

## Cálculo optimizado de los parámetros del Hidromotor con Cilindros Tangenciales

### Resumen

En el trabajo se traza la estrategia a seguir para determinar los parámetros de diseño del hidromotor con cilindros tangenciales, utilizando técnicas de optimización y tratamiento del modelo matemático con grafos bicromáticos para establecer el algoritmo de cálculo. Se parte de lo general a lo particular, por lo que el trabajo puede servir de guía para implementar cálculos optimizados de otros entes mecánicos.

### Palabras claves

Modelo matemático, Grafos, Optimización, Hidromotores, Diseño mecánico

### Desarrollo

Optimizar los cálculos ingenieriles tiene gran importancia, porque permite lograr máquinas con las mayores prestaciones: seguridad de explotación, costos de mantenimiento racionales, vida útil elevada, gran potencia específica y otros al costo más razonable. Acción esta decisiva para lograr máquinas con relaciones de calidad - costo competitivas. La decisión de cuál es la mayor alternativa se pueden tomar aplicando las técnicas que se explican aquí.

### Procedimiento de cálculo

Los procedimientos de cálculo en ingeniería pueden ser representados de la siguiente forma:

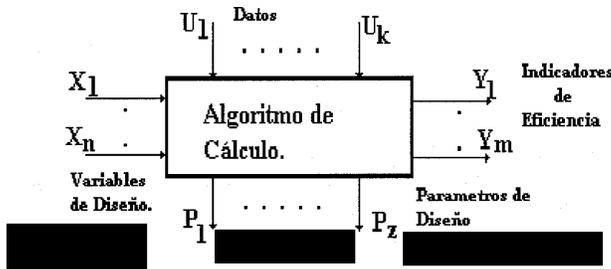


FIG. 1. REPRESENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

El algoritmo de cálculo se obtiene del modelo matemático del ente a diseñar. Por modelo matemático M se entiende un conjunto de relaciones R y variables X

$$M \circledast R, x > \quad (1)$$

Algoritmo es: Secuencia de cálculo. Para definir el algoritmo trazamos el grafo bicromático del modelo y definamos el conjunto de variables de entrada E y el de salida S que es definir el Problema

$$E = \text{Datos} + \text{Variables de diseño } (U_k + X_n)$$

$$S = \text{Indicadores de eficiencia} + \text{Parámetros óptimos de diseño } (U_m + P_z)$$

El problema se plantea sobre el grafo del modelo eliminando E y sus aristas, a continuación se orienta el grafo de las relaciones a las incógnitas obteniendo el grafo del Pareo que es la base para definir el algoritmo de cálculo según [1].

Optimizar consiste en que una función Z llamada función objeto que depende de los indicadores de eficiencia, alcance un valor mínimo (ó máximo) (4), aquí debe observarse que se cumplen las restricciones que son los cotas que limitan los valores de las variables.

La tarea se plantea así

$$\text{Min } Z = W_1 \frac{Y_1(X, y)}{Y_1(x, y)} \dots + W_m \frac{Y_m(x, y)}{Y_m(x, y)}$$

Restricciones:

$$Y_j \leq b_j; j = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max}; i = 1, \dots, n$$

$$p_n^{\min} \leq p_n \leq p_n^{\max}; n = 1, \dots, Z$$

Tiene que cumplir que:

$$\sum_{i=1}^m W_m = 1$$

El valor de w (peso) se establece en funciones de la importancia que el diseñador le confiera al indicador

de eficiencia. Indicadores de eficiencia es el subconjunto de salida que se optimiza. Para que las unidades de los indicadores de eficiencia no influyan sobre el valor de la función Z, ésta se normaliza dividiéndolos por su valor medio de ésta.

## Métodos de optimización empleados

El método de optimización depende de la naturaleza de la variable a optimizar y la cantidad de variantes, cuando son alrededor de los 5 000 un método fácil de implementar es el Método de Búsqueda Exhaustiva, cuando las variables son discretas. Para optimizar los parámetros de carácter continuo uno de los métodos más sencillos y eficientes lo constituyen el "Corte de Oro", que consiste en dividir el dominio [a,b] de la variable continua y determinar la imagen Z para esos puntos y eliminar la parte del dominio donde es más grande Z (cuando se minimiza). Este procedimiento se ilustra en la figura 2.

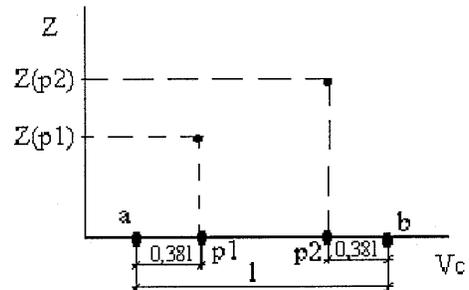


FIG. 2 REPRESENTACIÓN DEL MÉTODO DEL "CORTE DE ORO"

En la figura 3, que muestra un algoritmo que usa el método, como resultado se obtienen los valores de la función objeto y de la variable continua Vc óptima de las variantes que cumplen con los restricciones y eliminan las variantes que no cumplen con éstas. El método de búsqueda exhaustiva consiste en ordenar los valores de la función objeto, para determinar cuál es la variante óptima.

## Algoritmo B para el cálculo optimizado del ente mecánico.

- Generar las variantes, son función de los datos y las variables de diseño continuas.
- Aplicar el algoritmo A a todas las variantes generadas.
- Método de búsqueda exhaustiva.
- Calcular los parámetros de diseño a la variante de menor Z.

## Cálculo del HCT

Primero se establece el algoritmo de cálculo, partiendo del modelo en [3]. Se define el conjunto de entrada E y el conjunto de salida S

$E = \{ x, y \}$ ;  $x = \{ Vd, Vc \}$ ; Vd : Variables discretas; Vc : Variables continuas.

$Vd = \{ Zc, dc, \# \text{ entero}, nc \}$

$Vc = \{ y_{bm} \}$

$U = \{ [Gcp], Rn, y_{hm}, Mt, pos, Kh \text{ dis}, n, Rp, h_{mec}, Vmax, h_{vc} \}$

$S = \{ Y, P \}$

$Y = \{ h, Nu, Dn \}$

$P = \{ dr, b, m, Z, q, h, Ns, p, c \}$

Con el problema planteado se traza el grafo del pareo.

El próximo paso es generar las variantes en [2] se dan los diámetros de los cilindros  $dc = (40 \dots 200)$  escalando según ISO 3320. La cantidad de cilindro  $Zc = (3 \dots 10)$ , # entero =  $(3 \dots 8)$  número de ciclo  $nc = (4 \dots 10)$  y el coeficiente  $y_{bm} = (1,5 \dots 9)$ .

$V_1 = (dc_1, Zc_1, \# \text{ entero}_1, nc_1)$

.

.

$V_{ultimo} = (dc_{ultimo}, \dots, nc_{ultimo})$

Las restricciones del problema son que  $0.7 p_{max} \leq p \leq p_{max}$ ;  $Dn \leq 10\%$ ;  $V \leq V_{max}$

En el algoritmo B después se aplica el método de búsqueda exhaustiva. Se sabe cuál es la variante óptima y su  $y_{bm}$ . Y para esta variable se calculan los parámetros de diseño.

## Conclusiones

Los algoritmos mostrados en este trabajo son fácilmente implementables en programas de computación, para calcular los parámetros de diseño de la solución óptima de cualquier tipo de ente mecánico.

Estos software son más útiles, cuando son interactivos con el usuario, de forma tal que se puedan cambiar los pesos de las variables de decisión y tener todas las soluciones óptimas en pantalla.

La debilidad del método propuesto es el pequeño número de variantes a analizar

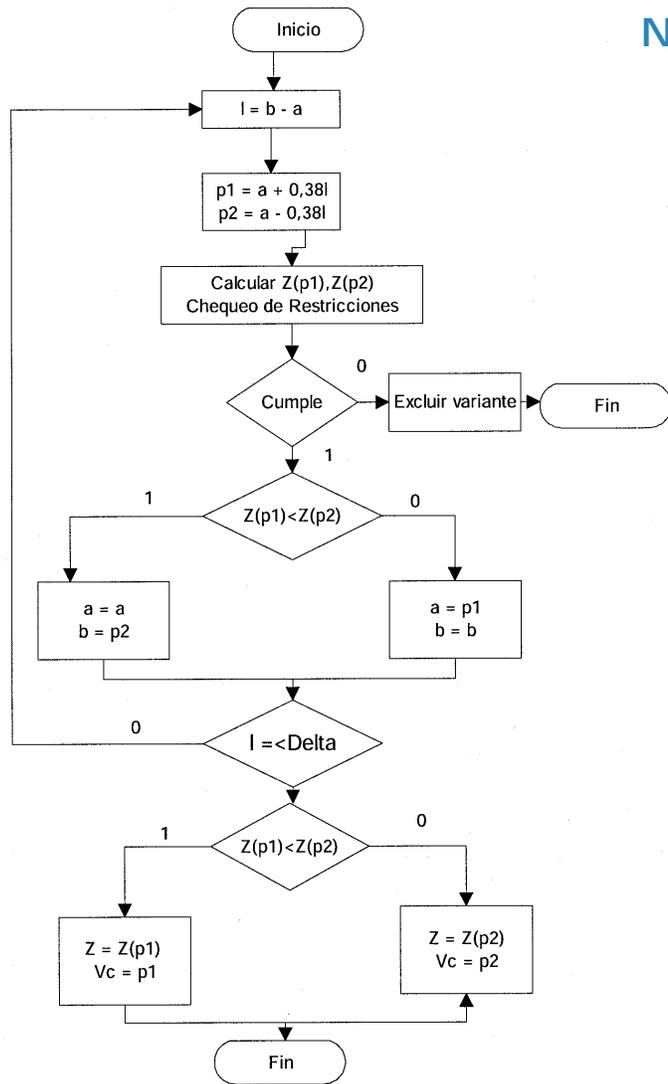


FIG. 3. ALGORITMO A PARA OPTIMIZAR APLICANDO EL MÉTODO DEL "CORTE DE ORO"

## Referencias

1. Martínez Escanaverino, J: Algorimia del diseño mecánico. En: Memorias del III Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica.
2. Morejón Vizcaino, G: Desarrollo del Hidromotor con Cilindros tangenciales. Tesis presentada por opción del título de Master en Ciencias, ISPJAE, 1996.
3. Morejón Vizcaino, G: Modelo matemático del Hidromotor con cilindros tangenciales. En: Memorias del III Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica.
4. Boizan, RJ. Optimización, Ed Pueblo y Educación, La Habana, 1993.
5. Arzola, RJ. Selección de Propuesta, Ed Científico Técnica, La Habana, 1989.

**Genovevo Morejón Vizcaino**

Departamento Mecánica Aplicada, Facultad Ingeniería Mecánica, Instituto Superior José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.