**PROPUESTA DE PROYECTO FIN DE CARRERA**

**Título:** "Aplicación de algoritmos genéticos al problema del cortado de patrones de dos dimensiones"

**Director**: Enrique J. Carmona Suárez
**Departamento**: Inteligencia Artificial - ETS Ingeniería Informática
**Contacto** (preferiblemente por e-mail):
**e-mail**: ecarmona@dia.uned.es
**Tlfno**: 91 398 7301

## Introducción

El problema de cortado de patrones es un problema de optimización que surge en muchas aplicaciones industriales, tales como la fabricación de vidrio, de metal o de papel. La solución óptima de este problema puede ser muy importante desde un punto de vista económico: un ahorro de un 1% para una industria papelera puede suponer un valor de más de un millón de euros por año.

Los problemas de cortado de patrones se pueden clasificar de varias formas. Una de ellas es teniendo en cuenta la dimensionalidad del corte. Así, dado un conjunto de rectángulos, $R=\{r_1,\ldots,r_n\}$, donde cada $r_i$ tiene altura $h_i$ y anchura $w_i$, i=1,…,m, se habla de problema de cortado de patrones bidimensional (2D) si la colección de rectángulos $R$ ha de distribuirse sobre una colección de paneles $P=\{P_1,\ldots, P_m\}$ rectangulares y de dimensiones $H$x$W$, de tal forma que cada patrón de cortado supone realizar una asignación de cada rectángulo a un panel y a una posición dentro del panel, teniendo en cuenta que cada rectángulo debe permanecer siempre dentro de las dimensiones de su panel, con sus lados paralelos a los del panel y sin solaparse con ningún otro rectángulo de su panel. Esta clase de problema es típico encontrarlo en la fabricación de muebles, ropa o vidrio. Por otro lado, el denominado problema de cortado de patrones unidimensional (1D) es un caso particular del problema bidimensional en el que se cumple que $w_i=W$, para todo $r_i \in R$. Aplicaciones industriales de esta clase de problema surgen en el cortado de tuberías, cables, barras de acero y bobinas de papel.

## Descripción del problema

En este proyecto sólo se abordará el problema de cortado de patrones 2D, utilizando para ello un algoritmo genético. La formalización concreta del problema está basado en el trabajo de [Puchinger et al-04] y es la siguiente.

**Dados:**

1. Un conjunto de planchas rectangulares idénticas de anchura $W$>0 y longitud $L$>0.

2. Un conjunto de tipos de elementos rectangulares $E=\{E_1, \ldots, E_m\}$ solicitados por el cliente, donde cada tipo de elemento $E_i$, $i$=1,…,$m$, se define mediante tres parámetros: anchura $w_i$ ($0<a_i\leq W$), longitud $l_i$ ($0<l_i\leq L$), y el número de elementos, $n_i$, necesarios de este tipo.

**Y las siguientes restricciones:**

1. Sólo son posibles cortes ortogonales en las planchas, es decir, cortes paralelos a los lados de la pieza que está siendo cortada y el alcance del corte es siempre desde un borde al borde opuesto.
2. El proceso de producción consta de tres etapas (ver Figura 1). La primera etapa sólo corta horizontalmente la plancha original en un número arbitrario de tiras. Estas tiras son luego procesadas en la segunda etapa donde son cortadas verticalmente en un número arbitrario de pilas. Finalmente, la tercera etapa consiste en realizar un número arbitrario de cortes horizontales sobre las pilas obtenidas en la etapa anterior, produciendo las piezas finales.

**El objetivo es:**

Encontrar un patrón de corte óptimo que permita obtener todas las instancias de los tipos de elementos demandados por el cliente, utilizando el mínimo número de planchas de material, es decir, minimizando el sobrante. Podemos expresar de manera formal este objetivo transformando el problema original en el problema de minimizar la siguiente función:

$$\mathrm{F(x)} = S(x) - \frac{L - c_l}{L}$$

donde *S*(*x*) es el número de planchas necesarias para alcanzar el objetivo bajo un patrón de corte *x* y $c_l$ representa la posición del último corte de la etapa 1 sobre la última plancha utilizada.

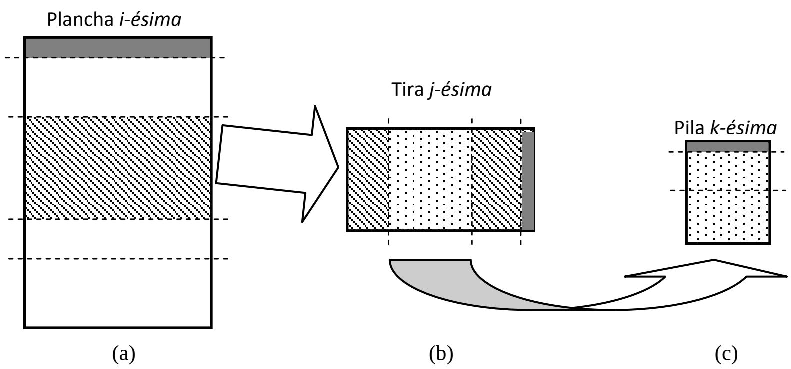


Figura 1. Proceso de producción de tres etapas: corte de la plancha original en tiras (a); corte de una tira en pilas (b); y corte de una pila en piezas. El sobrante viene indicado por las áreas sombreadas más oscuras.

Existe una **cota inferior**, $F_{min}$, para la función *F(x)*, tal que $\forall x\ F_{min} \leq F(x)$. Esta cota viene dada por el área total de todas las piezas demandadas por el cliente dividido por el área total de una plancha:

$$F_{min} = \frac{\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{m}} \mathrm{l_i} \cdot \mathrm{w_i} \cdot \mathrm{n_i}}{\mathrm{L} \cdot \mathrm{W}}$$

Esta cota inferior correspondería al caso ideal en el que no se produjera ningún sobrante en todas las planchas utilizadas.

**Algoritmos de empaquetado**

Para obtener el patrón de corte de una lista de elementos, dados en un orden determinado, se necesita establecer una estrategia, o también denominada algoritmo de empaquetado, que permita distribuir de manera inequívoca los elementos en los paneles, siguiendo el orden en el que los elementos vienen dados. En la literatura relacionada con el área se pueden encontrar diferentes algoritmos de empaquetado y, aún hoy día, es un tema abierto de investigación. Una revisión del estado de arte puede hacerse en [Lodi et al-02], [Ntene&van Vuuren-08], [Ntene&van Vuuren-09] y la página web del denominado [ARC Project].

A modo de ejemplo, la Figura 2 muestra el patrón de cortado resultante de aplicar un algoritmo de empaquetado, basado en el que se usó en [Puchinger et al-04], para la lista de elementos $R$={$r_1$,…,$r_{22}$}, dados en ese orden. El pseudocódigo de este algoritmo es el siguiente:

- Se abre el primer panel (panel actual) y se van colocando elementos en dicho panel, siguiendo el orden en el que estos aparecen en la lista.
- El primer elemento, colocado en la parte inferior y justificado a la izquierda, determina la primera tira y la anchura de la primera pila del primer panel. La altura de la tira sólo está limitada por el tamaño del panel.
- Si el siguiente elemento tiene la misma anchura que el anterior, se coloca justo encima del primer elemento, siempre que quepa en la tira en curso.
- Si no hay espacio en la pila, dada la magnitud finita del panel, o si tenemos que colocar un elemento de anchura diferente a la del anterior, se cierra la pila anterior y se abre una nueva pila, siempre que haya espacio para el elemento en la tira actual. Si no, se cierra la tira actual y se intenta abrir una nueva tira en el panel actual. Si esto último tampoco fuera posible, se cierra el panel actual, se abre un nuevo panel, y se repite el proceso

Evidentemente, si el orden de la lista de elementos fuese distinto al anterior, este algoritmo daría lugar a un patrón de corte diferente al de la Figura 2.

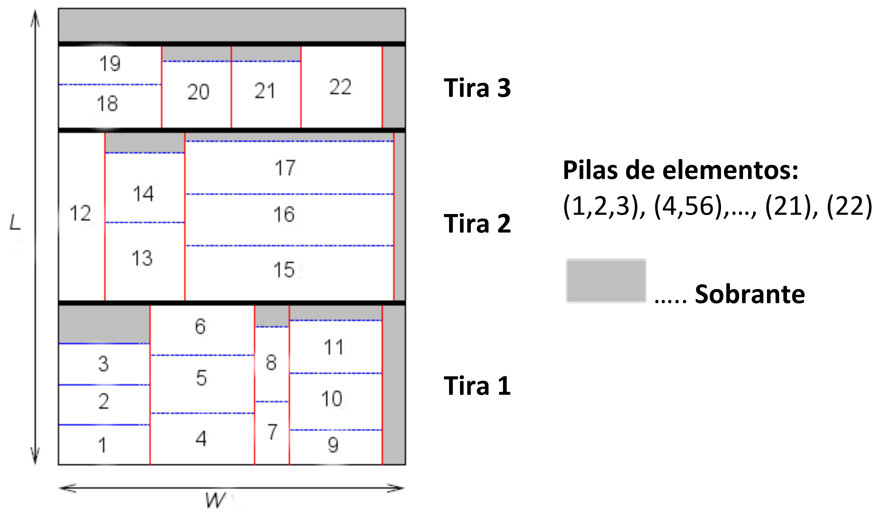


Figura 2. Ejemplo del patrón de corte resultante de aplicar un algoritmo de empaquetado basado en el que se usó en [Puchinger et al-04].

## Metodología del PFC

Antes de realizar la implementación del algoritmo genético que resuelva el problema, el alumno tendrá que decidir las siguientes cuestiones:

- Cómo representar los individuos.
- Cómo generar la población inicial.
- Qué algoritmos de empaquetamiento elegir.
- Qué operadores de variación (recombinación y mutación) serían los más adecuados.
- Qué mecanismos de selección de padres y de reemplazo utilizar.

La implementación requerirá una interfaz gráfica con las siguientes características:

- Posibilidad de elegir entre las distintas opciones planteadas en la fase inicial de diseño.
- Para unas especificaciones dadas, mostrar de forma gráfica el patrón de corte más competitivo resultante de ejecutar el AG. Para ello se mostrará los cortes sobre todas las planchas requeridas.

Después de realizar la implementación de la herramienta, el alumno analizará y elegirá la combinación de opciones más competitiva. Para ello utilizará diferentes tipos de índices y gráficas que son frecuentemente utilizados para medir las prestaciones de un algoritmo evolutivo en el campo de la Computación Evolutiva.

## Data sets

Aunque el alumno puede encontrar en Internet más repositorios de data sets utilizados como benchmarking en el estudio del problema aquí planteado, se ofrece la siguiente dirección como punto de partida:

http://dip.sun.ac.za/~vuuren/repositories/levelpaper/spp%5B1%5D.htm

## Referencias


[ARC Project] http://www.csc.liv.ac.uk/~epa/surveyhtml.html

[Lodi et al-02] A. Lodi, S. Martello and D. Vigo. *Recent advances on two-dimensional bin packing problems*. Discrete Applied Mathematics, Vol. 123 (1-3), pp. 379-396, 2002.

[Ntene&van Vuuren-08] N. Ntene, J.H. van Vuuren. *A survey and comparison of heuristics for the 2D oriented on-line strip packing problem*. Orion, Vol. 24 (2), pp. 157-183, 2008.

[Ntene&van Vuuren-09] N. Ntene, J.H. van Vuuren. *A survey and comparison of guillotine heuristics for the 2D oriented offline strip packing problem*. Discrete Optimization, Vol. 6 (2), pp. 174-188, 2009.

[Puchinger et al-04] J. Puchinger, G.R. Raidl and G. Koller. *Solving a Real-World Glass Cutting Problem*. In: J. Gottlieb and G.R. Raidl (Eds.), Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization (EVOCOP-04), Vol. 3004 of LNCS, Springer-Verlag, pp. 162-173, 2004.