

Comparación de la eficiencia de la solución de dos métodos usados para formar células de manufactura: BEA y DCA

M. C. Fernando Ortiz Flores

Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Ver., México, fer_chi_lo@yahoo.com.mx

M. C. Raúl Torres Osorio

Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Ver., México, luporoa@hotmail.com

Dr. Oscar Báez Senties

Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Ver., México, luporoa@hotmail.com

M. E. Ana María Alvarado Lassmann

Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Ver., México, lassmann@prodigy.net.mx

Dr. José Pablo Nuño de la Parra

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, Pue., México, pablo.nuno@upaep.mx

RESUMEN

La formación de células de manufactura es conocida como la identificación de familias de piezas y grupos de máquinas. Para la formación de células se encuentran dos procedimientos: Procedimientos secuenciales (primero se determinan las familias de piezas y después se asigna un grupo de máquinas) y procedimientos simultáneos (Determina la familia de piezas y el grupo de máquinas de forma simultánea).

Dos algoritmos contemplados dentro del procedimiento simultáneo son el BEA (*Bond Energy Algorithm*) y el DCA (*Direct Clustering Algorithm*). Estos algoritmos proporcionan una solución aceptable para poder agrupar un conjunto de partes (o familia de piezas) -basados en su orden tecnológico y, por consiguiente, a través del análisis de una matriz de partes-máquina- y al mismo tiempo asignarles un grupo de máquinas que sea capaz de realizar, de preferencia, la totalidad de las operaciones necesarias. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones, las soluciones proporcionadas por estos métodos no proporcionan agrupaciones perfectas en la que todas las piezas de un grupo sigan el mismo orden tecnológico a través de todas las máquinas asignadas a este grupo. Por esta razón, se hace necesario medir la eficiencia de las soluciones proporcionadas.

Este trabajo intenta mostrar como determinar cuál de las soluciones encontradas, a través del uso de los métodos BEA y DCA es mejor, mediante una medida denominada "medida de eficiencia".

Palabras Clave: Algoritmo de cadena de energía, Algoritmo de agrupación directa, eficiencia de la solución.

ABSTRACT

The creation of manufacture cells is known as parts families and machines groups' identification. Cell formation is made with two procedures: Sequential procedures (the parts families are formed and then those families are assigned to a machine group) and simultaneous procedures (the parts families and the machine group are formed simultaneously).

There are two algorithms included in the simultaneous procedures: the BEA (*Bond Energy Algorithm*) and the DCA (*Direct Clustering Algorithm*). Those algorithms gives an acceptable solution to group a set of parts (or parts family) –based on their technology order and consequently with the parts-machine matrix analysis, and at the same time assign then a group of machines which be able to do all the necessary operations. Nevertheless, in almost all the occasions, the solutions obtained in those methods are not perfect groups on which all the parts in a group follows the same technological order thru all the machines assigned to this group. By this reason, it is necessary to measure the efficiency of the given solutions.

This work pretends to show which of the two methods analyzed (BEA and DCA) are better in the solutions they provide, with the help of a measure called "efficiency measurement".

Keyword: *Bond Energy Algorithm, Direct Clustering Algorithm, solution efficiency.*

TECNOLOGÍA DE GRUPOS

La Tecnología de grupos (GT de las siglas en inglés de *Group Technology*) aplicada a la manufactura, se puede definir como una filosofía para la administración de las actividades de producción que tienen la finalidad de obtener ventajas económicas por medio de la explotación de similitudes de las partes manufacturadas en lotes pequeños, tratándolos de manera conjunta, como si fuera un sistema de producción en serie. Con este enfoque se mantiene la flexibilidad (variedad de productos) del proceso de producción. En este contexto, la GT es una metodología potencialmente exitosa, que toma las ventajas del sistema de producción en serie y las ventajas del sistema de producción por lotes.

Es importante mencionar que la GT constituye una filosofía de manufactura basada en un principio relativamente simple: identificar y agrupar partes y procesos por el criterio de similitud, para obtener ventajas de todas las etapas de proyecto y manufactura (Gallacher and Knight, 1986).

La aplicación más simple de la GT, la cual es común en los ambientes de producción por lotes, depende de similitudes de partes para ganar eficacia cuando las partes son secuenciadas a las máquinas. La segunda aplicación es crear familias de partes, dedicar máquinas a estas familias, pero permitir a las máquinas permanecer en sus posiciones originales (*layout* lógico). La última aplicación es formar células de manufactura (*layout* físico). El *layout* lógico es aplicado cuando la variedad de partes y volúmenes de producción están cambiando frecuentemente tal que un *layout* físico, el cual requiere un reordenamiento de máquinas no es justificado.

La identificación de familias de partes y grupos de máquinas es normalmente llamada formación de células. Numerosos enfoques han sido reportados para la formación de células. Estos enfoques adoptan tanto procedimientos simultáneos como secuenciales para asignar las partes y máquinas.

El procedimiento simultáneo determina las familias de partes y grupos de máquinas concurrentemente.

El procedimiento secuencial determina primero las familias de partes (o grupos de máquinas), seguido de la asignación de la máquina (o asignación de la parte). Por ejemplo, la clasificación y codificación puede ser usada para identificar las familias de partes, seguido de la identificación de máquinas requeridas para procesar cada familia de partes.

Tradicionalmente, los esquemas de clasificación y codificación enfatizaron la captura de atributos de partes, por lo tanto identificaron familias de partes basándose en su función, forma, etc., pero no ayudaron en la identificación del conjunto de máquinas para procesarlas.

Los algoritmos DCA y BEA presentados en este artículo caen dentro de la categoría de procedimientos simultáneos.

2. MÉTODOS DE AGRUPACIÓN DE PIEZAS-MÁQUINAS

En las últimas décadas, los artículos sobre GT hacen hincapié en la necesidad de desarrollar métodos para agrupar piezas o componentes -para formar familias de piezas- y máquinas -para formar células de manufactura- (Dos santos, 2003). Para atender esto, se han concebido muchas aplicaciones, las cuales poseen características variables, pero presentan similitudes y relaciones, lo que permite agruparlas de acuerdo a la siguiente clasificación (King y Nakornchai, 1982).

- **Métodos de coeficiente de similitud.** Esta clase de métodos mide el coeficiente de similitud entre cada par de máquinas y partes. En general, el coeficiente de similitud es usado y definido por cualquier par de máquinas en el rango dado por el número de componentes que visitan ambas máquinas y el número de componentes que visita al menos una de las máquinas. El coeficiente de similitud puede no funcionar adecuadamente si hay un gran número de componentes visitando algunas de las máquinas y si se necesitan duplicaciones de las máquinas.
- **Métodos de conjuntos teóricos.** Los algoritmos que pertenecen a esta clase construyen grandes grupos de máquinas y partes, que pueden ser representados como un camino a través de las orillas de un diagrama cerrado a través de operaciones de unión. Estos métodos no son adecuados en problemas con un gran número de máquinas y partes.
- **Métodos evaluativos.** En este grupo las técnicas involucran el listado sistemático de la información contenida en las hojas de ruta, de varios modos, e identifican las familias de partes y las células de manufactura a través de una inspección detallada.
- **Otros métodos analíticos.** Este tipo de métodos está íntimamente relacionado con los tipos de métodos de evaluación en el sentido de que las técnicas apuntan a agrupar las máquinas y los componentes de un modo similar excepto porque esto se hace a través de la teoría de gráficas.

En el presente *paper* se muestra lo relacionado a dos métodos evaluativos: el algoritmo BEA (de las siglas en inglés *Bond Energy Algorithm*) y el con el algoritmo DCA (de las siglas en inglés *Direct Clustering Algorithm*).

3. ALGORITMO DE CADENA DE ENERGIA (BEA)

El algoritmo de cadena de energía (BEA de las siglas en inglés de *Bond Energy Algorithm*) fue desarrollado por McCormick, Schweitzer y White (1972) para identificar y desplegar grupos de variables naturales o agrupaciones que ocurren en arreglos complejos de datos. Ellos propusieron una medida de efectividad (ME) tal que un arreglo que contenga grupos densos de elementos numéricamente grandes pueda tener una gran ME cuando se compare

con el mismo arreglo de filas y columnas el cual ha sido permutado para que sus elementos numéricamente grandes estén más uniformemente distribuidos a través del arreglo.

El algoritmo de selección secuencial, el cual explota la característica del vecino más cercano, se explica a continuación.

Paso 1. Seleccione una columna de una parte arbitrariamente y ajuste $i=1$.
 Trate de colocar cada una de las columnas de partes restantes ($P - i$) en cada una de las posibles posiciones ($i+1$) (a la derecha e izquierda de las i columnas ya colocadas o en otras palabras a la derecha de las i columnas ya colocadas y recorrerla a la izquierda de columna en columna, hasta llegar a la izquierda de la primera columna ya colocada) y calcule la contribución de cada columna al ME, mediante la ecuación 1:

$$ME(columnas) = \sum_{p=1}^i \sum_{m=1}^M a_{pm} \square a_{p+1,m} \dots\dots\dots Ecuación 1$$

Donde

$$a_{pm} = \begin{cases} 1, & \text{Si la parte } p \text{ requiere procesamiento en la máquina } m \\ 0, & \text{Si la parte } p \text{ no requiere procesamiento en la máquina } m \end{cases}$$

Coloque la columna que da el más grande ME en su mejor posición. En caso de un empate, seleccione arbitrariamente. Incremente i en 1 ($i + 1$) y repita hasta que $i = P$. Cuando todas las columnas hayan sido colocadas, vaya al paso 2.

Paso 2. Repita el procedimiento para las filas, calculando el ME con la ecuación 2:

$$ME(filas) = \sum_{m=1}^i \sum_{p=1}^P a_{pm} \square a_{p,m+1} \dots\dots\dots Ecuación 2$$

(Note que la colocación de la fila es innecesaria si el arreglo de entrada es simétrico, dado que el ordenamiento final de fila y columna será idéntico).

El ME de un arreglo A (sumada la cadena de energía (BE) sobre todas las permutaciones de fila y columna) es dado por;

4. ALGORITMO DE AGRUPACIÓN DIRECTA (DCA)

Chan y Milner (1982) propusieron el DCA (de las siglas en inglés de *Direct Clustering Algorithm*), el cual mueve las filas, con las celdas más positivas de la izquierda (o sea 1s), a la parte superior, y las columnas con las celdas más positivas de la parte superior, a la izquierda de la matriz.

Wemmerlov (1984) proporcionó una corrección al algoritmo original para alcanzar resultados consistentes. El algoritmo revisado se da continuación.

Paso 1. Contar los números 1s en cada columna y fila.

- Arreglar todas las columnas en orden decreciente colocándolas en una secuencia que inicia con las columnas de mayor número de 1s que se encuentra más a la derecha. En caso de empate en número de 1s, la columna que está más a la derecha ira al inicio de la secuencia.
- Arregle todas las filas en orden creciente colocándolas en una secuencia que inicia con las filas de menor número de 1s que se encuentra más abajo. En caso de empate en número de 1s, la fila que está más abajo ira al inicio de la secuencia.

Nota: Está reestructuración de la matriz inicial ha sido propuesta para asegurar que la solución final siempre sea la misma.

Paso 2. Formar bloques ordenando las filas observando los 1s de las columnas, iniciando con la primera columna de la matriz.

- Mueva todas las filas con 1s a la parte superior para formar un bloque.
 - Si en las columnas subsecuentes a considerar, las filas con 1s ya están en el bloque, no haga nada.
 - Si hay filas con 1s que no están en el bloque, permita que estas filas formen un bloque y mueva este bloque a la parte baja del bloque previo.

Nota: Una vez asignada una fila a un bloque, ésta no podrá moverse; de este modo, puede no ser necesario pasar por todas las columnas.

Paso 3. Si la matriz anterior y la matriz actual son las mismas, pare, en caso contrario vaya al paso 4

Paso 4. Formar bloques ordenando las columnas observando los 1s de las filas, iniciando con la primera fila de la matriz y recorrer todas las columnas a la izquierda (similar al paso 2).

- Mueva todas las columnas con 1s a la izquierda para formar un bloque.
 - Si en las filas subsecuentes a considerar, las columnas con 1s ya están en el bloque, no haga nada.
 - Si hay columnas con 1s que no están en el bloque, permita que estas formen un bloque y mueva este bloque a la derecha del bloque previo.

Nota: una vez asignada una columna a un bloque, ésta no debe ser movida. Puede no ser necesario pasar por todas las filas.

Paso 5. Si la matriz anterior y la matriz actual son las mismas pare, en caso contrario vaya al paso 2.

5. MEDIDA DE AGRUPACIÓN DE η DE EFICIENCIA

La medida de agrupación de η de eficiencia fue propuesta por Chandrasekaran y Rajagopalan (1986b). Esta fue una de las primeras medidas para evaluar el resultado final obtenido por diferentes algoritmos. "La bondad" de la solución depende de la utilización de las máquinas dentro de una célula y del movimiento intercelular. La agrupación de la eficiencia η de la ecuación 3 fue propuesta como un promedio ponderado de dos eficiencias η_1 y η_2 .

$$\eta = \omega\eta_1 + (1 - \omega)\eta_2 \dots\dots\dots Ecuación 3$$

Para utilizar la medida de rendimiento de eficiencia η (ecuación 3), es necesario determinar los siguientes parámetros a partir de una matriz final de máquinas-partes con células C identificables:

✓ o número de 1s en la matriz $\{a_{pm}\}$

$$o = \sum_{p=1}^P \sum_{m=1}^M a_{pm} \dots\dots\dots \text{Ecuación 4}$$

✓ d número de 1s en el bloque diagonal.

$$d = \sum_{c=1}^C \sum_{p \in P_c} \sum_{m \in M_c} a_{pm} \dots\dots\dots \text{Ecuación 5}$$

✓ v número de vacíos en los bloques diagonales.

$$v = \sum_{c=1}^C |M_c| |P_c| - d \dots\dots\dots \text{Ecuación 6}$$

✓ e número de elementos excepcionales en la solución.

$$e = o - d \dots\dots\dots \text{Ecuación 7}$$

✓ η_1 proporción de los 1s en los bloques diagonales al número total de elementos en los bloques (tanto 0s como 1s).

$$\eta_1 = \frac{o - e}{o - e + v} \dots\dots\dots \text{Ecuación 8}$$

✓ η_2 proporción del número de elementos en los bloques no diagonales (tanto 0s como 1s).

$$\eta_2 = \frac{MP - o - v}{MP - o - v + e} \dots\dots\dots \text{Ecuación 9}$$

- ✓ M número de máquinas.
- ✓ P número de piezas.
- ✓ ω el efecto de movimiento intercelular, del cual se recomienda un valor de 0.5. Éste factor de peso permite al diseñador cambiar el énfasis entre utilización y movimiento intercelular.

Sustituyendo las ecuaciones 8 y 9 en la ecuación 3 se obtiene la formula general para calcular la eficiencia (Ecuación 10)

$$\eta = (\omega) \frac{o - e}{o - e + v} + (1 - \omega) \frac{MP - o - v}{MP - o - v + e} \dots\dots\dots \text{Ecuación 10}$$

6. COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA SOLUCIÓN DE LOS METODOS BEA Y DCA

Utilizar la medida de rendimiento η a las soluciones obtenidas, a partir de la matriz inicial de la Fig. 1, con el método BEA (Fig. 2) y con el método DCA (Fig. 3).

Pieza		1	2	3	4	5
Máquina	1		1			1
	2	1		1		
	3		1	1		1
	4	1			1	
	5			1	1	

Fig. 1 Matriz inicial

Pieza		1	4	3	2	5
Máquina	1				1	1
	3			1	1	1
	2	1		1		
	4	1	1			
	5		1	1		

Fig. 2 Resultado con el método BEA.

Pieza		3	4	1	5	2
Máquina	5	1	1			
	2	1		1		
	3	1			1	1
	4		1	1		
	1				1	1

Fig. 3. Resultado con el método DCA.

6a. CÁLCULO DE LA MEDIDA DE AGRUPACIÓN DE EFICIENCIA DEL ALGORITMO BEA.

Para calcular el parámetro O se sustituyen en la ecuación 4 los datos a_{pm} del resultado del método BEA de la Fig. 2, obteniendo lo que muestra la ecuación 11.

$$O = \sum_{p=1}^{P=5} \sum_{m=1}^{M=5} a_{pm} = 11 \dots\dots\dots Ecuación 11$$

Para calcular el parámetro d se sustituyen en la ecuación 5 los 1s del bloque diagonal del resultado del método BEA de la Fig. 2 obteniendo lo que muestra la ecuación 12

$$d = \sum_{c=1}^{C=2} \sum_{p \in P_c} \sum_{m \in M_c} a_{pm} = a_{12} + a_{14} + a_{44} + a_{45} + a_{32} + a_{35} + a_{21} + a_{23} + a_{51} + a_{53}$$

$$= 1+1+1+1+1+1+1+1+1+1 = 10 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 12}$$

Para calcular el parámetro ν se sustituyen en la ecuación 6 los vacíos del bloque diagonal del resultado del método BEA de la Fig. 2 y se sustituye el parámetro d calculado en la ecuación 12, obteniendo lo que se muestra en la ecuación 13.

$$\nu = \sum_{c=1}^{C=2} |M_c| |P_c| - d = [|3||3| + |2||2|] - 10 = [9 + 4] - 10 = 13 - 10 = 3 \dots\dots\dots \text{Ecuación 13}$$

Donde:

Para calcular la célula 1: $M_c = 3 \quad P_c = 3$

Para calcular la célula 2: $M_c = 2 \quad P_c = 2$

Para calcular el parámetro e se sustituyen en la ecuación 7 los elementos excepcionales del resultado del método BEA de la Fig. 2 y se sustituye el parámetro o calculado con la ecuación 11 y el parámetro d calculado con la ecuación 12, obteniendo lo que se muestra en la ecuación 14.

$$e = o - d = 11 - 10 = 1 \dots\dots\dots \text{Ecuación 14}$$

Para calcular el parámetro η_1 se sustituyen en la ecuación 8 los valores calculados con las ecuaciones 11, 13 y 14, obteniendo lo que se muestra en la ecuación 15.

$$\eta_1 = \frac{o - e}{o - e + \nu} = \frac{11 - 1}{11 - 1 + 3} = \frac{10}{13} = 0.7692 \dots\dots\dots \text{Ecuación 15}$$

Para calcular el parámetro η_2 se sustituyen en la ecuación 9 el número de máquinas (M) , número de piezas (P) y los valores calculados de las ecuaciones 11, 13 y 14, obteniendo lo que se muestra en la ecuación 16.

$$\eta_2 = \frac{MP - o - \nu}{MP - o - \nu + e} = \frac{(5)(5) - 11 - 3}{(5)(5) - 11 - 3 + 1} = \frac{25 - 11 - 3}{25 - 11 - 3 + 1} = \frac{11}{12} = 0.9167 \dots\dots\dots \text{Ecuación 16}$$

Para obtener la medida de rendimiento η se sustituyen en la ecuación 3 los valores calculados con las ecuaciones 15 y 16, obteniendo el siguiente resultado:

$$\eta = \omega \eta_1 + (1 - \omega) \eta_2 = (0.5000)(0.7692) + (1 - 0.5000)(0.9167) = 0.3846 + 0.4583 = 0.8429$$

6b. CÁLCULO DE LA MEDIDA DE AGRUPACIÓN DE EFICIENCIA DEL ALGORITMO DCA.

Para el cálculo de la medida de agrupación de eficiencia del algoritmo DCA, se siguieron las mismas instrucciones utilizadas en el algoritmo BEA, sólo que ahora ocupando la matriz de la figura 3, Los resultados son los siguientes:

$$o = \sum_{p=1}^{P=5} \sum_{m=1}^{M=5} a_{pm} = 11 \dots\dots\dots \text{Ecuación 17}$$

$$d = \sum_{c=1}^{C=2} \sum_{p \in P_c} \sum_{m \in M_c} a_{pm} = a_{35} + a_{32} + a_{45} + a_{14} + a_{53} + a_{51} + a_{23} + a_{21} = 1+1+1+1+1+1+1+1 = 8 \dots\dots\dots \text{Ecuación 18}$$

$$v = \sum_{c=1}^{C=2} |M_c| |P_c| - d = [|2||2| + |3||3|] - 8 = [4 + 9] - 8 = 13 - 8 = 5 \dots\dots\dots \text{Ecuación 19}$$

Donde:

Para calcular la célula 1: $M_c = 2 \quad P_c = 2$

Para calcular la célula 2: $M_c = 3 \quad P_c = 3$

$$e = o - d = 11 - 8 = 3 \dots\dots\dots \text{Ecuación 20}$$

$$\eta_1 = \frac{o - e}{o - e + v} = \frac{11 - 3}{11 - 3 + 5} = \frac{8}{13} = 0.6153 \dots\dots\dots \text{Ecuación 21}$$

$$\eta_2 = \frac{MP - o - v}{MP - o - v + e} = \frac{(5)(5) - 11 - 5}{(5)(5) - 11 - 5 + 3} = \frac{25 - 11 - 5}{25 - 11 - 5 + 3} = \frac{9}{12} = 0.7500 \dots\dots\dots \text{Ecuación 22}$$

Para obtener la medida de rendimiento η se sustituyen en la ecuación 32 los valores calculados con las ecuaciones 21 y 22, obteniendo el siguiente resultado:

$$\eta = \omega \eta_1 + (1 - \omega) \eta_2 = (0.5000)(0.6153) + (1 - 0.5000)(0.75000) = 0.3076 + 0.3750 = 0.6826 \dots \text{Ecuación 23}$$

7. CONCLUSIONES

Para mostrar que método da la mejor solución de acuerdo a la medida de agrupamiento η se muestra la tabla 1.

Tabla 1 Resultados obtenidos.

Métodos evaluativos	Parámetros				η	×100%
	<i>o</i>	<i>d</i>	<i>v</i>	<i>e</i>		
BEA	11	10	3	1	0.84295	84.2950%
DCA	11	8	5	3	0.68260	68.2600%

De acuerdo con los resultados obtenidos con la medida de rendimiento η , se observa que el método BEA da un 84.2950% de eficiencia, en cambio, el método DCA da un 68.2600% de eficiencia, por lo tanto, se recomienda utilizar la solución obtenida por el método BEA para formar familias de piezas a partir de la matriz inicial de la Fig. 1.

Es importante mencionar que en el Instituto tecnológico de Orizaba, se está desarrollando un software que se encarga de hacer la comparación de las soluciones para determinar de una manera más rápida cuál de ellas es mejor; y que actualmente se cuenta con el desarrollo de un software que se encarga de formar familias de piezas mediante los métodos AFP, Binario, ROC, ROC2, DCE y BEA.

REFERENCIAS

Libros

- Chandrasekaran, M.P and Rajagopalan, R (1986a) MODROC: "an extension of rank order clustering of group technology", International Journal of Production Research, 24(5), 1221-33.
- Chandrasekaran, M.P and Rajagopalan, R (1986b) "An ideal seed nonhierarchical clustering algorithm for cellular manufacturing", International Journal of Production Research, 24(2), 451-64.
- Chan, H.M. and Milner, D. A. (1982) "Direct clustering algorithm for group formation in cellular manufacture", Journal of manufacturing system, 1(1), 64-76.
- Fogarty, Blackstone y Hoffmann. (1994). "Administración de la producción e inventarios". CECSA, 2da. Edición.
- Klipeel Elizabeth María, Gomes de Alvarenga Arlindo, Negreiros Gomes Francisco José. (1999). "A two-phase procedure for cell formation in manufacturing systems". Integrated Manufacturing Systems, volumen 10 número 6, 1999, pp. 367-375, copyright @ MCB University Press, ISSN 0957-6061.
- McCormick, W. T., Schweitzer, P.J. and White, T.W (1972) "Problem decomposition and data reorganization by a clustering technique. Operations Research", 20(5), 993-1009.
- Nanua, Singh. (1996), "Systems approach to computer-integrated design and manufacturing". John Wiley & Sons. EUA.
- Schroeder, Roger G. (1992). "Administración de operaciones". Mc Graw-Hill, 3ª. Edición.
- Wemmerlov, U. (1984) "Comments on direct clustering algorithm for group formation in cellular manufacturing", Journal of manufacturing system, 3(1), vii-ix.

Biblioteca digital Emerald¹

¹ Emerald es una biblioteca digital que contiene artículos completos de 190 revistas en las áreas de ingeniería, ciencias aplicadas, tecnología, administración y ciencias de la información. Acceso a más de 35,000 artículos en texto.

Gallacher, C.C. and Knight, W.A. (1986). "*Group Technology Production Methods in Manufacturing*", John Wiley & Sons, London.

King, J.R. and Nakornchai V. (1982). "*Machine component group formation in group technology ± review and extension*". International Journal of Production Research, Vol. 20 No. 2, pp. 117-33.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.