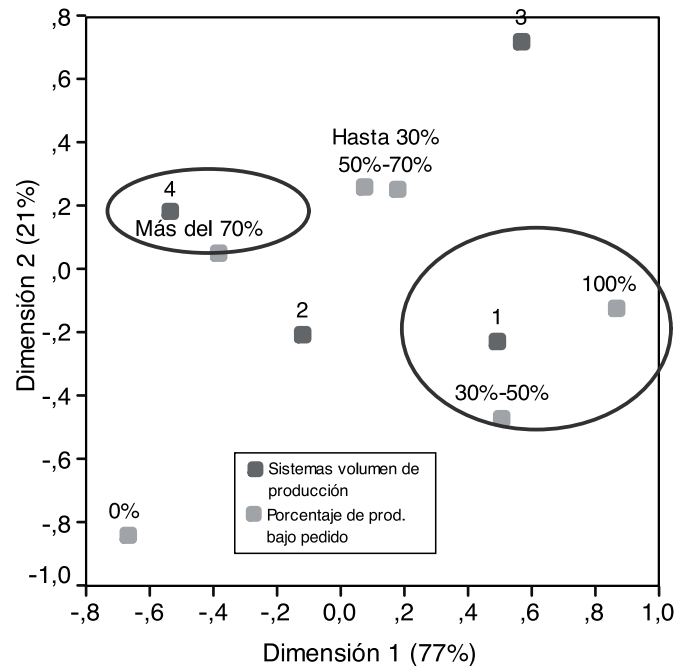


Figura 5: Porcentaje de producción que se programa bajo pedido y Sistemas para determinar el volumen de producción.

3.3 Herramientas informáticas

Se ha recabado también información sobre la utilización de herramientas informáticas a la hora de realizar la programación de la producción, qué herramientas son y qué ventajas y/o deficiencias encuentran en ellas. En la figura 6 (arriba) tenemos la respuesta a la utilización o no de herramientas informáticas según el tamaño de empresa. Observamos que un 50% de las empresas pequeñas no utilizan ningún tipo de herramienta, siendo este porcentaje en empresas medianas del 20%. Sin embargo, todas las empresas grandes utilizan herramientas informáticas de algún tipo para programar la producción.

En la figura 6 (abajo) se muestran las diferentes herramientas informáticas que emplean las empresas. Observamos que el 100% de las empresas pequeñas que utilizan herramientas informáticas, son hojas de cálculo y más de un 80% bases de datos. Estas dos herramientas son las más comunes sea cual sea el tipo de empresa. En las medianas y grandes destaca también el uso de software a medida o de sistemas integrados de gestión (ERP). Todos estos sistemas facilitan la tarea a realizar, pero no optimizan la programación de la producción teniendo en cuenta los criterios estratégicos de la empresa. En la figura 7 tenemos información a nivel descriptivo sobre las ventajas y deficiencias que las empresas encuentran en las herramientas informáticas que utilizan. Entre las ventajas destacan el fácil uso, la flexibilidad y la integración en el sistema

informático de la empresa. Entre las desventajas más frecuentes se encuentran el no resolver los problemas específicos de la empresa y no poder considerar varios objetivos.

En la figura 8 podemos ver un análisis de correspondencias entre las herramientas informáticas utilizadas y sus ventajas y desventajas descritas anteriormente. Las herramientas informáticas están numeradas del 1 al 5 y corresponden a las descritas en la figura 6 (abajo). El gráfico recoge un 98% de la variabilidad total. Podemos observar una nube de puntos en la parte media izquierda de la gráfica que correspondería a las herramientas Hojas de Cálculo y Bases de Datos, cuyas ventajas son el fácil uso y la flexibilidad y las desventajas son el no resolver todos los problemas y el no poder considerar varios objetivos. Se puede observar también que las empresas que utilizan software comercial consideran que tiene la desventaja de falta de flexibilidad.

Como hemos podido comprobar, las herramientas informáticas utilizadas como ayuda a la programación de la producción son hojas de cálculo y bases de datos en la mayoría de los casos. Este software recoge muchos datos, pero no optimiza la programación de la producción. Por tanto, es el responsable de producción el que tiene que realizarla manualmente en la mayoría de los casos. Teniendo en cuenta la cantidad de productos y líneas diferentes, así como los tiempos de cambio de partida, la tarea a realizar se complica notablemente, requiere la inversión de mucho tiempo y produce unos resultados muy pobres.

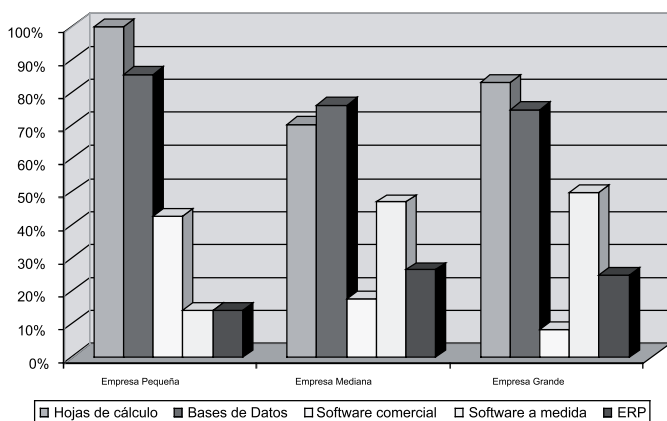
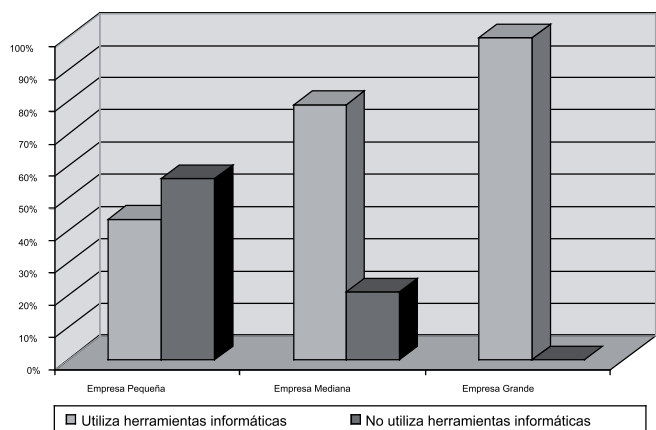


Figura 6: Utilización de herramientas informáticas (arriba) y herramientas informáticas utilizadas (abajo) según el tamaño de empresa.

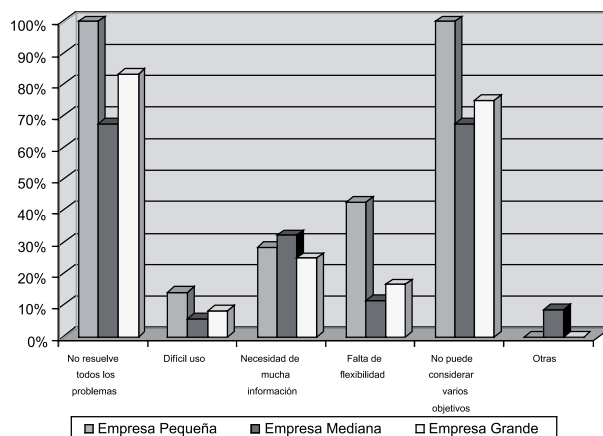
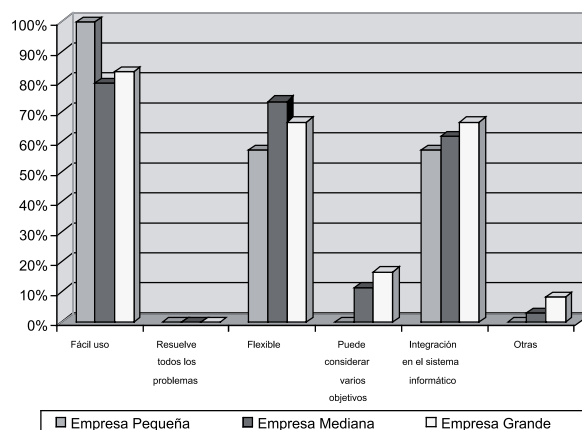


Figura 7: Ventajas (arriba) y desventajas (abajo) de las herramientas informáticas utilizadas según el tamaño de empresa.

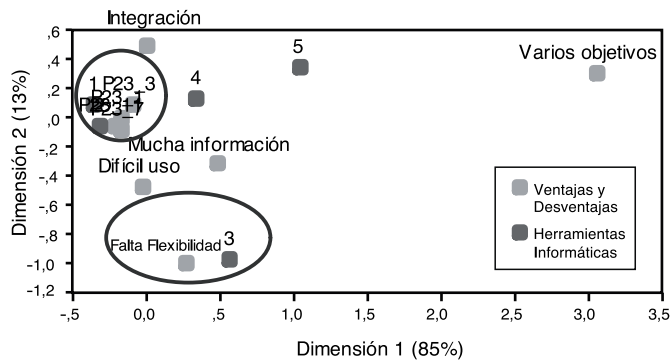


Figura 8: Herramientas informáticas utilizadas y ventajas y desventajas de las mismas.

3.4 Conexión entre máquinas

La configuración de máquinas en las empresas manufactureras junto con el objetivo principal considerado en la programación de la producción determinan el grado de dificultad del problema de obtener la mejor secuenciación de los pedidos de fabricación. Así, el número de máquinas y su unión o funcionamiento independiente es relevante tanto para caracterizar el problema de producción como para proponer técnicas adecuadas de resolución, debido a la imposibilidad de disponer de un método general para resolver problemas de producción con cualquier configuración productiva.

Como es sabido, las etapas habituales en el proceso de producción son: prensado, secado, esmaltado, cocción y clasificación. Podemos obtener más información sobre el proceso de fabricación en (8). Hay ciertas etapas del proceso que están conectadas entre sí mediante un mecanismo de cintas o similar. Por tanto, si alguna de las máquinas conectadas deja de funcionar implica la parada de todas las que estén conectadas a ella. En más del 90% de las empresas encuestadas encontramos que las etapas de prensado, secado y esmaltado están conectadas. En general encontramos que la línea de esmaltado no está conectada a la cocción (90%). En la conexión entre la etapa de cocción y la de clasificación encontramos diferencias según el tipo de empresa. En casi un 80% de las empresas pequeñas, la salida del horno está conectada directamente a la línea de clasificación. Este porcentaje es del 40% en el caso de empresas medianas. Sin embargo, en las empresas grandes casi el 90% no tiene el horno conectado directamente a la línea de clasificación. Por lo tanto, podemos encontrar dos estructuras diferentes según la conexión entre máquinas:

1. Estructura con tres etapas: la primera englobaría las máquinas de prensado, secado y esmaltado, la segunda etapa sería la cocción y la tercera etapa sería la clasificación, embalaje y paletizado (empresas grandes y algunas medianas).

2. Estructura con dos etapas: la primera englobaría las máquinas de prensado, secado y esmaltado y la segunda etapa englobaría cocción, clasificación, embalaje y paletizado (empresas pequeñas y algunas medianas).

4. CONCLUSIONES

El sector cerámico español está altamente automatizado desde el punto de vista productivo (9), (10) y (11), sin embargo no dispone de las herramientas de programación de la pro-

ducción que les permita resolver adecuadamente los problemas y responder a las necesidades actuales de diversificación y diferenciación de productos, debido a la fuerte competencia entre las empresas del sector. La situación actual del mercado obliga a las empresas a realizar cada vez mayor número de productos y mejorar el servicio al cliente, así como adaptarse a los cambios en los gustos de los consumidores.

En este trabajo hemos presentado y analizado los datos de una encuesta realizada a empresas del sector cerámico español, con el fin de caracterizar los problemas de programación de la producción y proponer métodos apropiados. Los resultados de la encuesta ponen de manifiesto que la configuración de máquinas en las empresas hace que podamos caracterizar los problemas como un taller de flujo con tiempos de cambio de partida dependientes de la secuencia. Así, en las empresas pequeñas y algunas medianas, los problemas se pueden caracterizar como taller de flujo híbrido con dos etapas, mientras que en algunas medianas y en todas las grandes, los problemas tienen 3 etapas. Dado que la mayoría de empresas cuenta con más de una línea de producción, hay que considerar varias máquinas paralelas no relacionadas en cada una de las etapas, complicándose la resolución de los problemas. Como es sabido, éste es un difícil problema de optimización combinatoria, que se complica todavía más por el hecho de que en muchas empresas el criterio más importante a cumplir son las fechas de entrega de los pedidos (98% de empresas), por encima de maximizar la utilización de las máquinas o minimizar los costes de producción. Por tanto, en las empresas del sector cerámico, independientemente de su tamaño, en el problema de programación a resolver además hay que considerar fechas de entrega (due dates). Podemos encontrar más información sobre este tipo de problema en (12) y (13).

Dado que los resultados de la encuesta ponen de manifiesto que ni siquiera las empresas más grandes utilizan métodos de optimización para programar la producción según los objetivos marcados por la empresa y que en el mercado no existe software para cubrir esta necesidad, es necesario el desarrollo de métodos para programar de forma flexible la producción. Debido a la dificultad y tamaño del problema a resolver en las empresas medianas y grandes, se proponen las modernas técnicas metaheurísticas junto con la computación paralela como métodos más apropiados, quedando las técnicas exactas sólo viables para algunas empresas pequeñas. Esta es la línea en la que actualmente estamos trabajando los autores en colaboración con varias empresas del sector, disponiendo en la actualidad de un prototipo software en fase de implantación (14), (15), (16) y (17). Más información disponible en <http://www.upv.es/gio>.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la amable colaboración de la asociación ASCER, así como de las empresas que han realizado la encuesta. Este trabajo se ha realizado en el marco de un proyecto interdisciplinar financiado por la Universidad Politécnica de Valencia y de un Proyecto de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (**Programación Flexible de la Producción en el Sector Cerámico**, referencia DPI2001-2715-CO2-01). Por último, queremos agradecer al Dr. D. José Miguel Carot Sierra sus consejos y orientación en el análisis de datos.

BIBLIOGRAFÍA

1. J. Albors y E. Masia. La industria cerámica europea y española en el siglo XXI. Retos tecnológicos de la próxima década. En *XLIII Congreso Anual de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 2003.
2. ASCER. Informe de fabricantes de baldosas cerámicas. <http://www.asceres.com>, 2002.
3. E. Criado, E. Sánchez y M. Reguerio. La industria cerámica española. ¿Ante un cambio de ciclo? *Bol. Soc. Esp. Ceram. V.*, 43,1,85–101, 2004.
4. B. Segura, E. Vallada, C. Maroto y R. Ruiz. Análisis del sistema de operaciones en empresas del sector cerámico español. Informe Técnico, Universidad Politécnica de Valencia, 2003.
5. E. Vallada, C. Maroto, R. Ruiz y B. Segura. Problemas de programación de la producción en el sector cerámico español. En *27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*, 2003.
6. L. Lebart, A. Morineau y J.P. Félenon. *Tratamiento Estadístico de Datos*. Marcombo, 1985.
7. J.P. Benzécri. *L'Analyse des Données, Vol.2 L'Analyse des Correspondances*. Dunod, 1976.
8. ASCER. Proceso de fabricación de baldosas cerámicas. <http://www.asceres.com>, 2002.
9. A. Escardino. La innovación tecnológica en la industria cerámica de Castellón. *Bol. Soc. Esp. Ceram. V.*, 40(1): 43–51, 2001.
10. J. Albors y X. Molina. La difusión de la innovación, factor competitivo en redes inter organizativas. El caso de la cerámica valenciana. *Economía Industrial*, (339), 2001.
11. J. Albors. Networking and technology transfer in the spanish ceramic tiles cluster. Its role in the sector competitiveness. *The Journal of Technology Transfer*, 27(3), 2002.
12. M. Pinedo. *Scheduling: Theory, Algorithms and Systems*. Prentice Hall, segunda edición, 2002.
13. R. Ruiz y C. Maroto. A Comprehensive Review and Evaluation of Permutation FlowShop Heuristics. En prensa en *European Journal of Operational Research*, 2004.
14. R. Ruiz, C. Maroto y J. Alcaraz. Two New Robust Genetic Algorithms for the Flowshop Scheduling Problem. En revisión en *Omega, The International Journal of Management Science*, 2004.
15. R. Ruiz, C. Maroto y J. Alcaraz. Solving the Flowshop Scheduling Problem with Sequence-Dependent Setup Times using Advanced Metaheuristics. En prensa en *European Journal of Operational Research*, 2004.
16. R. Ruiz y C. Maroto. A genetic Algorithm for Hybrid Flowshops with Sequence Dependent Setup Times and Machine Eligibility. Aceptado en *European Journal of Operational Research*, 2004.
17. R. Ruiz, J. Romeo, O. Villamón, C. Maroto y E. Vallada. Programación flexible de la producción en una empresa cerámica. En *VIII Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico (QUALICER)*, 2004.

Recibido: 10.12.03

Aceptado: 29.03.04

