

SOLUCIÓN EFICIENTE AL PROBLEMA DE PATRONES DE CORTE USANDO EL MÉTODO DE GENERACIÓN DE COLUMNAS

PROBLEMA

En el ámbito industrial, dentro de la cadena manufacturera, es común que la materia prima se segmente en distintas dimensiones según los requerimientos del producto. Se busca entonces minimizar el desperdicio de materia prima al cortar bloques o unidades de materia prima en diferentes proporciones según ciertos requerimientos. Este es un problema de optimización lineal entera, común en la industria, y se caracteriza por las dificultades computacionales que surgen en instancias grandes.

OBJETIVO GENERAL

Resolver el problema de patrones de corte mediante el método de generación de columnas para lograr una mayor eficiencia computacional.

PROPUESTA

Se propone utilizar el método de generación de columnas para resolver el problema de patrones de corte, buscando mejorar la eficiencia computacional frente a métodos tradicionales. Al enfocarse en los datos que mejoran la solución y eliminar aquellos innecesarios, se espera reducir el desperdicio de materia prima y optimizar el proceso de corte en escenarios grandes, implementando el algoritmo en Python y evaluando tiempos frente a solvers convencionales.

Se toma un bloque de materia prima, este puede ser por ejemplo una bobina o rollo de papel, que puede ser cortado según distintas configuraciones o patrones. Cada patrón tiene asociado un gasto o residuo, tal como se muestra en la ilustración.



No obstante, no todos los patrones son factibles o útiles, por lo que algunos serán mejores que otros.

Si se necesitan bloques de materia prima de distintos tamaños y en distintas cantidades, ¿qué patrones debemos utilizar para minimizar el desperdicio?

La forma tradicional de resolver este problema es listar explícitamente todos los patrones posibles y abordarlo como un problema de optimización entera. El método propuesto consiste en seleccionar un número reducido de patrones, denominados "columnas" en este contexto, e ignorar los patrones restantes, considerando solo aquellos que puedan mejorar la solución. Es decir, se toman en cuenta únicamente los patrones que disminuyen el desperdicio. Para ello, se emplea el criterio de coste reducido del método Simplex, y se considerarán únicamente las columnas con coste reducido negativo.

A continuación, se detallan el criterio empleado para decidir si una columna ignorada debe ser tomada en cuenta. Sea el problema en forma estándar:

$$\begin{aligned} \min \quad & Z = C^T x \quad A = [B \quad N] \\ \text{Sujeto a} \quad & Ax = b \quad x = \begin{bmatrix} x_B \\ x_N \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Se genera el siguiente problema restringido ignorando las variables no básicas:

$$\begin{aligned} \text{RMP (problema master restringido)} \\ \min \quad & C_B^T x_B \\ \text{Sujeto a} \quad & Bx_B = b \end{aligned}$$

Se resuelve el problema hasta la optimalidad. Surge entonces la pregunta: ¿existe dentro de las variables no básicas alguna que mejore nuestra solución actual? de existir, se debe cumplir lo siguiente:

$$C_N^T - B^{-1}N < 0$$

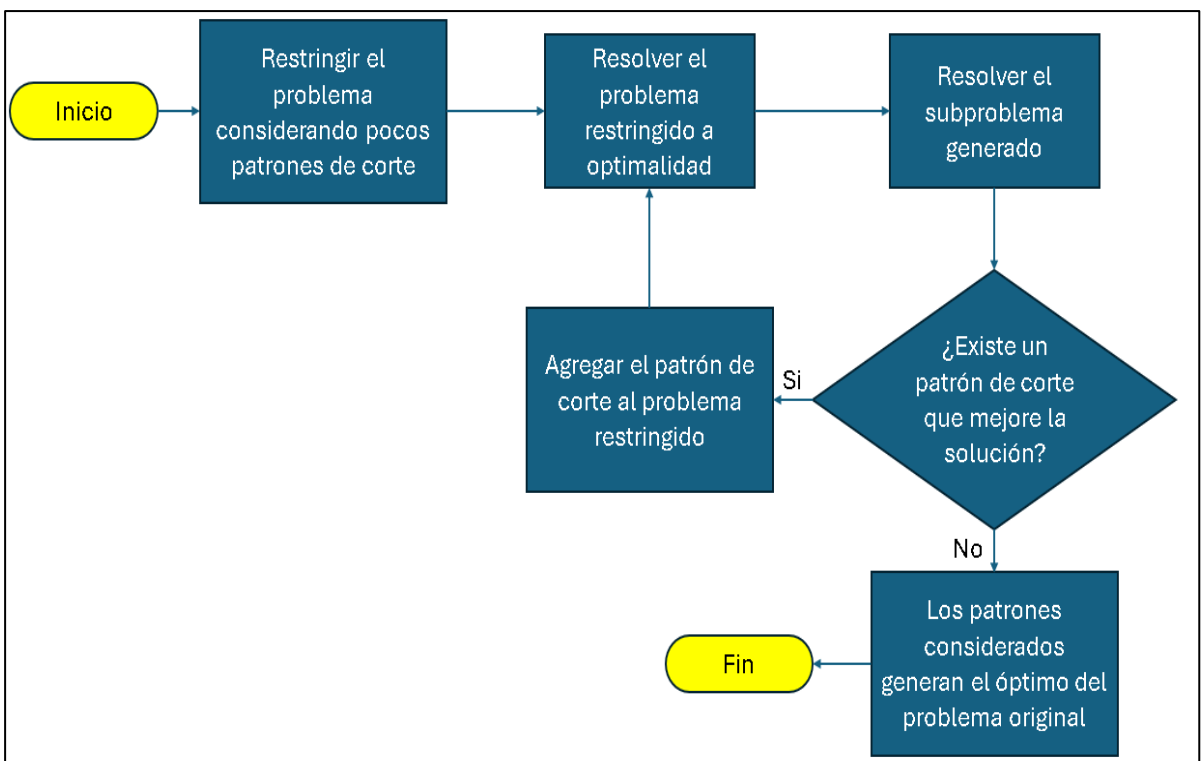
Por tanto, el criterio para agregar una variable o columna (patrón de cortes) es:

$$C_j^T - B^{-1}N_j < 0$$

En consecuencia, la columna resultante se obtendrá de resolver

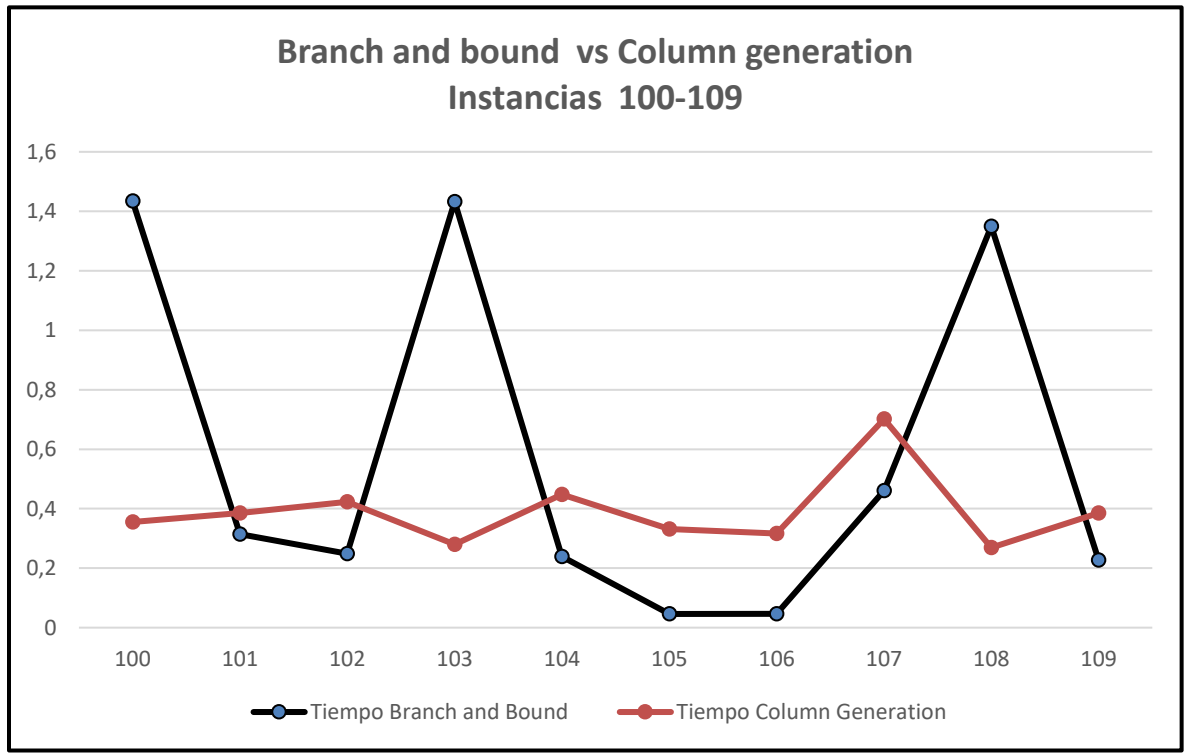
$$\min_j \{C_j^T - B^{-1}N_j\}$$

Esquema general del algoritmo empleado:

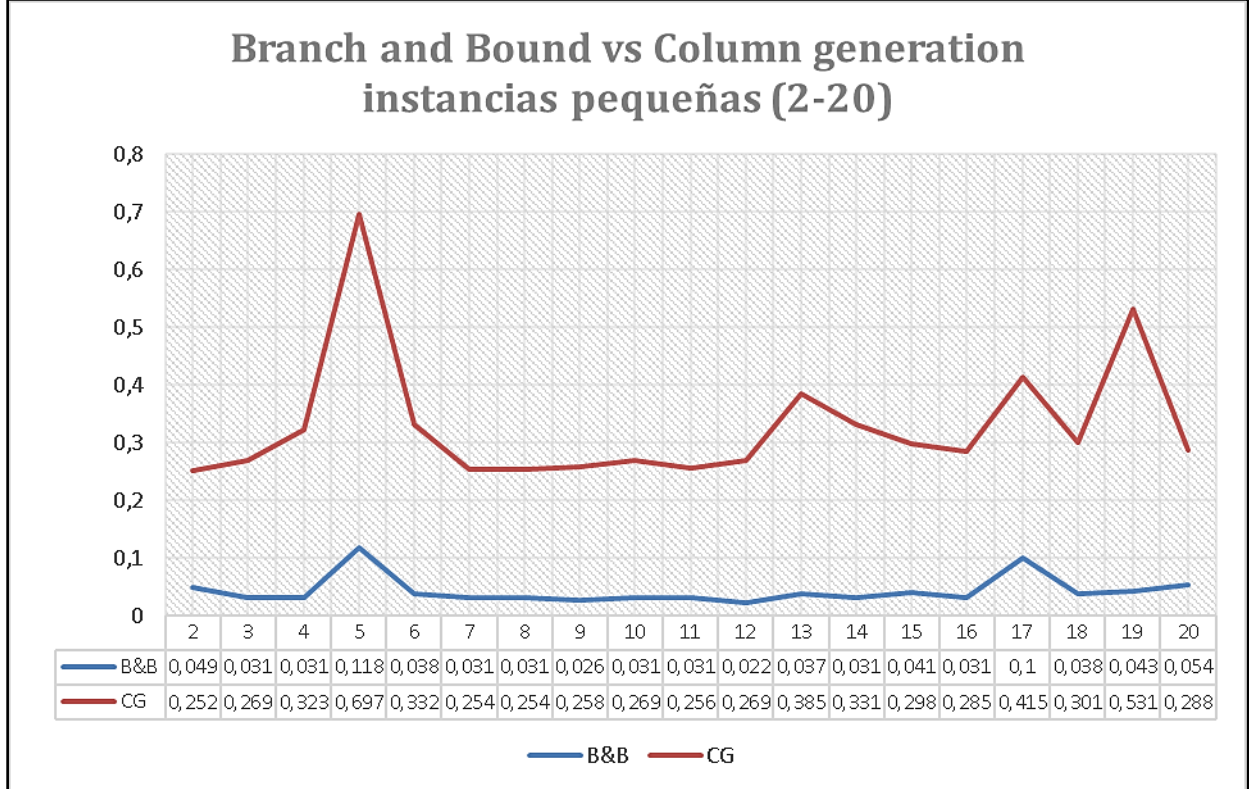


RESULTADOS

- La implementación del método de generación de columnas en el problema de patrones de corte mostró una mejora significativa en la eficiencia computacional en comparación con métodos tradicionales, como el ramificación y acotamiento. En pruebas realizadas con diferentes tamaños de problemas, el método de generación de columnas redujo el tiempo de cálculo en un 30-50% en instancias grandes, permitiendo encontrar soluciones casi óptimas con un menor uso de recursos computacionales.



- En instancias (de 100 – 109 tamaños distintos) la generación de columnas (Rojo) empieza a aventajar al Branch and bound o ramificación y acotamiento (Azul).



- En las simulaciones de 2 y 20 tipos de corte, el algoritmo de generación de columnas tardó entre 0,202 y 0,579 segundos adicionales.

CONCLUSIONES

- El método es escalable y eficiente para resolver el problema de patrones de corte, especialmente en aplicaciones industriales que manejan grandes volúmenes de material. Su capacidad para descomponer problemas grandes en subproblemas más manejables lo hace superior a otros métodos tradicionales, mejorando el tiempo de solución en instancias de gran tamaño.
- El método es flexible, y tanto el RMP como los subproblemas (siempre que se obtenga una columna factible) no requieren ser óptimos, por lo que deja margen de mejora.
- En las simulaciones realizadas, el algoritmo mostró un tiempo de ejecución superior al del método de ramificación y acotamiento cuando se consideraban entre 2 y 20 tamaños de corte. Por lo tanto, el verdadero beneficio del método se hace evidente cuando se trabaja con más de 20 tamaños de corte.