

## Boletín 1.- Introducción a la Mecánica de Robots

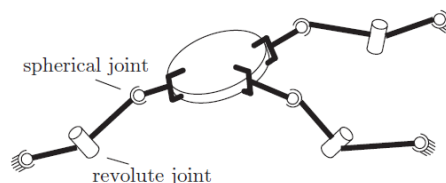
### Definiciones, clasificaciones, grados de libertad y espacio de configuraciones

Los siguientes ejercicios fueron tomados del libro *Modern Robotics*, Lynch and Park, Cambridge U. Press, 2017.  
<http://modernrobotics.org>

#### Ejercicio 1

En la figura se muestra un disco sujeto por 3 brazos robóticos con articulaciones SRS. ¿ Cuántos grados de libertad tiene el sistema? ¿ y si en lugar de 3 brazos tubiese  $n$  brazos? ¿ y si reemplazamos las articulaciones esféricas por articulaciones universales?

**Resultado:** (a)  $N=8$ ;  $J=9$ ;  $\sum(f_i) = 21$ ;  $\text{dof}=9$ . (b)  $N=2$ ;  $J=n$ ;  $\sum(f_i) = 7n$ ;  $\text{dof}=n+6$ . (c) (brazos SRU)  $N=2n+2$ ;  $J=3n$ ;  $\sum(f_i) = 6n$ ;  $\text{dof}=6$  (independiente de  $n$ ) (brazos URU)  $N=2n+2$ ;  $J=3n$ ;  $\sum(f_i) = 5n$ ;  $\text{dof}=6-n$



#### Ejercicio 2

Calcula el número de grados de libertad de tu brazo, desde el torso hasta la palma, sin tener en cuenta los dedos y considerando que le hombro está fijo. ¿ Cuántos grados de libertad quedan si pones la mano sobre la mesa y no permites que se mueva?

**Resultado:** (a) Hombro (S) + codo (R) + muñeca (S);  $\text{dof}=7$ . (b) 6 restricciones  $\Rightarrow$  1 dof

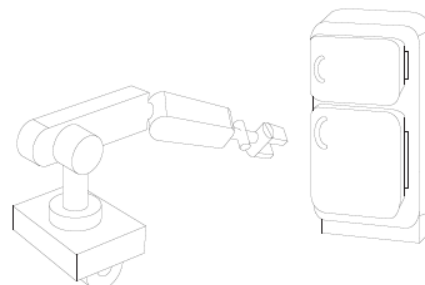
#### Ejercicio 3

Al conducir un coche, idealmente el torso está fijo pegado al respaldo del asiento y sujeto con el cinturón de seguridad. Si suponemos que cada brazo tiene  $n$  grados de libertad y tienes las dos manos sujetando el volante, ¿ cuántos grados de libertad tiene el sistema formado por tus brazos y el volante?

**Resultado:**  $\text{dof} = 2n - 11$

#### Ejercicio 4

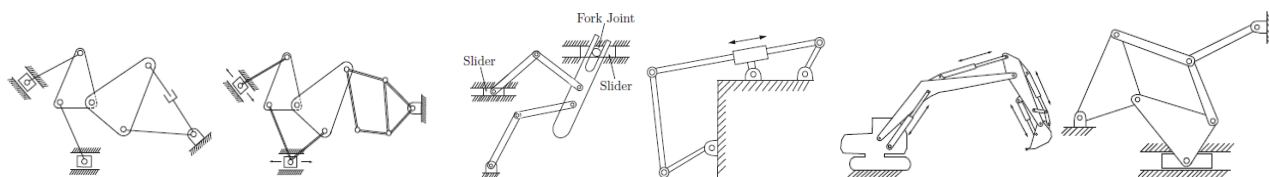
La figura representa un manipulador móvil formado por un brazo 6R sobre una base móvil de una sola rueda. La rueda y la base pueden girar sobre un eje perpendicular al suelo y la rueda no se puede deslizar sobre el suelo mientras gira entorno a su eje de rotación (no derrapa). Además, la base tiene un mecanismo que hace que siempre permanezca horizontal. (a) Describe el espacio de configuraciones del manipulador móvil; (b) si el robot sujeta el asa de la puerta con su mano y tanto la rueda como la base permanecen en una posición fija, ¿ cuántos grados de libertad tiene el mecanismo formado por el brazo y la puerta?; (c) si consideramos otro robot idéntico en la misma situación (base y rueda en una posición fija y la mano sujetando la puerta), ¿ cuántos grados de libertad tiene el sistema resultante formado por los dos robots y la puerta?

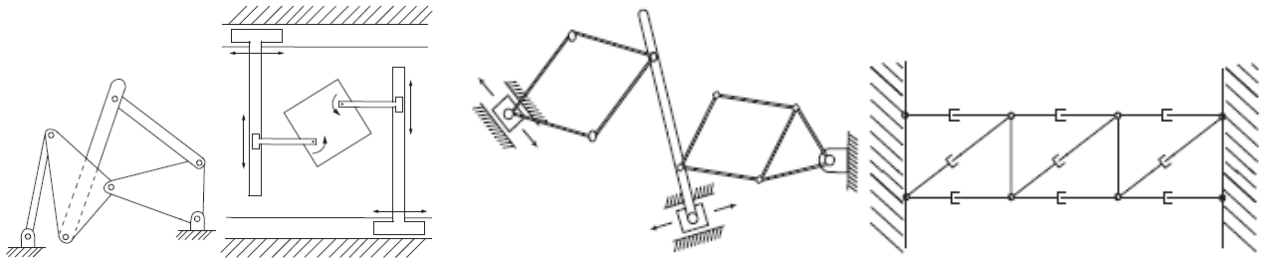


**Resultado:** (a)  $\mathbb{R}^2 \times T^8$ . (b)  $N=7$ ;  $J=7$ ;  $\sum(f_i) = 7$ ;  $\text{dof}=1$ . (c)  $N=12$ ;  $J=13$ ;  $\sum(f_i) = 13$ ;  $\text{dof}=1$

#### Ejercicio 5

Utiliza la fórmula de Grübler para determinar el número de grados de libertad de los siguientes mecanismos planos.





**Resultado:** (a)  $N=8$ ;  $J=10$ ;  $\sum(f_i) = 12$ ;  $\text{dof}=3$ . (b)  $N=14$ ;  $J=18$ ;  $\sum(f_i) = 18$ ;  $\text{dof}=3$ . (c)  $N=8$ ;  $J=9$ ;  $\sum(f_i) = 10$ ;  $\text{dof}=4$ . (d)  $N=6$ ;  $J=7$ ;  $\sum(f_i) = 7$ ;  $\text{dof}=1$ . (e)  $N=14$ ;  $J=18$ ;  $\sum(f_i) = 18$ ;  $\text{dof}=3$ . (f)  $N=7$ ;  $J=9$ ;  $\sum(f_i) = 9$ ;  $\text{dof}=0$ . (g)  $N=6$ ;  $J=7$ ;  $\sum(f_i) = 7$ ;  $\text{dof}=1$ . (h)  $N=6$ ;  $J=6$ ;  $\sum(f_i) = 6$ ;  $\text{dof}=3$ . (i)  $N=14$ ;  $J=18$ ;  $\sum(f_i) = 18$ ;  $\text{dof}=3$ . (j)  $N=21$ ;  $J=27$ ;  $\sum(f_i) = 27$ ;  $\text{dof}=6$  (ojo con las articulaciones compartidas entre 4 eslabones, cuentan como 3)

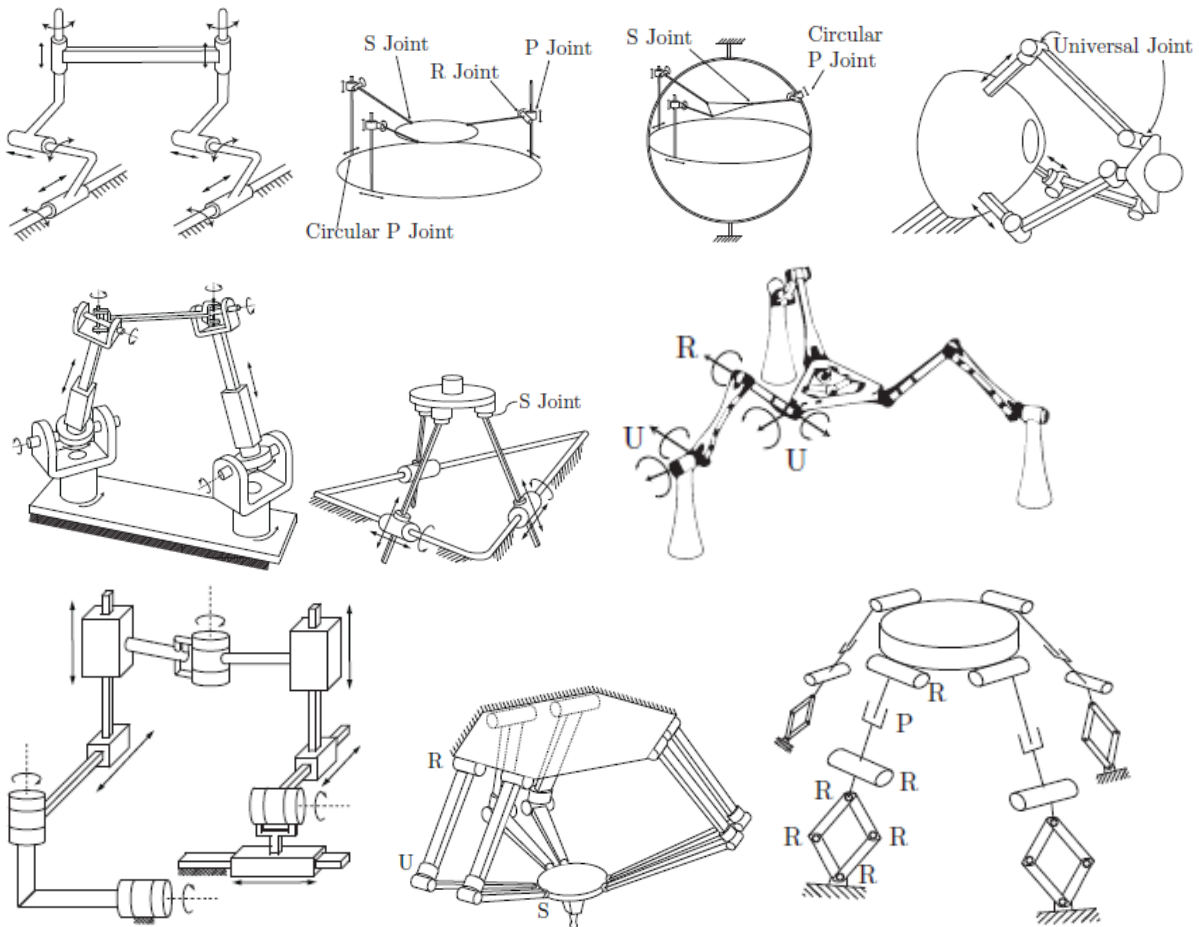
## Ejercicio 6

Considera un mecanismo de 2 discos paralelos conectados por  $n$  patas idénticas. Si uno de los discos está fijo, ¿cuántos grados de libertad debe tener cada pata para que el disco móvil tenga exactamente 6 grados de libertad? (da el resultado en función de  $n$ ).

**Resultado:**  $\text{dof}$  de cada pata= $p$ ;  $N=2$ ;  $J=n$ ;  $\text{suma}(f_i)=pn$ ;  $\text{dof}=6=6(p-6)n \Rightarrow p=6$  (independiente de  $n$ )

## Ejercicio 7

Utiliza la fórmula de Grübler para determinar el número de grados de libertad de los siguientes mecanismos en el espacio 3D.



**Resultado:** (a)  $N=6$ ;  $J=6$ ;  $\sum(f_i) = 12$ ;  $\text{dof}=6$ . (b)  $N=11$ ;  $J=12$ ;  $\sum(f_i) = 18$ ;  $\text{dof}=6$ . (c)  $N=7$ ;  $J=8$ ;  $\sum(f_i) = 17$ ;  $\text{dof}=5$ . (d)  $N=8$ ;  $J=9$ ;  $\sum(f_i) = 15$ ;  $\text{dof}=3$ . (e)  $N=8$ ;  $J=8$ ;  $\sum(f_i) = 12$ ;  $\text{dof}=6$ . (f)  $N=5$ ;  $J=6$ ;  $\sum(f_i) = 18$ ;  $\text{dof}=6$ . (g)  $N=8$ ;  $J=9$ ;  $\sum(f_i) = 15$ ;  $\text{dof}=3$ . (h)  $N=9$ ;  $J=9$ ;  $\sum(f_i) = 9$ ;  $\text{dof}=3$ . (i)  $N=14$ ;  $J=18$ ;  $\sum(f_i) = 36$ ;  $\text{dof}=6$ . (j)  $N=2$ ;  $J=4$ ;  $\sum(f_i) = 24$ ;  $\text{dof}=6$

### Ejercicio 8

El robot de 2 brazos de la figura está sujetando la caja que está sobre la mesa. Si la superficie inferior de la caja no se puede despegar de la mesa, ¿ cuántos grados de libertad tiene el sistema?

**Resultado:**  $N=7$ ;  $J=8$  ( $3R+4S+1$  entre caja y tabla con 2 dof de traslación y 1 dof de rotación);  $dof=6$

