



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Teoria de Màquines i Mecanismes

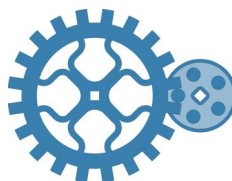
Classificació dels mecanismes plans

Salvador Cardona

Lluïsa Jordi

Enrique Zayas

2015



Departament d'Enginyeria Mecànica

CLASSIFICACIÓ DELS MECANISMES PLANS

PRINCIPI FONAMENTAL DE LA FORMACIÓ DE MECANISMES

El principi fonamental de formació de mecanismes va ser proposat per L.V. Assur en el 1914. Aquest científic va proposar i desenvolupar el mètode de formació de mecanismes com una superposició successiva de cadenes cinemàtiques que tenen unes propietats estructurals determinades.

Aquest mètode es pot seguir fàcilment analitzant un mecanisme concret, per exemple el mostrat a la figura 1. Aquest mecanisme té cinc baules o membres mòbils units amb set parells cinemàtics de 5a classe. El seu nombre de graus de llibertat w , si no hi ha redundàncies, és

$$w = 3n - 2p_V - p_{IV} \quad [1]$$

on n és el nombre de baules o sòlids mòbils, p_V és el nombre de parells cinemàtics de cinquena classe (a l'espai eliminen 5 possibilitats de moviment relatiu i en el pla 2) i p_{IV} és el nombre de parells cinemàtics de quarta classe (a l'espai eliminen 4 possibilitats de moviment relatiu i en el pla 1).

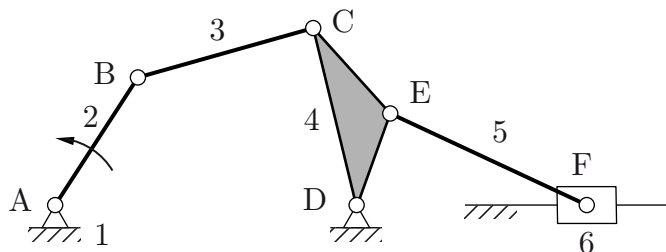


Figura 1

El procés de formació d'aquest mecanisme es pot concebre com la unió, en primer lloc, de la cadena cinemàtica formada per les baules 3 i 4 al bastidor 1 i a la baula primària o conductora 2. Aleshores, es té el mecanisme de quatre barres ABCD que té un grau de llibertat. A continuació, a la baula 4 del mecanisme ABCD se li uneix la cadena cinemàtica formada per la baula 5 i la correa 6. D'aquesta manera, s'obté el mecanisme de 6 baules o membres que té un grau de llibertat.

No sembla difícil establir una llei de formació dels mecanismes. Per la seva concepció tot mecanisme té una baula immòbil –el bastidor–, la baula 1 del mecanisme de la figura 1. El mecanisme ha de tenir també tantes baules primàries o conductores



–a les quals poder introduir directament un moviment independent– com graus de llibertat. En el cas del mecanisme de la figura 1 la baula 2 ja que el nombre de graus de llibertat és 1. Si cal indicar les baules primàries o conductores és costum indicar-les amb una fletxa com la de la figura 1.

Després d’afegir entre el bastidor i la baula primària o conductora les baules 3, 4, 5, i 6 el nombre de graus de llibertat del mecanisme continua sent 1; així doncs, el grup d’elements format per aquestes baules, els parells cinemàtics entre elles i els parells cinemàtics amb les baules ja existents, no ha afegit cap grau de llibertat. Aquest grup pot ser entès com una cadena cinemàtica amb parells cinemàtics lliures –els que s’utilitzen per unir-la amb les baules existents.

S’anomena grup estructural o grup d’Assur a una cadena cinemàtica amb parells cinemàtics lliures i situats en baules diferents –baules d’arrossegament– que no modifica el nombre de graus de llibertat de la cadena a la qual s’afegeix o de la qual s’elimina i que no es pot dividir en cadenes cinemàtiques amb parells lliures més senzilles que no modifiquin el nombre de graus de llibertat. El nombre de graus de llibertat d’un grup d’Assur, comptabilitzat amb l’expressió 1 i incloent la cadena cinemàtica i els parells lliures, és nul. Afegir o eliminar un grup d’Assur en un mecanisme ja existent no modifica el nombre de graus de llibertat si no modifica les condicions de redundàncies en el mecanisme. Si s’uneix un grup estructural al bastidor mitjançant els seus parells lliures s’obté una cadena cinemàtica de zero graus llibertat.

Tornant al mecanisme de la figura 1, es pot veure que encara que el grup de baules 3, 4, 5 i 6 i els seus parells cinemàtics lliures tinguin zero graus de llibertat no són un grup estructural ja que aquest grup es pot dividir en dos grups més simples que no aporten ni eliminen graus de llibertat: el format per les baules 3 i 4 i el format per les baules 5 i 6. Aquests últims sí són grups estructurals o d’Assur. En resum, el mecanisme de la figura 1 està format per: el bastidor 1, la baula conductora 2 i dos grups estructurals addicionals.

Si els parells lliures d’un grup estructural s’unissin a un sòlid rígid s’obtindria de fet el mateix sòlid rígid, això sí, de geometria més o menys diferent, ja que el grup estructural no modifica el nombre de graus de llibertat. Per tal que un grup estructural modifiqui un mecanisme cal que el grup mantingui la mobilitat entre les seves baules i per tant que els parells lliures no s’uneixin a una única baula. En la figura



2b es pot veure que el grup estructural format per la cadena 5 i 6 no modifica el mecanisme si els seus dos parells lliures s'uneixen a la mateixa baula.

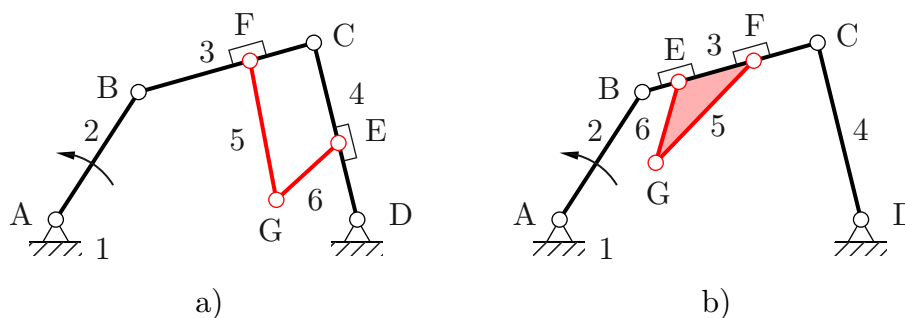


Figura 2

CLASSIFICACIÓ ESTRUCTURAL DELS MECANISMES PLANS

Els mecanismes més utilitzats a la indústria són els mecanismes plans. Per aquesta raó es fa especial atenció als principis de classificació estructural d'aquests mecanismes. En els mecanismes plans, els parells inferiors només poden ser de revolució –articulacions– i prismàtics –guia-corredora–, ambdós de cinquena classe. En aquests mecanismes, els parells superiors són de contacte puntual en el pla, amb lliscament o sense lliscament i es poden classificar com: piu-guia (amb lliscament), lleva-palpador (rodolament amb lliscament) i rodolament sense lliscament (rodes de fricció, transmissions). El piu-guia i la lleva-palpador són de quarta classe i les rodes de fricció o transmissions de cinquena classe. El piu-guia, si la guia és recta, és cinemàticament equivalent en tota configuració accessible a un parell prismàtic amb una corredora articulada i, si la guia és circular, és equivalent, també en tota configuració accessible, a una barra amb dues articulacions. Per a una configuració particular i per a l'estudi de velocitats i acceleracions, el parell piu-guia és equivalent a una barra amb dues articulacions (una en el centre de curvatura de la guia i l'altra en el piu). També per a una configuració particular i per a l'estudi de velocitats i acceleracions, el parell lleva-palpador és equivalent a una barra amb dues articulacions (una en el centre de curvatura de la lleva i l'altra en el del palpador; si una superfície és plana l'articulació seria a l'infinit i passa a ser una guia-corredora).

Si es prescindeix del rodolament sense lliscament, que no s'imposa a nivell de la geometria del mecanisme sinó a nivell de velocitats i que en els mecanismes a l'espai pot donar lloc a la no holonomia –discrepància entre el nombre de graus de llibertat i el de coordenades independents–, la classificació dels mecanismes plans es



pot fer suposant que estan formats per cadenes cinemàtiques amb parells inferiors de cinquena classe.

Segons la classificació d'Artobolevsky aquests grups estructurals es poden dividir en classes i ordres.

GRUPS DE CLASSE I

Una baula primària o conductora juntament amb el bastidor i un parell cinemàtic entre ells de cinquena classe –sovint una articulació– formen el que convencionalment s'anomena grup estructural de classe I o de primera classe, figura 3.

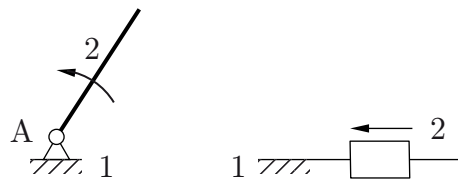


Figura 3. Grups de primera classe.

A la figura 4 es mostra l'esquema d'un mecanisme format per la incorporació a un mecanisme de primera classe dels grups estructurals formats per: les baules 3, 4, 5 i 6 (1a cadena), les baules 7 i 8 (2a cadena) i les baules 9 i 10 (3a cadena). Es comprova que aquestes cadenes cinemàtiques amb els seus parells lliures són grups estructurals, és a dir que no es poden dividir en grups més senzills.

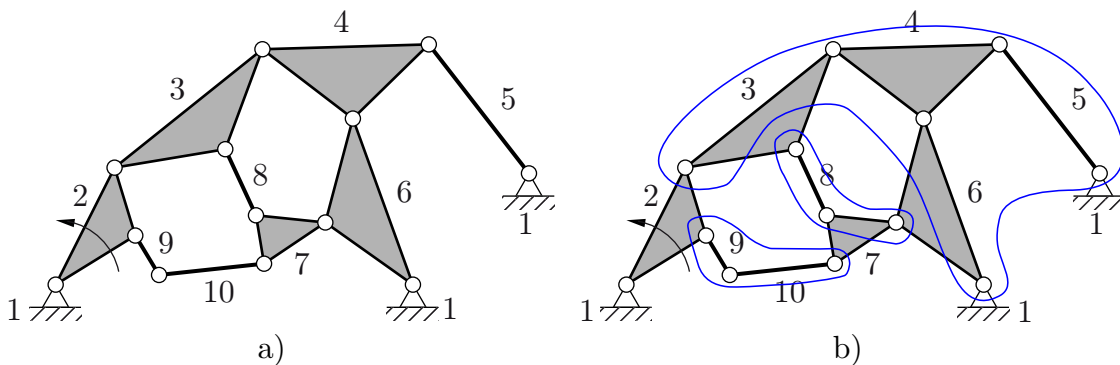


Figura 4

Es poden generar mecanismes de més d'un grau de llibertat incorporant grups estructurals a més d'un grup de primera classe. A la figura 5a es mostra un mecanisme d'un grau de llibertat format per un grup de primera classe i el grup estructural de cadena 3 i 4 i la figura 5b un mecanisme de dos graus de llibertat format per dos grups de primera classe i el mateix grup de cadena 3 i 4.



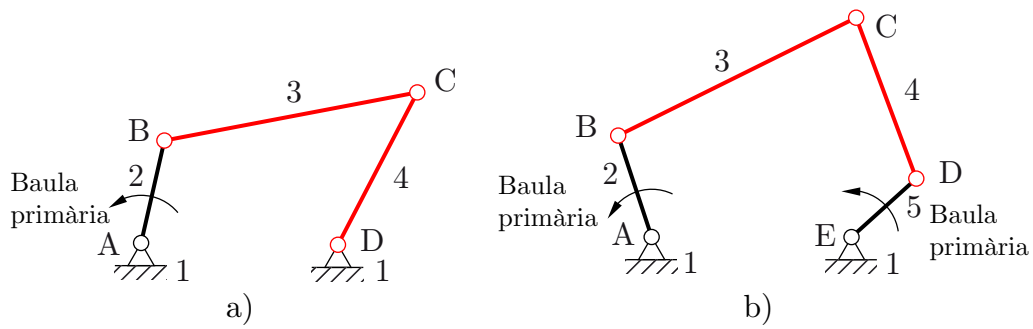


Figura 5

En un mecanisme pla en el qual els parells superiors de quarta classe s'han substituït per una baula amb parells inferiors de cinquena classe i pressuposant la no existència de redundàncies, el nombre de graus de llibertat, expressió 1, és $w = 3n - 2p_V$.

D'aquesta expressió, es dedueix que en els grups estructurals amb només parells de cinquena classe el nombre de baules i el nombre de parells verifiquen la relació $n = \left(\frac{2}{3}\right)p_V$. Com que aquests nombres han de ser enters, els possibles grups estructurals o d'Assur només poden tenir les següents combinacions de parells i baules.

n	2	4	6	8	...
p_V	3	6	9	12	...

Els grups que s'obtenen es divideixen en classes. La divisió dels grups en classes està lligada als mètodes d'anàlisi cinemàtica i d'anàlisis de forces propis dels grups de cada classe.

GRUPS DE CLASSE II

El grup format per la cadena 3 i 4 de la figura 5 és un grup estructural de segona classe o classe II, també anomenat diada. Està format per dues baules i tres parells de revolució; aquesta combinació d'elements s'anomena de primer tipus (o primera espècie) del grup de classe II. També es pot fer referència al tipus mitjançant el nom de la cadena: RRR, és a dir, segons el tipus de parells de cinquena classe que constitueixen el grup.



La resta de tipus o formes constructives del grup de segona classe s'obtenen substituint parells de revolució –R– per parells prismàtics –T. Així és té:

- Segon tipus: cadena RRT
- Tercer tipus: cadena RTR
- Quart tipus: cadena TRT
- Cinquè tipus: cadena TTR

Es podria pensar també en tres parells prismàtics. Si es fa ús d'aquesta possibilitat el grup incorporat té un grau de llibertat respecte al mecanisme original que en perd un, a causa que el grup d'Assur imposa un angle constant entre dues baules del mecanisme original. Si, per exemple, es manté el mecanisme original en repòs el grup es pot moure fent lliscar les corredores lliures sobre guies ja que en ser fixes al mecanisme mantenen l'orientació.

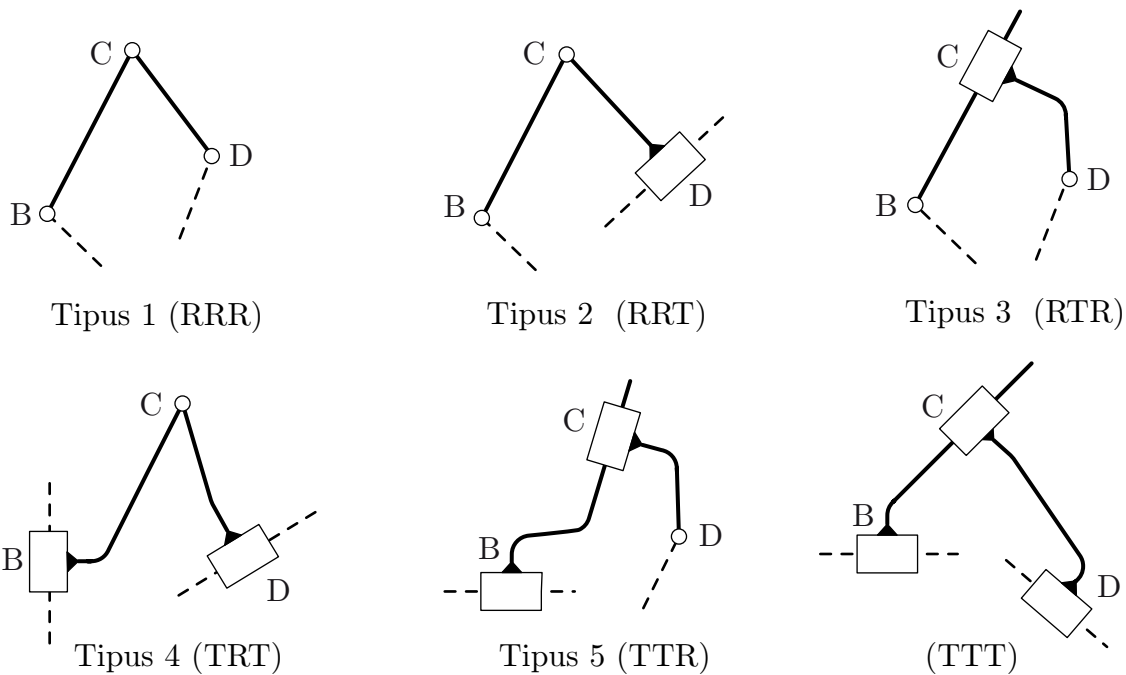


Figura 6. Grups de segona classe.

La majoria de mecanismes emprats en la tècnica són mecanismes de segona classe.

GRUPS DE CLASSE III

La següent combinació de nombre de parells i nombre de baules que verifica la relació $n = \left(\frac{2}{3}\right)p_V$ és la formada per 4 baules i sis parells de cinquena classe. Amb aquesta combinació és possible formar tres cadenes cinemàtiques. La primera es mostra a la figura 7a, està formada per la baula EGF unida a tres baules



d'arrossegament: EB, GC i FD. És una cadena cinemàtica oberta i s'anomena grup de tercera classe. La característica que distingeix aquest grup és la baula EGF que es pot considerar formada per les tres baules EG, GF i FE que generen una cadena tancada de tres elements i que dóna nom al grup, classe III. Algunes de les articulacions es poden substituir per parells prismàtics.

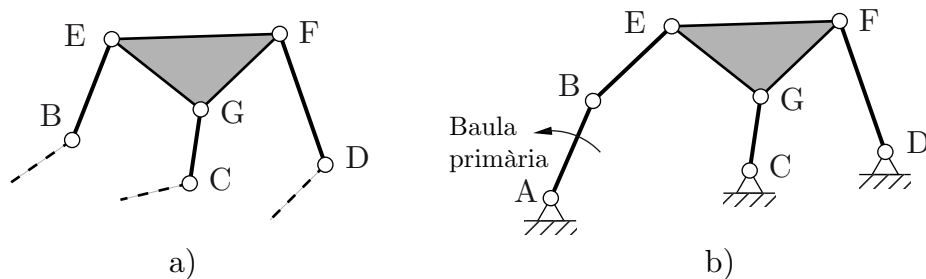


Figura 7. Grup i mecanisme de tercera classe.

El mecanisme de la figura 7b està format per un grup de classe I (Baula primària i bastidor) i un grup de classe III. La classe del mecanisme correspon a la classe del grup de classe més alta contingut en ell, per tant és un mecanisme de classe III.

GRUPS DE CLASSE IV

Amb 4 baules i sis parells inferiors s'obté la cadena cinemàtica de la figura 8a. És una cadena cinemàtica tancada que s'incorpora al mecanisme base mitjançant els parells lliures B i G que pertanyen a les baules triangulars EGF i CDB. Té un contorn tancat mòbil format per les quatre baules CE, EF, FD i DC. Els grups que tenen contorns tancats mòbils de quatre costats s'anomenen de quarta classe.

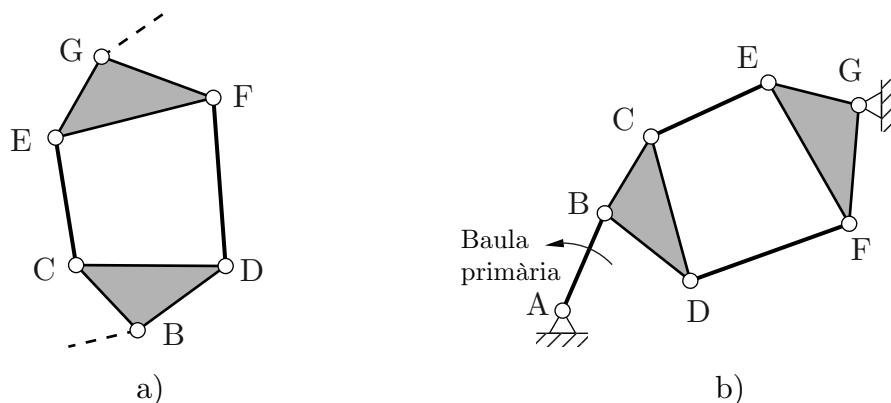


Figura 8. Grup i mecanisme de quarta classe.

A la figura 9, es mostra una altra cadena cinemàtica possible formada per 4 baules i sis parells. No forma un grup estructural nou ja que es pot dividir en dos grups de classe II.



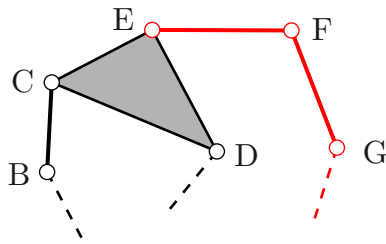


Figura 9. Cadena de 4 baules i 6 parells formada per dos grups de classe II.

CLASSE D'UN GRUP

En resum, seguint la classificació d'Artobolevsky, que és la utilitzada en aquesta monografia, la classe d'un grup, a partir de la segona, és igual al nombre de parells cinemàtics interns (no lliures) entre les baules de la cadena cinemàtica tancada més gran del grup.

CLASSE D'UN MECANISME

Si en la formació d'un mecanisme hi participen grups de classes diferents, tal com s'ha dit, la classe del mecanisme correspon a la del grup de classe més alta. Així doncs, per exemple, el mecanisme de la figura 4 és de classe III.

Per a la determinació de la classe d'un mecanisme és indispensable indicar quines de les baules són les primàries, ja que depenent de l'elecció pot variar la classe del mecanisme. Així per exemple, el mecanisme de la figura 10 és de classe III si s'escull com a baula primària l'AB i de classe II si s'escull la DF.

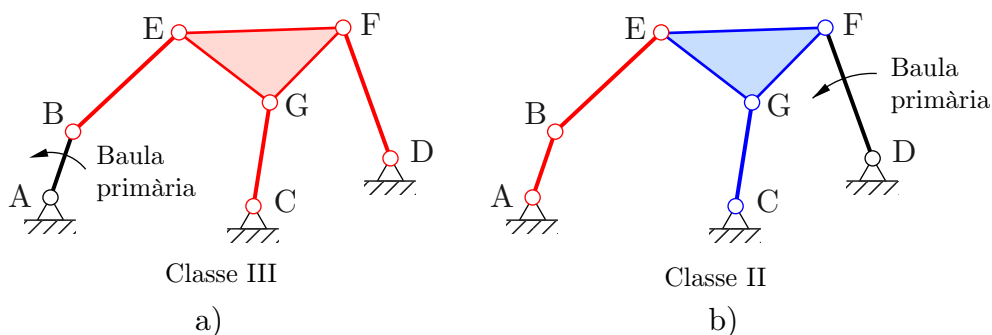


Figura 10. Classe d'un mecanisme en funció de la baula primària.



ORDRE D'UN GRUP

El nombre de parells lliures o de baules que els contenen –elements d'arrossegament– defineix l'ordre del grup. Així, per exemple, el grup format per les baules 3 i 4 de la figura 5 és de segon ordre; el grup de la figura 7a és de tercer ordre i el grup de la figura 8a és de segon ordre.

DETERMINACIÓ DE LA COMPOSICIÓ ESTRUCTURAL D'UN MECANISME

Per dividir un mecanisme en grups és recomanable seguir els següents passos. En primer lloc, cal identificar el bastidor i la baula (o les baules) primària. A continuació, cal intentar identificar ordenadament, en principi començant pels més allunyats de les baules primàries, successius grups de segona classe i separar-los, si n'hi ha, del mecanisme. Cada cop que se separa un grup cal verificar que el mecanisme resultant té el mateix nombre de graus de llibertat que el de partida i que no té parells lliures. Quan ja no hi ha grups de segona classe es passa als de tercera i així successivament. Després de separar tots els grups identificats ha de quedar només el bastidor i la baula primària (o baules primàries).

Si en un mecanisme hi ha també parells superiors aleshores cal substituir-los per parells inferiors tal com s'ha explicat anteriorment. Així, per exemple, a la figura 11a es mostra l'esquema d'un mecanisme de lleva de rotació amb corrons. Si s'analitza el nombre de graus de llibertat amb l'expressió 1 i no s'imposa la condició de no lliscament en el contacte dels corrons es té:

$$w = 3n - 2p_V - p_{IV} = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 5 - 1 \cdot 2 = 3$$

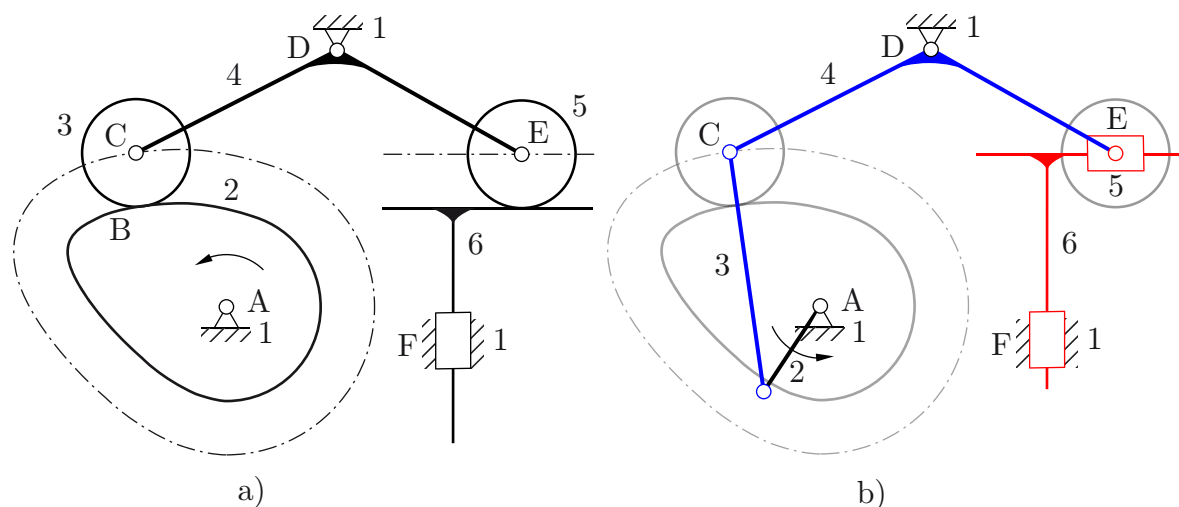


Figura 11. Mecanisme amb parells superiors a) i mecanisme equivalent amb parells inferiors b).

Els dos graus de llibertat que corresponen a la rotació dels corrons sobre el seu eix no afecten el moviment del palpador i tenen noms com: graus de llibertat redundants, superflus... Es pot prescindir de la rotació d'aquests corrons, per exemple imaginant-los fixos en els seus eixos, substituir el contacte lleva-corró per una barra articulada en els centres de curvatura respectius i el contacte palpador-corró per un parell prismàtic. D'aquesta manera es té el mecanisme equivalent només amb parells inferiors de cinquena classe (i vàlid només per a l'estudi de velocitats i acceleracions en la configuració dibuixada) de la figura 11b.

Si s'agafa la baula 2 com a primària les baules 5 i 6 formen un grup de classe II tipus 5 i les baules 3 i 4 formen un grup de classe II tipus 1. Es tracta doncs d'un mecanisme de classe II.

Si s'agafa la baula 6 com a primària les baules 2 i 3 formen un grup de classe II tipus 1 i les baules 4 i 5 un grup de classe II tipus 2.

Si s'agafa la baula 4 com a primària les baules 2 i 3 formen un grup de classe II tipus 1 i les baules 5 i 6 un grup de classe II tipus 5.



Bibliografia.

I. I. Artobolevski. Théorie des Mécanismes et des Machines. Moscou. Editions MIR , 1977.

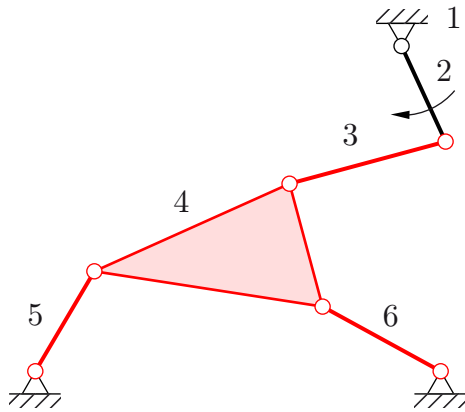
G. G. Baránov. Curso de la Teoría de Mecanismos i Máquinas. Moscou. Ediciones MIR, 1979.



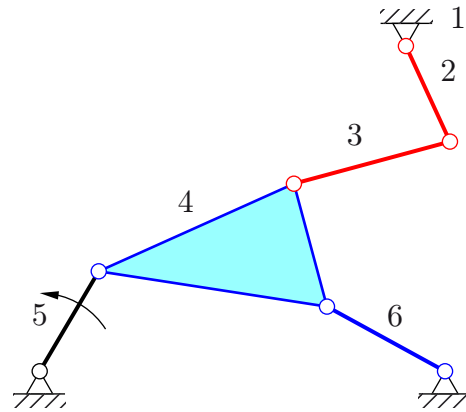
Exercicis

Per a cada mecanisme de les figures següents es mostra la seva descomposició en grups d'Assur emprant com a baules primàries o conductores les indicades. Es proposa que per a cada mecanisme:

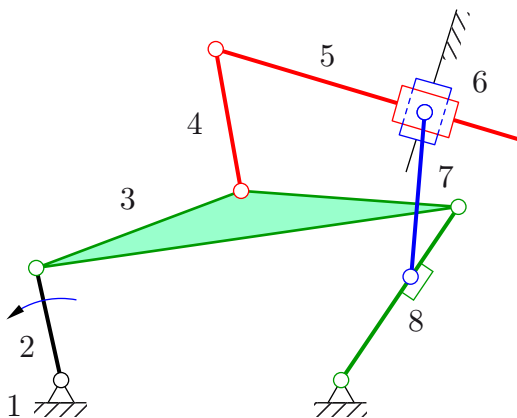
- Determineu per inspecció directa justificada, i també emprant el criteri de superposició de restriccions de moviment (Grübler), el seu nombre de graus de llibertat.
- Feu l'anàlisi estructural i la descomposició en grups d'Assur del mecanisme fent ús d'altres possibles baules primàries. Per a les baules primàries assenyalades a la figura indiqueu la classe i l'ordre dels grups estructurals que componen el mecanisme.



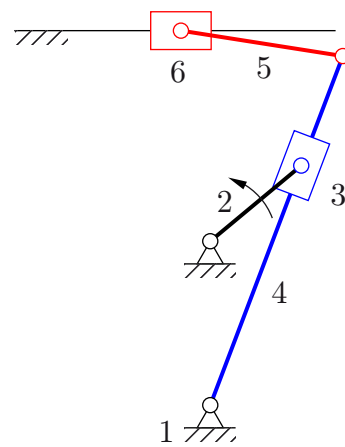
a)



b)

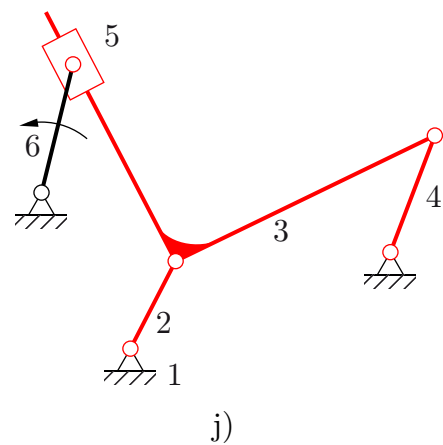
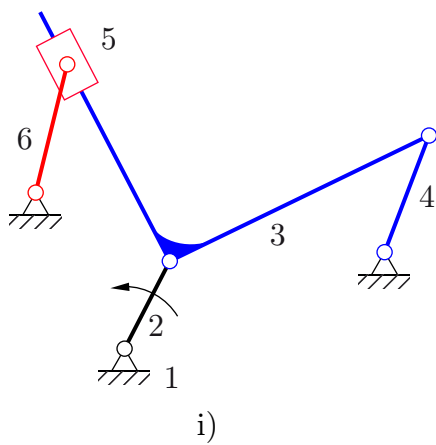
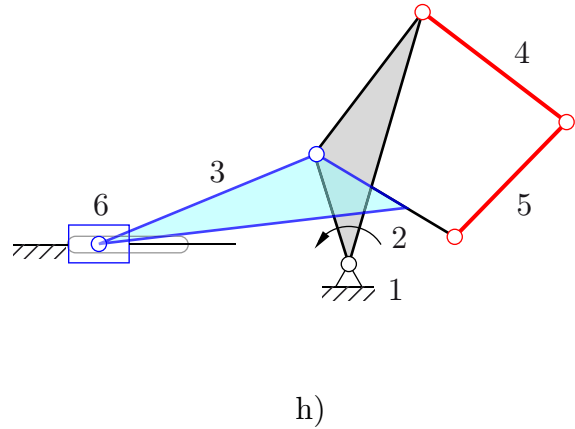
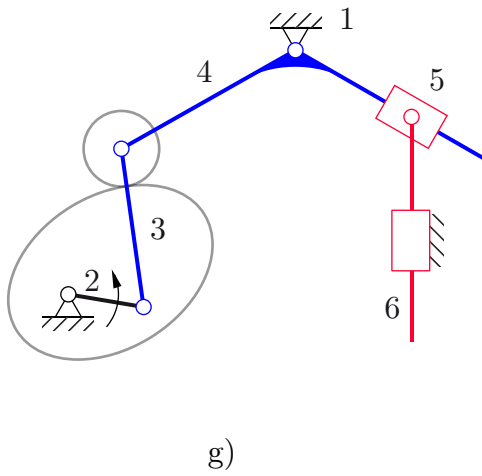
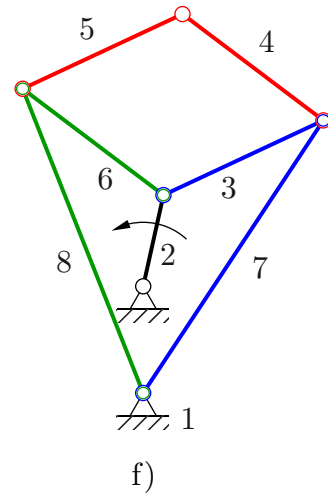
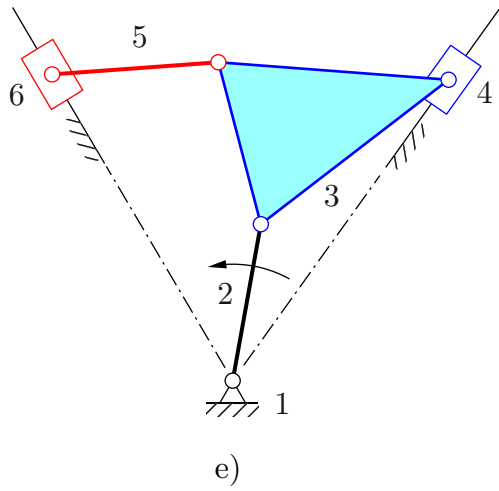


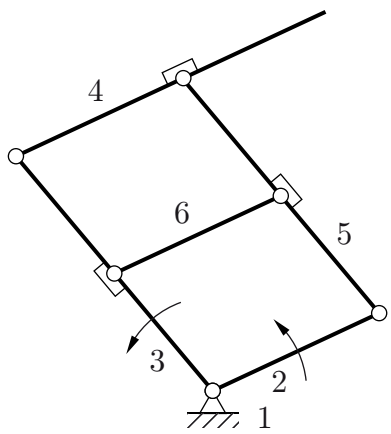
c)



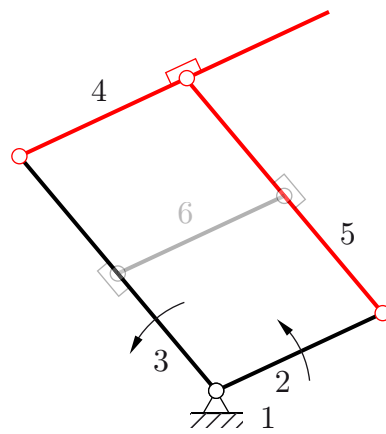
d)



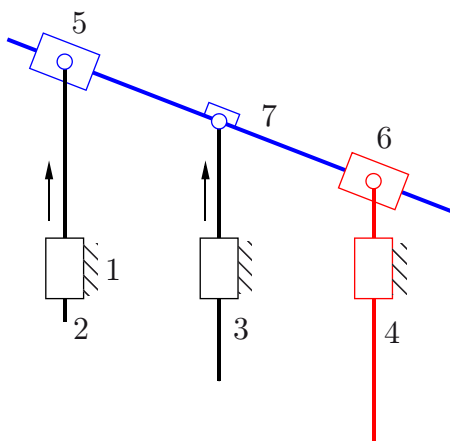




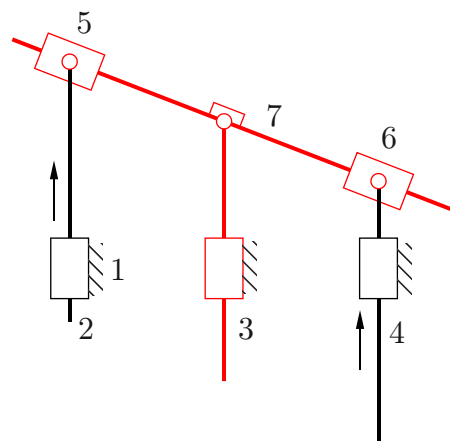
k)



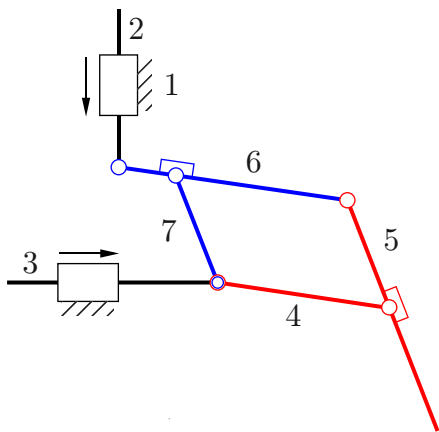
l)



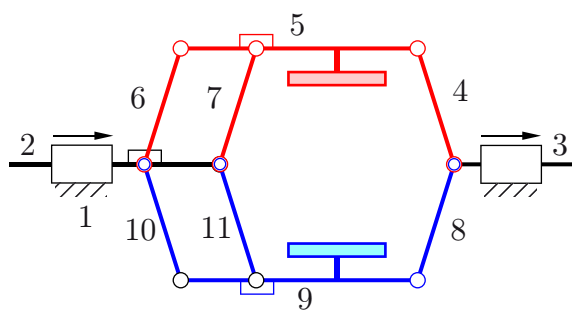
m)



n)



o)



p)



Solucions. Composició estructural dels mecanismes

- a) 1 grup classe I, 1 grup classe III ordre 3
- b) 1 grup classe I, 2 grups classe II ordre 2 tipus 1
- c) 1 grup classe I, 1 grup classe II ordre 2 tipus 1, 2 grups classe II ordre 2 tipus 2
- d) 1 grup classe I, 1 grup classe II ordre 2 tipus 3, 1 grup classe II ordre 2 tipus 2
- e) 1 grup classe I, 2 grups classe II ordre 2 tipus 2
- f) 1 grup classe I, 3 grups classe II ordre 2 tipus 1
- g) 1 grup classe I, 1 grup classe II ordre 2 tipus 1, 1 grup classe II ordre 2 tipus 4
- h) 1 grup classe I, 1 grup classe II ordre 2 tipus 1, 1 grups classe II ordre 2 tipus 2
- i) 1 grup classe I, 1 grup classe II ordre 2 tipus 1, 1 grups classe II ordre 2 tipus 2
- j) 1 grup classe I, 1 grup classe III ordre 3
- k) Mecanisme amb redundàncies
- l) 2 grups classe I, 1 grup classe II ordre 2 tipus 1
- m) 2 grups classe I, 1 grup classe II ordre 2 tipus 3,
1 grups classe II ordre 2 tipus 4
- n) 2 grups classe I, 1 grup classe III ordre 3
- o) 2 grups classe I, 2 grups classe II ordre 2 tipus 1
- p) 2 grups classe I, 2 grups classe III ordre 3



Annex I. SOBRE LA DETERMINACIÓ DE LA COMPOSICIÓ ESTRUCTURAL

A la figura I.1 es mostra el procés de síntesi d'un mecanisme a partir d'una baula primària i l'addició en passos successius de grups estructurals d'Assur:

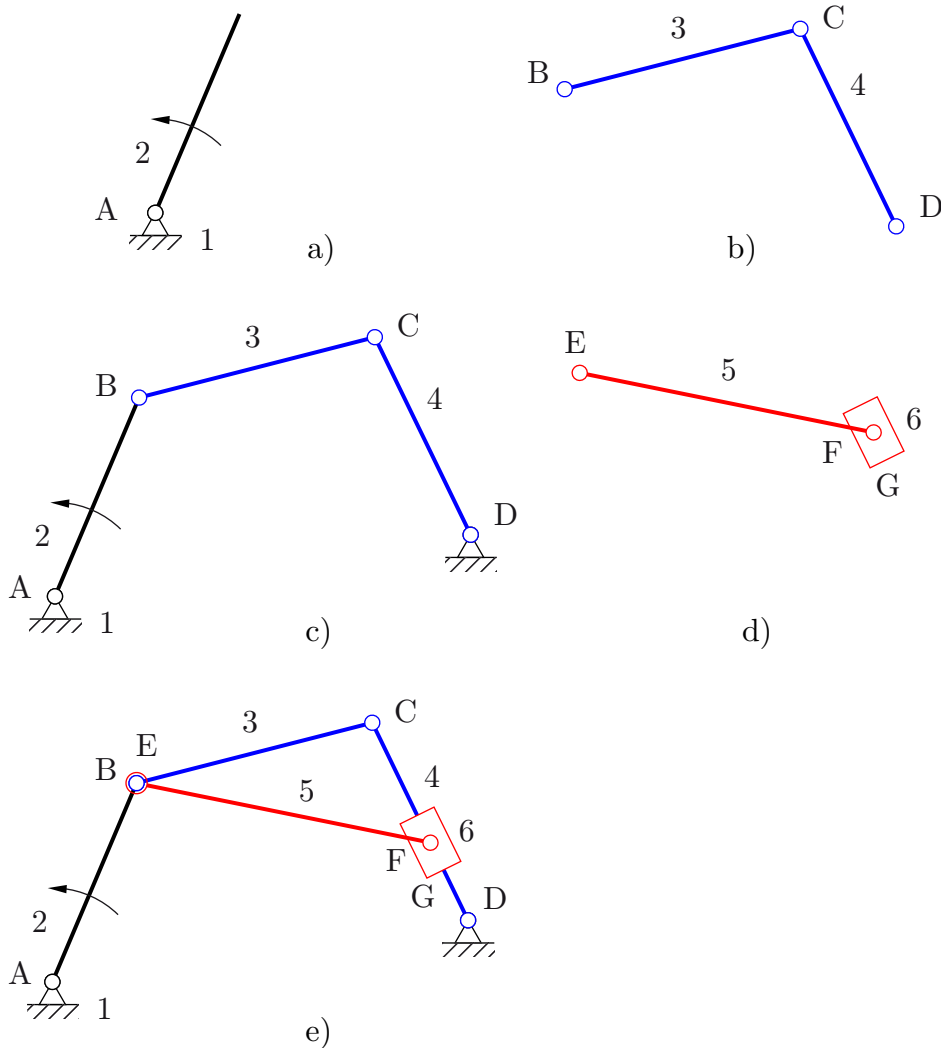


Figura I.1

- i) El bastidor 1 juntament amb la baula primària 1 i l'articulació A formen el grup estructural de classe I, que és el mecanisme inicial, d'un grau de llibertat.
- ii) Al mecanisme de partida d'aquest pas, format pel bastidor 1, la baula 2 i l'articulació A, se li afegeix el grup d'Assur format per les baules 3 i 4 i les articulacions B, C i D.
- iii) Al mecanisme de partida d'aquest nou pas, format per les baules 1, 2, 3 i 4 i les articulacions A, B, C i D, se li afegeix el grup d'Assur format per les baules 5 i 6, les articulacions E i F i el parell prismàtic G.

En aquest procés de síntesi, generació o muntatge, al mecanisme de partida de cada pas se li afegeixen nous sòlids i nous parells. Els parells poden ser compartits



entre les baules afegides o compartits entre aquestes i les baules del mecanisme de partida. El nou mecanisme resultant té el mateix nombre de graus de llibertat. **Els mecanismes que s'obtenen no contenen cadenes obertes** ja que si es parteix d'un mecanisme qualsevol, afegir una cadena cinemàtica oberta incrementa el seu nombre de graus de llibertat amb els de la cadena. Això fa que totes les baules dels mecanismes obtinguts formin part d'un o altre anell i per tant tenen com a mínim dos parells. Si dues baules enllaçades entre elles s'enllacen a una mateixa baula, sigui la bancada o qualsevol altra, de fet les tres passen a formar una nova baula única.

Per analitzar la composició estructural d'un mecanisme donat, es pot intentar recrear el procés de síntesi amb el qual s'ha generat o es pot fer un procés d'anàlisi descendent pas a pas, un procés de desmuntatge.

Si es vol recrear el procés de síntesi que a partir d'una o més baules primàries, segons el nombre de graus de llibertat, ha portat al mecanisme estudiat, cal evidentment, en tots els passos de recreació tenir en compte les regles de joc anteriors.

Si s'actua per anàlisi descendent pas a pas, en cada pas cal buscar i eliminar un grup d'Assur del mecanisme obtingut en el pas anterior, el de partida en el primer pas, fins a quedar-se només amb la baula, o baules primàries. En aquest procés cal tenir en compte certes consideracions:

- i) Una baula primària mai forma part d'un grup d'Assur addicional.
- ii) Un grup d'Assur sempre té un nombre parell de baules i un nombre múltiple de tres de parells (de cinquena classe). Només cal recordar que en un grup d'Assur $3n_{\text{sòlids}} - 2n_{\text{parells(V)}} = 0$. Així doncs,

$n_{\text{sòlids}}$	2	4	6	8
$n_{\text{parells(V)}}$	3	6	9	12

- iii) Quan s'elimina una baula s'eliminen tots els parells en els quals participa. Vist des del punt de vista de la síntesi: un parell no existeix si no hi ha dues baules que el comparteixin. Així per exemple, en el mecanisme de la figura I.1, no es pot començar eliminant les baules 3 i 4 ja que això comporta eliminar les articulacions B, C i D i el parell prismàtic G (l'articulació E pot ser objecte de discussió si s'elimina o no segons es consideri que la baula 5 està articulada a la 3 o a la 2).



- iv) Una baula amb tres parells (per exemple, la barra 4 de la figura I.1 o el cas força usual d'un sòlid amb tres articulacions) no pot formar part d'un grup d'Assur de classe II si abans no es pot eliminar un d'aquests tres parells per formar part d'un altre grup d'Assur. Així per exemple, la baula 4 de la figura I.1 no forma part d'un grup de classe II fins que no s'ha eliminat el grup 5, 6. Si no es pot eliminar cap dels tres parells la segona baula només podria tenir el parell compartit, ja que un grup de classe II només té tres parells, i no podria formar part de cap anell, com s'ha vist que ha de ser. Una baula amb tres parells sí pot formar part d'un grup de III classe, figura I.3.
- v) La composició estructural d'un mecanisme, i en particular la seva classe, pot dependre de la baula, o baules, que es prengui com a primària. El mecanisme de la figura I.2 és de classe II si es pren com a primària la baula 2, en el procés d'anàlisi primer es pot suprimir el grup 5, 6 i a continuació el 3, 4, ambdós de classe II. Aquest mateix mecanisme és de classe III si es pren com a baula primària la 6.

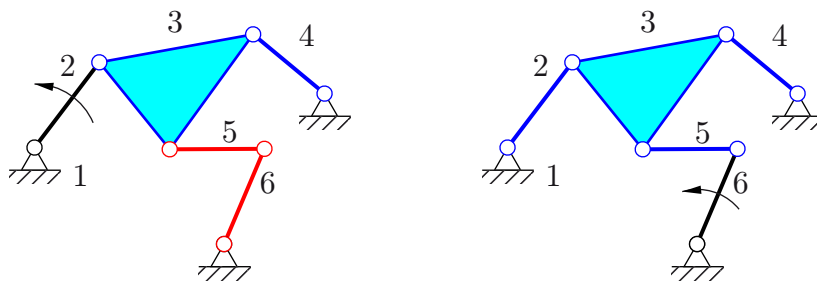


Figura I.2

- vi) Una articulació doble, i també un parell prismàtic doble, són dos parells diferents encara que superposats i per tant s'han de tractar com a tals, figura I.3.

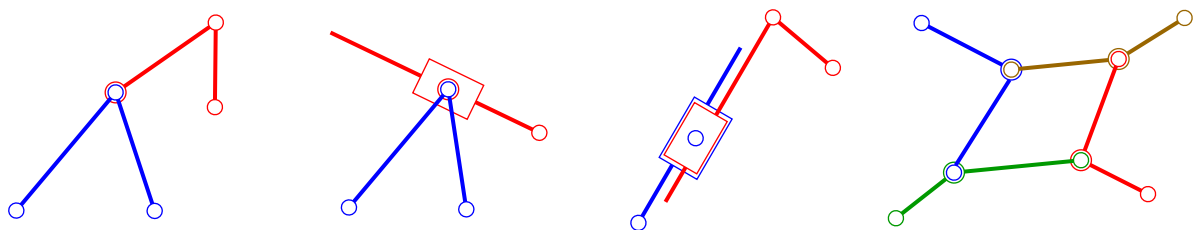


Figura I.3

A la figura I.4 es mostren grups estructurals d'Assur de classe II, III, IV i V amb articulacions.



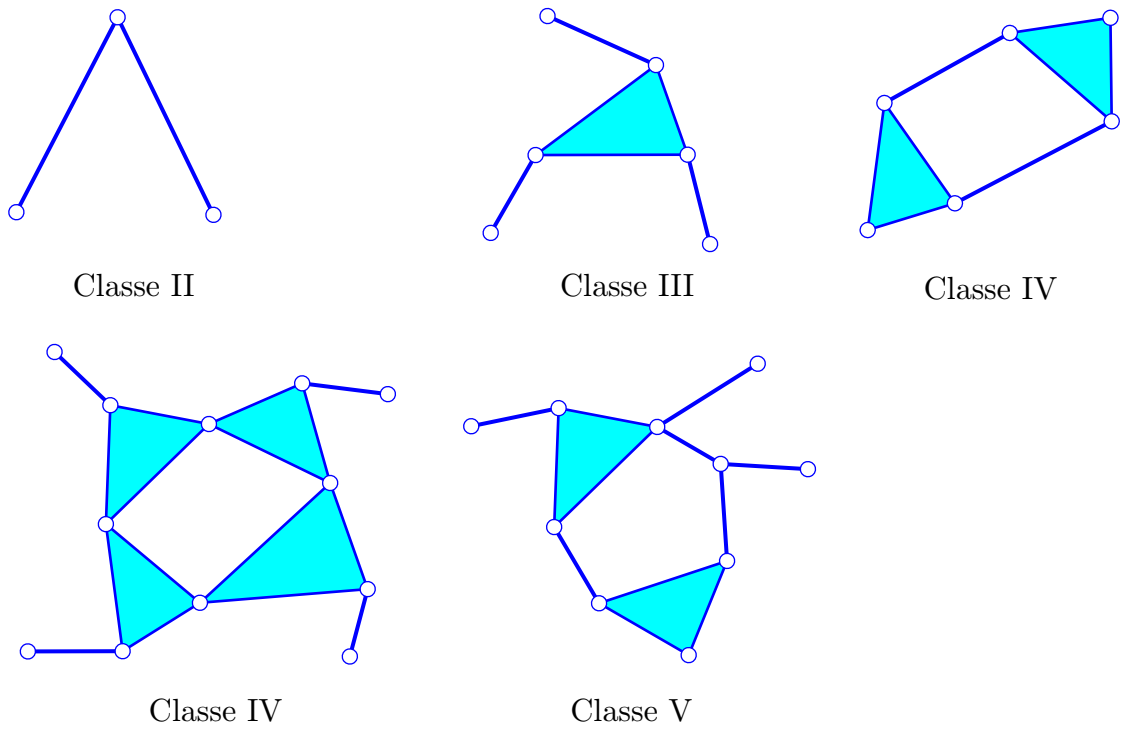


Figura I.4

EXEMPLES

Cas 1.

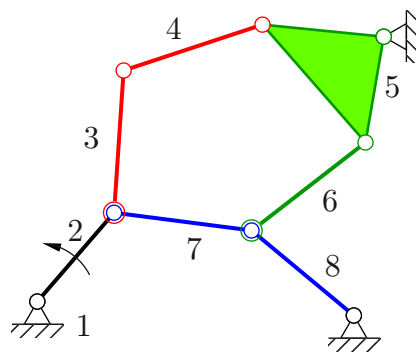


Figura I.5

En el mecanisme de la figura I.5, si es pren com a baula primària la 2, en el procés de síntesi l'ordre d'afegir baules és: 1r. baules 7 i 8; 2n. baules 5 i 6; 3r. baules 3 i 4. Per tant es tracta d'un mecanisme de classe II. Si es vol determinar la composició estructural per anàlisi, el primer grup a eliminar no pot ser ni el 5, 6 (la baula 5 té 3 parells i per tant eliminar les dues baules equival a eliminar 4 parells) ni el 7, 8 (la baula 7 té 4 enllaços i per tant eliminar les dues baules equival a eliminar 5 parells). Cal començar eliminant el grup 3, 4; aleshores el 5, 6 queda amb 3 enllaços i es pot eliminar. Eliminats el 3, 4 i el 5, 6 el grup 7, 8 queda amb tres enllaços i també es pot eliminar.

Cas 2.

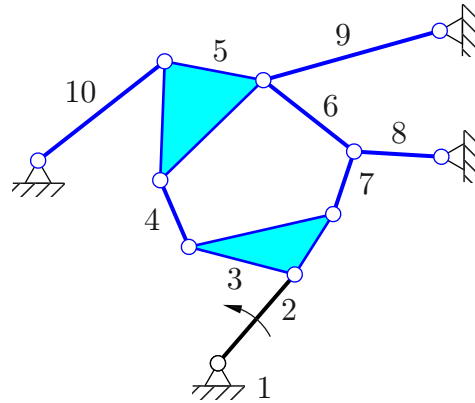


Figura I.6

Per determinar la composició estructural del mecanisme de la figura I.6 cal buscar el procés de síntesi mitjançant grups d'Assur que ha portat a la seva generació. Si es pren com a baula primària la 2 es té:

- El mecanisme de partida és el format per les baules 1 i 2 (bastidor i baula primària).
- En el mecanisme final, no hi ha cap parella de baules articulades entre elles, una articulada al bastidor i l'altra a la baula primària. Això vol dir que al mecanisme de partida no s'hi ha afegit cap grup de classe II.
- Tampoc s'afegit entre la baula primària i el bastidor cap grup de classe III (hauria de contenir un anell amb 3 parells interiors) ni de classe IV (hauria de contenir un anell amb 4 parells interiors).
- El conjunt d'elements que s'afegit al mecanisme primari són doncs un grup de classe V.

Si es pren la baula 8 com a primària es té:

- A la baula primària i bastidor s'afegit el grup 6, 9 de classe II.
- Al mecanisme format per les baules 1, 8, 6 i 9 s'hi afegit el grup 5, 10 de classe II.
- Al mecanisme format per les baules 1, 8, 6, 9, 5 i 10 s'hi afegit el grup 4, 3, 2 i 7 de classe III.

Si es prenen com a primàries les baules 9 o 10 el procés és equivalent al de la baula primària 8.

