

## CONTORNOS ESTRUCTURALES

Un contorno estructural se forma como el resultado de seguir, por medio de una línea ininterrumpida, a lo largo de los eslabones y pares cinemáticos, desde una unión al bastidor a otra, o desde la fijación de un eslabón móvil a otro regresando obligatoriamente al punto de partida.

Se considera un contorno como independiente si se diferencia de los otros por lo menos en un eslabón o en un par cinemático. Se considera como número de contornos independientes de un mecanismo el número mínimo de estos, en los cuales ya entran todos los pares cinemáticos y eslabones que lo conforman.

Ampliaremos estos conceptos en el ejemplo del mecanismo mostrado en la figura 1.

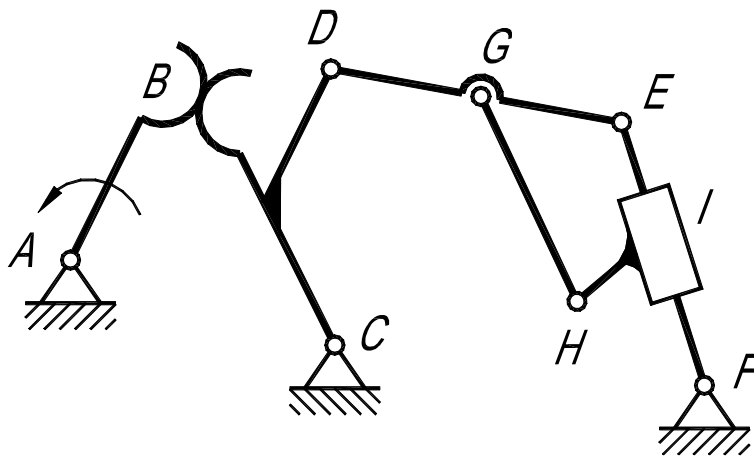


Fig. 1. Mecanismo de tres contornos independientes

Encontraremos el número de contornos cerrados  $k$  en este mecanismo.

De acuerdo a la definición se pueden apreciar los siguientes contornos cerrados:  $ABCA$ ;  $CDEFC$ ;  $CDGHIFC$ ;  $GHIEG$ .

En el mecanismo mostrado es posible denotar cuatro contornos, pero independientes en los cuales ya entran todos los pares cinemáticos y eslabones serán sólo tres. Estos son o los contornos:  $ABCA$ ;  $CDEFC$ ;  $CDGHIFC$  o los contornos:  $ABCA$ ;  $CDEFC$ ;  $GHIEG$ . Es decir el mecanismo estudiado tiene tres contornos cerrados (circuitos) independientes ( $k = 3$ ).

La expresión para calcular el número de contornos independientes de un mecanismo es:

$$k = p - n \quad (1)$$

Donde  $p$  es el número total de pares del mecanismo y  $n$  es el número de eslabones móviles.

El mecanismo de la Figura 1 tiene nueve pares ( $p = 9$ ) y seis ( $n = 6$ ) eslabones móviles. De acuerdo a la fórmula (1) el número de contornos independientes es tres (3).

## REPRESENTACIÓN ESTRUCTURAL DE MECANISMOS POR MEDIO DE GRAFOS

Teniendo en cuenta que los mecanismos (cadenas cinemáticas) son un conjunto de eslabones unidos por medio de juntas o pares cinemáticos, este conjunto de juntas y eslabones puede ser representado en una forma más abstracta denominada *grafo*.

En una representación en grafo

los vértices representan los eslabones  
y  
las aristas los pares cinemáticos.

La conexión por medio de aristas entre los vértices corresponde a la conexión por medio de pares entre los eslabones. Para denotar la diferencia entre las distintas conexiones por diversos tipos de juntas, las aristas pueden ser etiquetadas o coloreadas.

Comúnmente el número de movibilidades de un par (arista) se representa por medio de líneas paralelas, tantas como grados de movilidad tenga la junta. Por medio de líneas gruesas se muestran las aristas *raíz* que corresponden a los pares cinemáticos que constituyen las entradas del mecanismo.

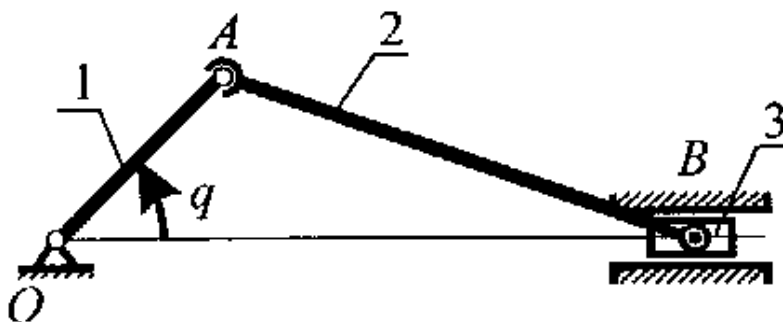


Fig. 2a

$$I_1^G \rightarrow II_{2,3}^{ECP}$$

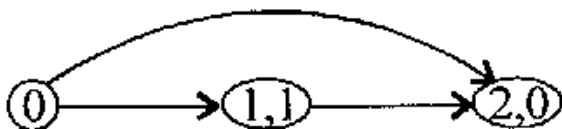


Fig. 2b

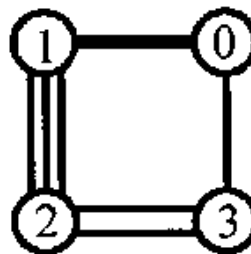


Fig. 2c

En la figura 2 se muestra el diagrama cinemático 2a, la fórmula estructural, el grafo estructural 2b y el grafo 2c, del mecanismo de cuatro eslabones en su ejecución espacial. Nótese que en el grafo estructural se denotan en los vértices el número de eslabones que conforman cada grupo y su movilidad.

## VENTAJAS DEL USO DE LA REPRESENTACIÓN POR MEDIO DE GRAFOS

Las ventajas del uso de grafos en la representación de mecanismos son:

1. Muchas de las propiedades de red de los grafos son directamente aplicables. Por ejemplo, se puede aplicar la ecuación de Euler para obtener el número de circuitos independientes.

$$L = e - v + 1$$

Donde  $L$  es el número de contornos independientes

$e$  es el número de aristas

$v$  es el número de vértices

**Nota:** Se supone aquí que las cadenas cinemáticas abiertas conforman un contorno independiente.



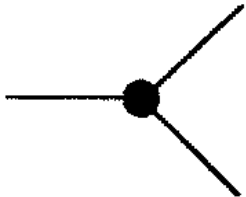
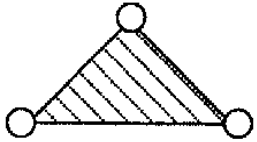
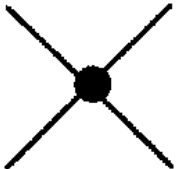
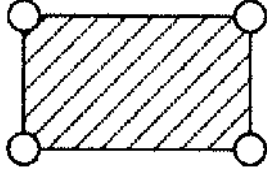
2. La topología estructural de un mecanismo puede ser identificada de manera incomparable. Usando la representación por grafos las similitudes y diferencias entre dos diferentes “personificaciones” del mecanismo pueden ser fácilmente reconocidas.
3. Los grafos pueden ser usados para el desarrollo del análisis cinemático y dinámico asistido por computadora.
4. La Teoría de Grafos puede ser empleada para la enumeración sistemática de mecanismos.
5. Los grafos pueden ser usados para una clasificación sistematizada de mecanismos. Un atlas sencillo de grafos puede ser usado para enumerar un número enorme de

mecanismos. Esto obvia la necesidad de un atlas individual de cadenas cinemáticas confeccionado para cada aplicación.

- Los grafos pueden ser usados como ayuda para el bosquejamiento automatizado de mecanismos.

## TIPOS (SURTIDO) DE ESLABONES Y SU REPRESENTACIÓN POR GRAFOS

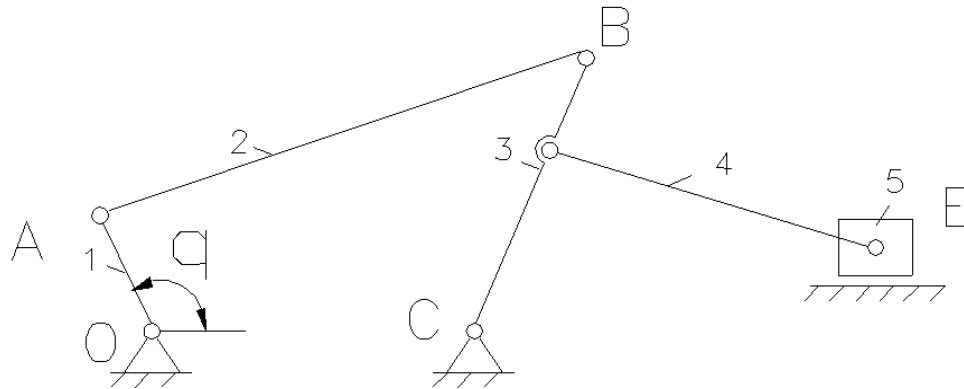
Los eslabones en un mecanismo pueden ser agrupados de acuerdo al número de pares en los que “entran”, son llamados generalmente *binarios*, *ternarios*, *cuaternarios* dependiendo si toman parte de dos, tres ó cuatro pares correspondientemente. La tabla 1 muestra la representación cinemática y de grafo de estos eslabones.

Grafo	Esquema cinemático	Denominación
		Eslabón binario
		Eslabón ternario
		Eslabón cuaternario

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE MECANISMOS

El objetivo del análisis estructural de un mecanismo es la determinación de la cantidad de eslabones y pares cinemáticos, clasificación de estos últimos, determinación de la movilidad de los pares, los grados de libertad del mecanismo. Identificación de los grupos estructurales – cadenas cinemáticas. Composición de los grafos y fórmula estructural del mecanismo.

**Ejemplo.** Dado el mecanismo de la figura 2, realizar el análisis estructural del mismo



**Fig. 2. Esquema cinemático del mecanismo**

1. Eslabones del mecanismo: 1- Manivela; 2, 4 – Biela; 3 – Balancín; 5 – Deslizador.
2. Entradas del mecanismo (una coordenada generalizada  $q$ , O-A)
3. Número de eslabones móviles  $n = 5$ ; número de pares cinemáticos  $p = 7$ . Estos últimos todos de una movilidad (V clase).
4. Grados de libertad: Mecanismo existente en espacio de tres movibilidades (mecanismo plano).

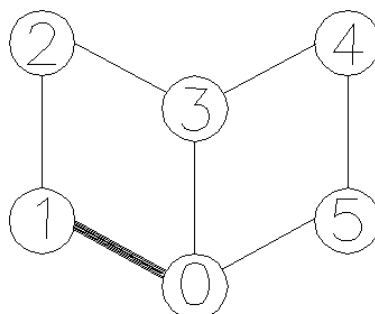
$$W = 3 \cdot n - 2p_1 - p_2 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 1$$

5. El número de entradas del mecanismo coincide con el número de grados de libertad, no hay ligaduras excesivas ni grados de libertad redundantes.
6. Número de contornos independientes

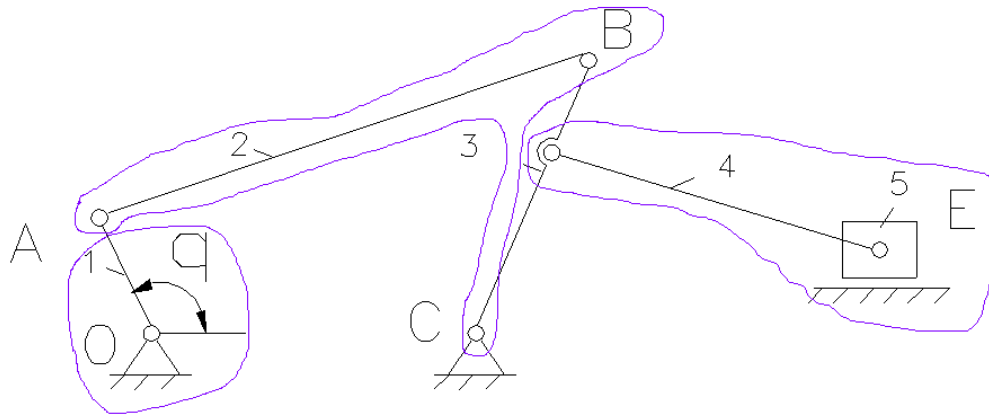
$$k = p - n = 7 - 5 = 2$$

Contornos independientes : 0-1-2-3-0 y 0-3-4-5-0

7. Grafo del mecanismo



8. Identificación de los grupos de Assur

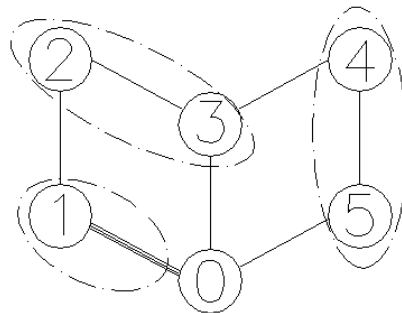


9. Fórmula estructural del mecanismo

El Mecanismo se forma de la siguiente manera: Al bastidor 0 se une el eslabón primario 1 y dos grupos de Assur de dos eslabones: GGG (eslabones 2 y 3) y GGD (eslabones 4 y 5)

$$I_1^R \rightarrow II_{2,3}^{RRR} \rightarrow II_{4,5}^{RRP}$$

10. Identificación de grupos por medio de subgrafos en el grafo:



11. Grafo estructural del mecanismo

