

## **Diseño del sistema de producción de una empresa manufacturera: de la planta virtual a la planta real, a través de la simulación.**

Dra. María P. Arana Pérez <sup>1</sup>, Dr. Carlos Ochoa Laburu <sup>2</sup>, Dr. Francisco López Ruiz <sup>3</sup>  
Departamento de Organización de Empresas, Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

<sup>1</sup> [oeaparpep@sp.ehu.es](mailto:oeaparpep@sp.ehu.es)

<sup>2</sup> [oepoclac@sp.ehu.es](mailto:oepoclac@sp.ehu.es)

<sup>3</sup> [oeploruf@sp.ehu.es](mailto:oeploruf@sp.ehu.es)

### **RESUMEN**

*El trabajo que se presenta pertenece al ámbito del diseño y racionalización de sistemas productivos. Analiza un caso real en el que a partir de la definición, dimensionamiento y diseño inicial del sistema de producción de una empresa manufacturera tipo job-shop, se estudian diferentes políticas de fabricación en orden a mejorar el flujo de materiales y conseguir reducir el plazo de fabricación; se utiliza una aplicación de una herramienta estándar de simulación de sistemas de eventos discretos, justificando además la utilización de este tipo de herramientas en el análisis de sistemas productivos.*

**Palabras clave:** Productividad, Lead Time de fabricación, Dimensionamiento de la Capacidad, Simulación.

### **1. Introducción.**

La racionalización de los sistemas de fabricación de las empresas manufactureras es un campo tradicional de la Dirección de Operaciones. Bajo diferentes denominaciones (estudios de productividad, Dirección Científica, Mejora Continua de productos y procesos o Business Process Reengineering) en función de la moda imperante y, también, del ámbito de actuación (operaciones de producción o estructura organizativa general), dicha racionalización es un área de trabajo que contribuye al aumento de la productividad y, por tanto, de la competitividad empresarial.

Uno de los factores más importantes para la competitividad de la empresa manufacturera es el **Lead Time**, definido como plazo de respuesta al o plazo de reacción del sistema de producción (tiempo que transcurre entre que se reconoce la necesidad y se expide el producto al cliente)<sup>1</sup>. También se podría definir, en un sentido amplio, como la capacidad para producir lo que nos demandan en un plazo lo más corto posible y con las limitaciones propias del trabajo del que se trate.

El Lead Time se compone del plazo de fabricación y de diversos elementos como el tiempo de preparación, de espera, de transporte, de inspección etc. Para conseguir el plazo de respuesta deseado, un requerimiento imprescindible es tener controlado **el flujo de materiales** (tanto a nivel interno como, incluso, a nivel de toda la cadena de suministro). A este planteamiento se le ha venido denominando con diferentes expresiones (desde el más antiguo Just In Time, hasta los más actuales Lean Production, Agile Manufacturing, Flujo tenso, etc.) aunque siempre con el mismo enfoque de acortamiento de los diferentes plazos que componen el Lead Time de la empresa.

Existen diferentes líneas de trabajo para tratar de conseguir un Lead Time lo más reducido posible, en función de los diferentes elementos componentes de dicho Plazo (fabricación, pre-

paración, transporte, espera) que queramos mejorar y en función de los métodos para mejorarlo:

- Técnicas “hard”: Automatización de la carga, descarga y transporte de piezas, del cambio de utillajes de las máquinas o de las mismas operaciones. Es decir, inversiones en equipos productivos “físicos”. También se consideran en este grupo la inversión en sistemas ERP o en paquetes informáticos de mantenimiento.
- Técnicas “soft”: Mejora de la organización interna (dimensionamiento de la planta, distribución en planta de los recursos, distribución de funciones y especialización, entrenamiento de operarios), mejora continua de procesos de fabricación, SMED, 5S, optimización de la distribución en planta, mejora de la planificación y programación de las operaciones, etc.. Es decir, mejora de la “lógica” o de la “información”.

El objeto de este trabajo es analizar la gestión interna del proceso de fabricación, el dimensionamiento adecuado de la capacidad de la planta y revisión de la programación de los trabajos, todo ello con el objetivo de controlar el flujo de materiales y, por consiguiente, el lead time.

## **2. El trabajo en empresas PYMES.**

Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) son muy importantes para el tejido industrial tanto en Europa, como en España y el País Vasco. El 98% de las empresas industriales vascas tiene menos de 100 empleados ocupando al 56% del empleo industrial y el 95% menos de 50 empleados representando un 42% del empleo industrial <sup>2</sup>.

Actividades manufactureras significativas como fabricación de maquinaria e instalaciones, electrodomésticos, auxiliar del automóvil, papel, artes gráficas, muebles, etc. tienen una problemática común en lo referente a la necesidad de optimizar su plazo de maduración (lead time) a través sobre todo de la racionalización del sistema productivo. Sin embargo, se trata de empresas que tienen capacidad financiera limitada siendo, por tanto, del máximo interés ensayar soluciones de costo reducido y que se centren en la racionalización del sistema de fabricación. Es por ello, por lo que tiene especial sentido el analizar las mencionadas soluciones “soft”.

Dado que dichas soluciones no se prestan a ensayos “reales”, la simulación es la herramienta ideal para poder probar todos los cambios en los procesos y sus consecuencias, tanto de logística de materiales como económicas, rápida y eficazmente.

## **3. Utilización de la simulación en el análisis del sistema de fabricación.**

La simulación se puede definir como la imitación del funcionamiento de un proceso o de un sistema del mundo real durante un período de tiempo, para lo cual se necesita la generación de una historia artificial del sistema y de la observación de esta historia artificial se infieren características del sistema real a partir del que se ha representado. Es necesaria para el análisis de muchos problemas reales y se utiliza para describir y analizar el sistema y para plantearse cuestiones del tipo ¿qué pasaría si?. Concretamente, en este caso se ha utilizado una simulación por eventos discretos, en los que las variables que representan el estado del sistema cambian en determinados momentos.

La simulación como herramienta tiene una serie de ventajas indudables, como:

- Se pueden modelar sistemas reales complejos con elementos estocásticos, para los cuales los métodos analíticos son complicados.
- El funcionamiento del sistema se puede evaluar bajo diferentes condiciones de funcionamiento.
- Permite controlar las condiciones del experimento.
- Se pueden reproducir diferentes experimentos.
- Posibilidad de evaluar a corto plazo consecuencias que se producirán a largo plazo.

También tiene una serie de **inconvenientes** que se señalan a continuación:

- Cada lanzamiento de la simulación proporciona únicamente resultados de ese experimento en esas condiciones. Se deberían realizar numerosos experimentos con contrastes estadísticos rigurosos para obtener resultados más precisos.
- El desarrollo de modelos de simulación puede ser caro tanto económicamente como de necesidad de recursos humanos.
- Dificultad en validar el modelo.
- La gran cantidad de información y informes de datos podrían enmascarar las hipótesis realizadas

En la realización de un estudio a través de la simulación habría que asegurar y definir los siguientes puntos:

- (1) Definir claramente los objetivos del estudio.
- (2) Elegir el nivel de detalle adecuado, tan negativo resulta poco como excesivo.
- (3) La programación o modelización es una mera herramienta, en ningún caso el fin.
- (4) Utilizar las técnicas analíticas y estadísticas adecuadas.
- (5) Utilizar la animación adecuadamente.
- (6) Utilizar adecuados criterios y parámetros de medida.

La necesidad de analizar los sistemas de fabricación, por tanto, es determinante para la consecución de objetivos de reducción en el lead time, y además, al ser los sistemas de fabricación, cada vez más complejos: “la interacción entre las personas y los procesos y tecnología dan lugar a un número infinito de escenarios, por lo que resulta imposible predecir y evaluar las condiciones siguiendo métodos estáticos de modelización de procesos” (Irani, 2000)<sup>3</sup>, por lo que la simulación juega un papel importante, como herramienta de análisis de tareas como:

- Dimensionar el equipamiento necesario para conseguir la capacidad deseada y planificada.
- Identificar los problemas potenciales, o incluso los posibles cuellos de botella.
- Analizar las diferentes alternativas de distribución en planta.
- Determinar la fiabilidad de las máquinas y de otros recursos de fabricación.
- Determinar los objetivos necesarios en cuanto a eficiencia o productividad de la mano de obra, incluyendo varios supuestos de aprendizaje y curvas de experiencia.

En el caso particular que se aborda en este trabajo se ha usado una determinada herramienta comercial de simulación, Witness. Es un sistema de simulación de eventos discretos que permite la simulación de elementos físicos y lógicos con una amplia diversidad de problemas.

#### 4. Descripción del caso planteado.

Se trata de una empresa que trabaja como subcontratista para diferentes clientes del sector de cerrajería y herrajes para carpintería, de la construcción (manillas y pomos de puertas, barandillas, asideros de edificios) y del mueble. Es sujeto pasivo de la política de aprovisionamiento JIT de dichas empresas, lo que le obliga a atender conforme vienen diferentes órdenes de fabricación<sup>4</sup>.

Tiene un taller que realiza varios procesos mecánicos, de los cuales dos son los principales: operación de pulido de piezas en máquinas denominadas Cinta y operación roscado, en Taladro.

La operación de pulido es una operación totalmente manual; por el contrario, en la operación de roscado, sólo es manual la alimentación y la evacuación de la pieza, mientras que el trabajo es automático, aunque como el tiempo de taladrado es corto, el operario está esperando en el mismo puesto a que la máquina termine. El trabajo que consume más tiempo en el taladrado es el ajuste del utillaje, para que la pieza quede posteriormente perfectamente fijada al mismo y el agujero cumpla las especificaciones de calidad del cliente.

El problema de la empresa no es la falta de trabajo, sino todo lo contrario. Está recibiendo continuas peticiones de diversas empresas y, sobre todo, de su empresa “matriz” pero con exigencias de cantidades, plazos, calidades y precios, duras. Los empresarios (a su vez trabajadores) creen que pueden abarcar todo ese trabajo y no negocian las condiciones bien (o no pueden hacerlo, o no saben si pueden hacerlo). En consecuencia se ven a sí mismos haciendo horas extras y contratando trabajadores eventuales y, sin embargo, la rentabilidad de la empresa está bajando a pesar del incremento de trabajo.

La consulta que se planteó fue:

- Analizar cual es la capacidad de producción de la empresa con los datos actuales y, en su caso, sugerir cual sería la dimensión óptima. ¿Hay algún cuello de botella?
- ¿Cómo se podría mejorar la capacidad de producción de la empresa sin realizar nuevas inversiones y/o contrataciones.

Algunos números típicos de la situación inicial de la planta son:

Más de 400 órdenes de trabajo por mes ( $400 \pm 10$ ), de las cuales:

- Aproximadamente 120 órdenes pasan sólo por Cinta.
- Aproximadamente 130 pasan por Rosca.
- Las otras 150 pasan por los dos procesos con secuencia fija: Cinta y, después, Rosca.

Cada orden significa una referencia de fabricación distinta: distintas longitudes, diámetros, formas y tamaños de piezas como asas, manillas, pomos, tiradores y cerraduras. Prácticamente no hay artículos repetidos. Es decir, la diversidad de piezas a fabricar es total aunque en función de su dimensión, el tiempo tanto de fabricación como de preparación de máquinas es predecible con bastante aproximación.

En la Tabla 1 se observa el tamaño (en unidades de piezas) de los lotes de los productos

Tamaño del lote	Número de lotes Cintas	Número de lotes Roscas
Hasta 500 ud.	115	106
De 500 ud. a 1000 ud.	62	70
De 1000 ud. a 2000 ud.	58	56
De 2000 ud. a 5000 ud.	34	42
Más de 5000 ud.	12	21
	<b>281</b>	<b>295</b>
Tamaño medio del lote	1.265	1.565
Desviación típica	1.792	2211
Número “típico” de piezas	360.000 ± 12.000	430.000 ± 14.000

Tabla 1: Número de lotes por tamaño en las cintas y taladros

Los lotes que se procesan en las cintas y en los taladros tienen, dependiendo del producto, un tiempo determinado de mecanización. Los tiempos en horas de los lotes que se han de procesar (que se encuentran en la Tabla 1), también tienen una gran dispersión. El número de lotes en función del tiempo de mecanización se muestra en la Tabla 2.

Tiempo en horas	Nº lotes Cinta	Nº lotes Taladros
Menos de 0.5 horas	24	59
Entre 0.5 y 1 hora	59	86
Entre 1 y 2 horas	80	71
Entre 2 y 3 horas	32	31
Entre 3 y 4 horas	26	15
Entre 4 y 6 horas	21	12
Más de 6 horas	39	18
<b>TOTAL</b>	<b>281</b>	<b>292</b>
Tiempo Medio	2.9 horas	1.76 horas
Desviación típica	3.43 horas	2.45 horas

Tabla 2: Distribución del número de lotes en función del tiempo de mecanizado

Existen 5 puestos de trabajo (máquina + operario) en Cintas y 4 puestos en Roscas. La disponibilidad de horas de trabajo por mes es de 168 (Convenio del Metal). Es decir, en principio existiría una capacidad disponible máxima mensual de 840 horas de trabajo en Cintas y 672 horas de trabajo en Rosca. La distribución en planta es simple, y no ocasiona problemas en el flujo ni en el transporte de materiales.

Los 400 lotes mensuales mencionados se han de hacer por exigencias del cliente principal (que trabaja en JIT) en el mismo orden en que él se los envía. Esto es, FIFO puro, sin partir ni agrupar lotes, por razones de reducir preparaciones en máquinas o de más o menos adecuación de máquinas u operarios a determinados trabajos. La secuenciación de trabajos tiene mayor incidencia en el proceso de roscado porque en la preparación y ajuste del utillaje se invierten como media 20 minutos. Si se agrupasen lotes de piezas que necesitasen el mismo utillaje se podría ahorrar 20 minutos por cada 1,76 horas.

## 5. Análisis de la Capacidad de la planta.

### 5.1. Capacidad máxima teórica de la planta.

Basados en la idea de que el proceso de fabricación es muy sencillo, como máximo dos operaciones concatenadas, y en su conocimiento de los procesos de fabricación los empresarios no hicieron cálculos rigurosos de su capacidad de fabricación. ¿Se pueden atender los trabajos mencionados?

Para simular el funcionamiento de la planta en esta primera fase no se consideraron los tiempos de cambio del utillaje, ni averías, ni otras incidencias habituales en este tipo de fabricación, con el objetivo de cuantificar el impacto de las mismas sobre los datos teóricos iniciales. Las órdenes se cargan en las máquinas por el criterio FIFO.

Para el número de órdenes a procesar por cada una de las máquinas que se indicaba en la Tabla 1 (281 en total por las cintas y de 295 en total por los taladros), se necesita un total de 815 horas (un 97% de la carga de trabajo total) en la sección de cintas y 514 horas (un 76% de la carga de trabajo total) en la sección de taladros. Se finalizan todas las órdenes en 167 horas. El resumen de los resultados obtenidos en los diferentes supuestos, se encuentran recogidos en la Tabla 4.

### 5.2. Capacidad Real de la Planta.

El siguiente paso, una vez establecida la base inicial teórica de cálculo, consistió en añadir las condiciones reales de cambios de lote, averías e incidencias que se producen en la planta y que van a suponer aumentar la capacidad de la planta en una cantidad a calcular, para poder hacer frente a la carga de trabajo considerada, en los plazos requeridos.

Para establecer las incidencias que afectan a las máquinas del taller, se realizó un estudio recogiendo las causas más frecuentes de las mismas, así como su duración. Una vez agrupadas por máquinas y por tipo, dichas incidencias se describen en la Tabla 3.

Máquina Afectada	Tipo	Descripción	Valor
Cinta	PREPARACIÓN	Cambio de contenedor	Normal de media 0.08334 (5 mt)
Cinta	MANTENIMIENTO	Cambio cinta cada 3.000 p.	Normal de media 0.167 (10 mt)
Taladro	PREPARACIÓN	Ajuste utillaje	Normal de media 0.33 (20 mt)
Taladro	AVERÍAS	Macho de roscar roto	Normal de media 0.167 (10 mt)
Turno de trabajo	DESCANSOS	Bocadillo cada turno	0.34 horas (20 mt)

Tabla 3: Descripción de incidencias en las máquinas

En estas condiciones, se terminan todos los trabajos en 175 horas (un 4% superior al tiempo disponible), las Cintas están saturadas al 100% y las Roscas tienen un 10,75% del tiempo inutilizado por falta de trabajo. Es decir, a pesar de sus cambios y averías y contra lo que era opinión generalizada en la empresa, el cuello de botella de la misma no era la Rosca sino las Cintas. El número máximo de órdenes que se puede atender es de 404, de las cuales, 275 pasan por las Cintas y 285 por los Taladros, es decir 347.000 y 446.000 piezas respectivamente.

Para poder acabar todos los trabajos en el tiempo fijado, 168 horas, es necesario un Centro de Trabajo más, ¿Cinta o Rosca? La empresa sugería Rosca pero la simulación contradice esta opinión. Si se añade una Rosca más, el tiempo de finalización de todos los trabajos sigue

siendo 175 horas, las Cintas siguen saturadas al 100% de su capacidad y los taladros utilizan todavía menos su capacidad disponible (28% del tiempo desocupados).

Si se añade una Cinta (6 Cintas en total) se terminan todos los trabajos en 157,8 horas, es decir dentro del tiempo disponible. Los Taladros están saturados al 100% (ahora si son cuello de botella) y las Cintas tienen un 6% de su capacidad disponible inutilizada. El número máximo de piezas en el mes (168 horas) es de 458: 330 en Cintas (417.000 piezas) y 306 en Taladros (478.000 piezas).

## 6. Racionalización del sistema de fabricación.

### 6.1. Tiempos de cambio en los taladros.

En la situación inicial (5 Cintas y 4 Taladros) los taladros no son cuellos de botella, pero pueden serlo si los tiempos de cambio o averías superan un determinado umbral. A esta situación se llega en la práctica por la obsesión de realizar más y más piezas, haciendo turnos de noche o, sobre todo, contratando trabajadores eventuales o aprendices inexpertos que ajustan mal los taladros y rompen muchos machos de roscar.

A continuación analizamos cómo afecta el ajuste (setup) y las averías en los taladros, descrito ya, por resultados anteriores, como crítico. Y este análisis lo vamos a hacer en dos sentidos:

- Evaluar la incidencia de la dispersión aunque se mantenga la media de los valores de la duración del ajuste.
- Ver cómo afecta los ajustes en términos absolutos (hacer un gráfico xy)

En el primero de los análisis, y a través de la simulación vemos que la dispersión alrededor de la media no tiene influencia. Si la tiene el valor de los mismos (Figura 1).

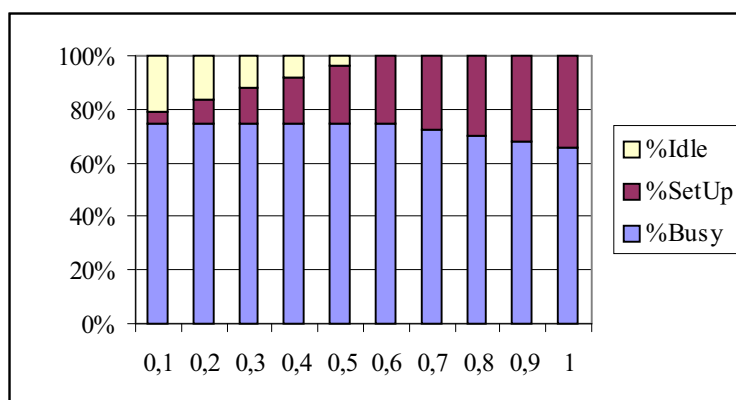


Figura 1: Saturación de los taladros en función del tiempo de ajuste

En la misma situación base, vemos que aunque el tiempo de cambio de herramienta (y averías) se incrementa de los 10 minutos mínimos (0,167 horas) hasta la media hora no afecta el tiempo de trabajo. Los cambios se absorben en el tiempo desocupado del taladro (11%). A partir de la media hora, los cambios reducen el tiempo de operación y el taladro pasa a ser cuello de botella.

Se puede comprobar que el número de lotes fabricados en Taladros disminuye considerablemente con el aumento del tiempo de ajuste y preparación (Figura 2). Lo que es lo mismo, en 175 horas se procesan menos trabajos, 399 en total, 266 en Cintas y 282 en taladros.

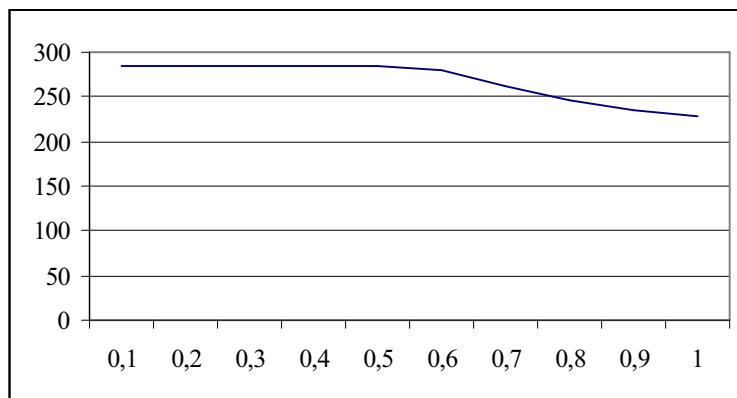


Figura 2: Número de operaciones en función del tiempo de ajuste

### 7. Influencia de las reglas heurísticas de programación.

Un punto interesante a analizar es el de la influencia de las diferentes reglas de prioridad utilizadas con el objeto de secuenciar los trabajos (orden de atención de los trabajos). El JIT impuesto por los clientes obliga a mantener la regla FIFO, que recordamos en su caso básico proporcionaba los siguientes datos: 5 Cintas y 4 Taladros, para hacer 404 trabajos en 157 horas, con unos tiempos de averías y ajustes ya establecidos anteriormente.

Vamos a ensayar con la secuenciación según la regla SPT (Shortest Process Time: se elige aquella operación que tiene el menor tiempo de proceso de todos los trabajos que están esperando en la cola de la máquina) los resultados que se obtienen se indican en la Tabla 4.

SUPUESTOS	1		2		3		4	
	FIFO	SPT	FIFO	SPT	FIFO	SPT	FIFO	SPT
Tiempo finalización (h)	167	144	175	151,6	174,7	150	157,8	143
Nº de trabajos	404	404	404	404	404	404	404	404
% Desocupado Cinta	0	0	0	0	0	0	6,2	0,1
% Desocupado Taladro			10,75	2,4	28,6	20,4	0	0

Tabla 4: Comparación de resultados con diferentes supuestos

Supuesto 1: 5 Cintas 4 Taladros, sin tiempos de cambio ni averías ni descansos.

Supuesto 2: 5 Cintas 4 Taladros, con tiempos de cambio, averías y descansos.

Supuesto 3: 5 Cintas 5 Taladros, con tiempos de cambio, averías y descansos.

Supuesto 4: 6 Cintas 4 Taladros, con tiempos de cambio, averías y descansos.

Evidentemente, el cambio de la política de lanzamiento de órdenes mejora la productividad de la planta. ¿Afecta esto gravemente a la entrega de órdenes a los clientes? ¿ Se pueden negociar plazos de entrega?



## 8. Conclusiones finales.

Se ha utilizado deliberadamente el caso de una planta *sencilla pero real*, para justificar la validez y las limitaciones de la Simulación por ordenador (y de determinadas soluciones comerciales) para tomar decisiones sobre políticas de fabricación:

- La Simulación ayuda en el dimensionamiento de la planta, el cálculo de la capacidad de producción, las políticas y reglas de programación. Esto puede ayudar a mejorar la productividad de la planta con tomas de decisiones relativamente sencillas.
- Las medidas más drásticas de mejora de productividad en la planta virtual: reducción de los tiempos de operación, preparación y averías no se mejoran con la simulación sino con la mejora de procesos, es decir, ingeniería mecánica y automática. Ahora bien, son actuaciones más caras, más difíciles de implantar y tampoco funcionan siempre.

Queda pendiente la validación del modelo utilizado, aunque se ha utilizado para ello los resultados de la planta real.

Se puede argumentar, con razón, que ninguna de las conclusiones obtenidas es novedosa desde el punto de vista teórico; sin embargo, lo que se quiere subrayar en este trabajo y como reza el título es la ayuda y soporte que pueden suponer herramientas como la simulación en el diseño y mejora de los sistemas de fabricación sin necesidad de experimentarlos “realmente”.

## 9. Resultados económicos.

Los resultados obtenidos se encuentran recogidos en la Tabla 5 y a continuación se realizan una serie de consideraciones.

	<b>CINTAS</b>	<b>TALADRO</b>
Precio medio por pieza	8	3,5
Coste Directo	4,5	3,3
Coste Indirecto/Mes	1.170.000	670.000

Nº de Unidades Fabricadas	<b>C.I.U.</b>	<b>C.T.U.</b>	<b>C.I.U.</b>	<b>C.T.U.</b>
360.000	3,25	7,75	1,67	4,97
400.000	2,92	7,42	1,48	4,78
450.000	2,6	7,1	1,34	4,64
500.000	2,34	6,84	1,21	4,51
600.000	1,95	6,45	1,11	4,41

Tabla 5: Resultados económicos

CIU: Coste Indirecto por Unidad

CTU: Coste Total por Unidad (Directo + Indirecto)

- (1) El cliente (la empresa “Madre”) fija el precio de las piezas<sup>5</sup>. Se puede negociar, pero el margen de maniobra es bajo, hay otros proveedores “sumergidos” (esto no suele aparecer en los papers de investigación) que aceptan dichos precios.

- (2) El Coste Directo por pieza lo componen: Mano de Obra Directa, Consumo de Energía, Consumo de herramientas (cintas, brocas), Reparaciones de máquinas.
- (3) El Coste Indirecto lo componen: Mano de Obra Indirecta, Amortizaciones, Gastos Financieros, Gastos generales (alquileres, seguros, tributos, vehículos, etc.).
- (4) El mayor volumen de fabricación no rebaja los costes directos, pero sí rebaja la incidencia de los costes indirectos por pieza fabricada.
- (5) En la situación inicial (5 Cintas y 4 Taladros) fabricamos como media 360.000 piezas en Cintas y 400.000 piezas en Taladros, con lo que apenas cubrimos gastos en Cintas y perdemos 1,5 pta/pieza en Taladros. La preocupación que hemos demostrado por los Taladros se debe a esta situación deficitaria de esta sección.
- (6) Si somos capaces de aumentar el volumen de producción, conseguimos un margen razonable en Cintas pero no así en Taladros. La simulación ayuda a poner de manifiesto esta situación y sugerir algún arreglo, pero no hace milagros. Vía Simulación no se consigue reducir el Coste Directo de las piezas en Taladros. Eso se consigue vía mejora técnica del proceso (ingeniería) o hay que negociar los precios con el cliente o abandonar esa línea de fabricación.

## Referencias.

---

<sup>1</sup> APICS Dictionary

<sup>2</sup> Eustat 1999.

<sup>3</sup> Irani, Z. Y otros (2000), “Re-engineering manufacturing processes through simulation modelling”, Logistics Information Management, Vol 13, nº1, 2000.

<sup>4</sup> Se trata de una empresa de 16 empleados con menos de dos años de vida. Es una segregación de una empresa de cerrajería de más de 100 empleados que siguiendo los modernos conceptos “porterianos” de Chore Competencias, Outsourcing, Supply Chain Management, etc. ha “externalizado” dos fases de su proceso de fabricación, haciendo que sus empleados (ex) se constituyan en empresa independiente y garantizando un volumen de pedidos. En la actualidad dichos pedidos significan el 70% de la facturación de la empresa “hija”. La empresa “madre” aplica a la “hija” el concepto de Lean Manufacturing en términos estrictos, entregas exactas, en tiempo (el día), cantidad (cualquiera), calidad (defectuosos en %) y precio (más que ajustado).

Los trabajos de investigación habitualmente hablan de empresas como la “madre” defendiendo los conceptos modernos (“porterianos”) de ganancia de competitividad y justificando sus prácticas. En este trabajo hablamos de empresas como la “hija” y como les afectan dichos conceptos.

<sup>5</sup> La empresa “Madre”, en coherencia con la filosofía “lean” (producción ajustada), también aplica el “Análisis de Valor”, es decir calcula (y fija) el precio de las piezas que va a pagar a los subcontratistas calculando el coste que tendrían fabricándolos en los que ellos consideran serían condiciones lógicas (coste de mano de obra, consumos de energía, consumo de herramientas, etc.) función a su vez, del tipo de personas que se empleen y contrato que se les haga, maquinaria y utillajes que se utilicen, etc. Dichas condiciones pueden parecer lógicas a la “Madre”, pero igual están fuera de las posibilidades de la “Hija”.