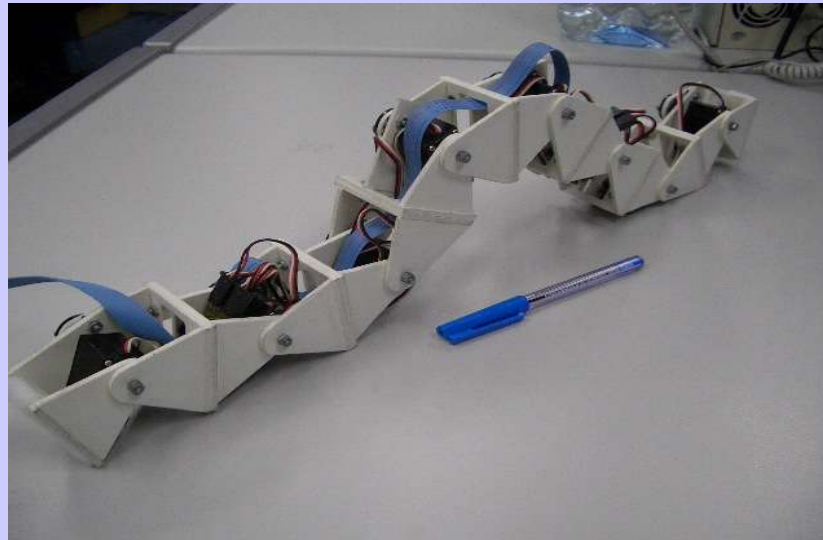


Diseño de robots ápodos: *Cube Revolutions*



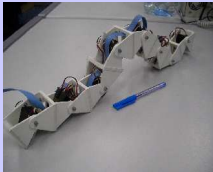
Juan González Gómez

Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid

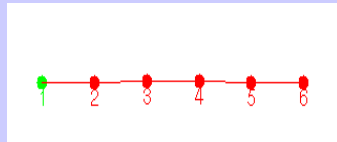
ÍNDICE



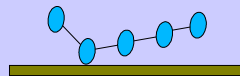
- Introducción



- Cube Revolutions "a fondo"



- Locomoción



- Simulación

Hypercube

- Líneas de investigación

Introducción

Robótica

Dos grandes áreas:

- **Manipulación:** Capacidad de modificación de los objetos del entorno



Robótica Industrial

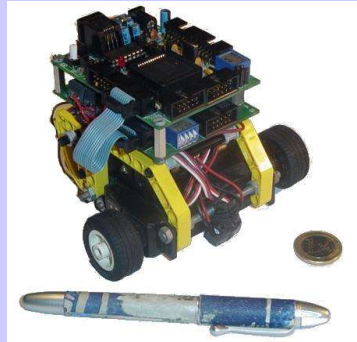
- **Locomoción:** Facultad para desplazarse de un lugar a otro



Robótica Móvil

Clasificación de Robots móviles

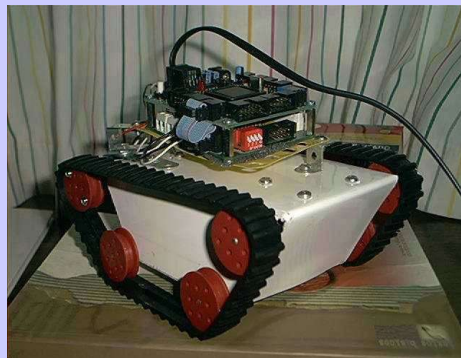
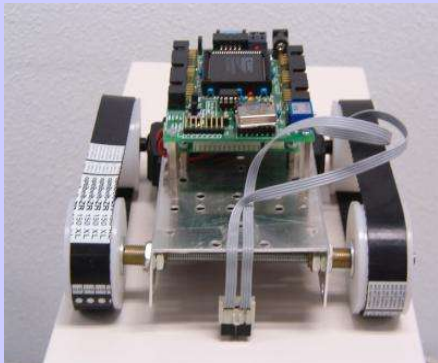
- Con ruedas:



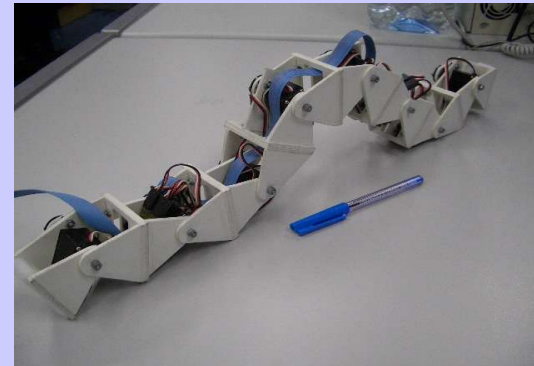
- Con patas:



- Con orugas:



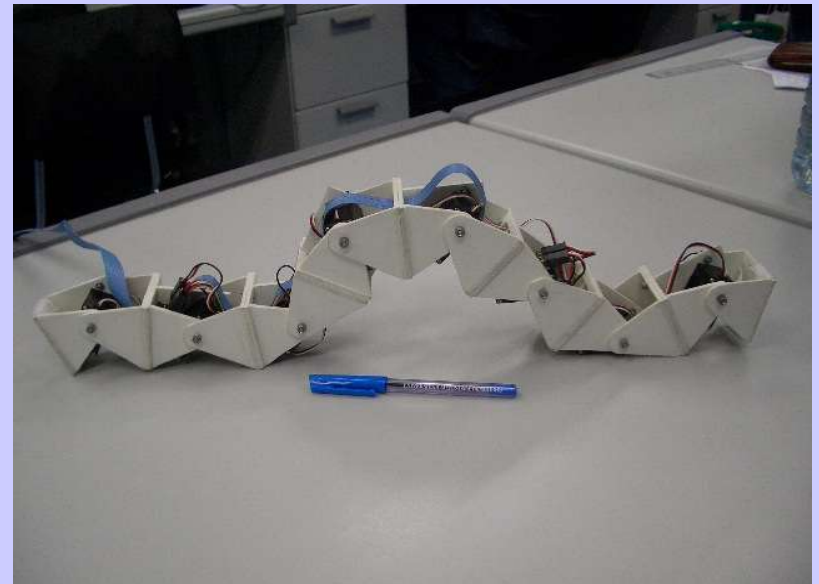
- Otros:



Robots ápodos

- **Características:**

- Sección muy pequeña
- Muy modulares
- Mayor versatilidad en la locomoción
 - Movimiento por un plano
 - Por terrenos abruptos
 - Trepas
 - Movimiento por agujeros

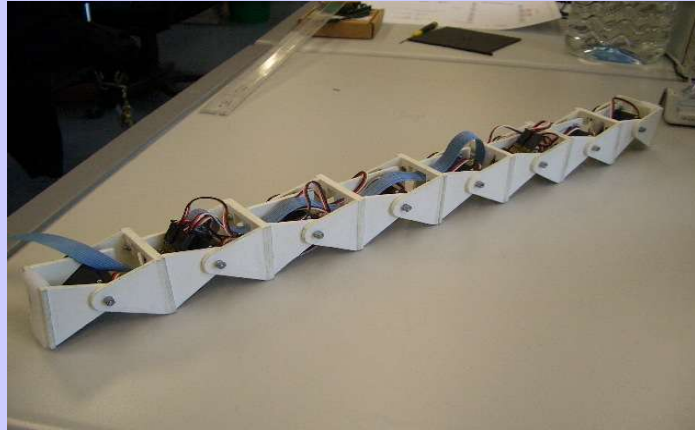


- **Aplicaciones: ¿Para qué construir un robot ápodo?**

- Por curiosidad :-)
- Búsqueda y rescate en zonas catastróficas
- Inspección de tuberías
- Endoscopio "activo"

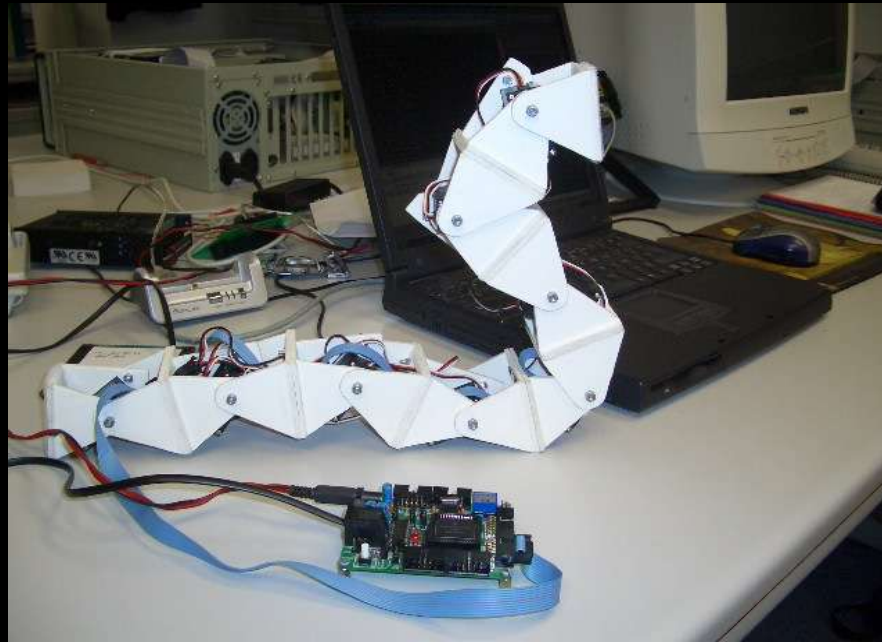
Robots Modulares Reconfigurables

- Los Robots ápodos son muy modulares: Cadenas de módulos



- Un nuevo enfoque: **Robótica Modular Reconfigurable**
 - Mark Yim, 1994: Polypod
- Nuevo enfoque en la construcción de robots
- Diseño de robots a partir de **módulos** simples, que se unen y además se pueden **reconfigurar**
- Los robots ápodos son el caso más simple

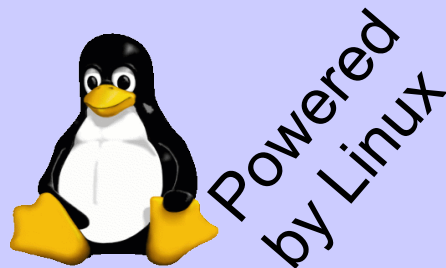
Cube Revolutions



Introducción

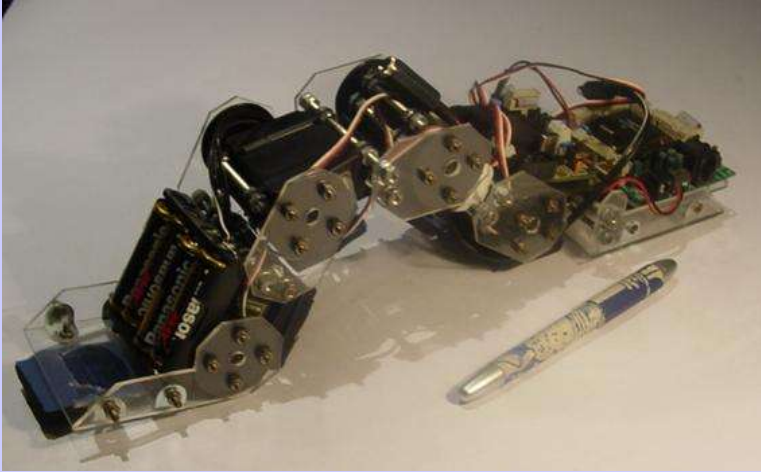
Cube Revolutions: Plataforma modular y abierta, para la investigación en el campo de los robots ápodos

- Constituido por 8 módulos
- **Abierto:** Toda la información está disponible para que cualquiera lo pueda construir o modificar: planos y software.
- Movimiento en línea recta
- Movimiento en un plano es mecánicamente viable, pero no implementado todavía
- Software de generación de secuencias de movimiento
- Modelo físico para la evaluación de las secuencias (en desarrollo)

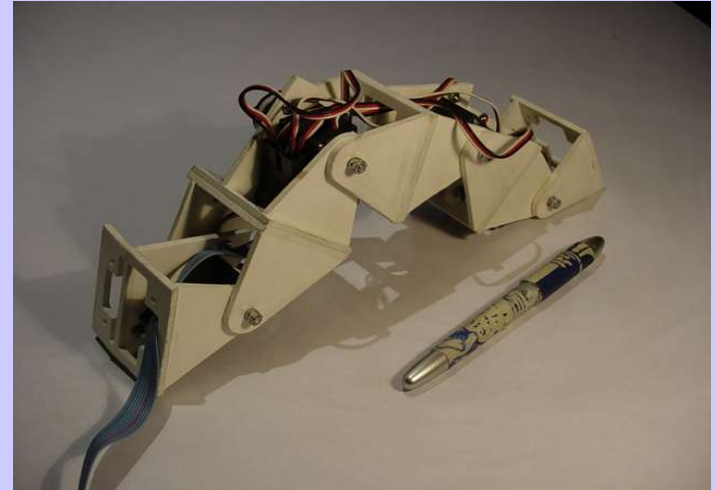


Evolución

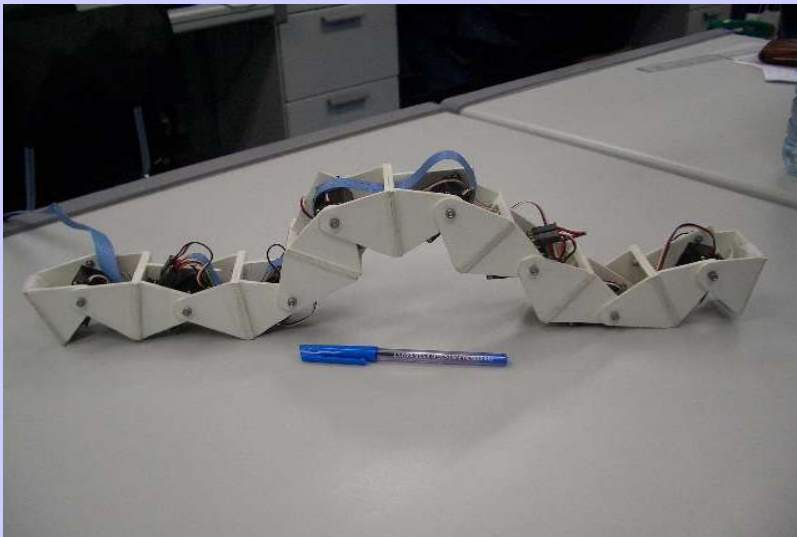
- Cube (2001)



- Cube Reloaded (2003)



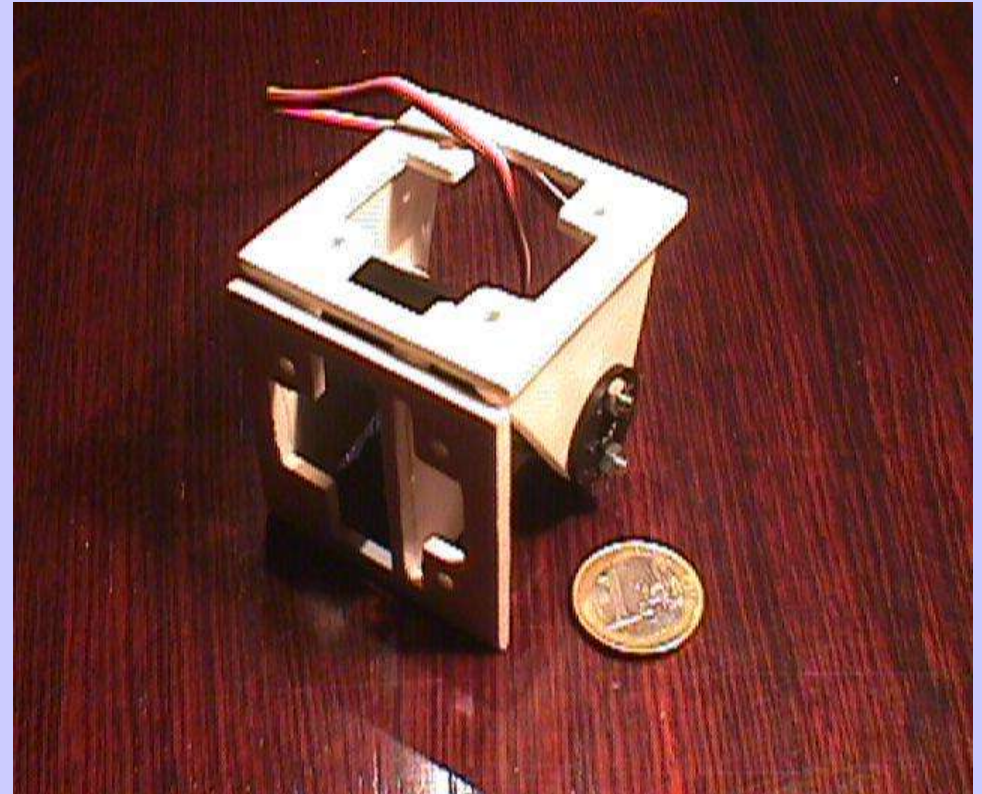
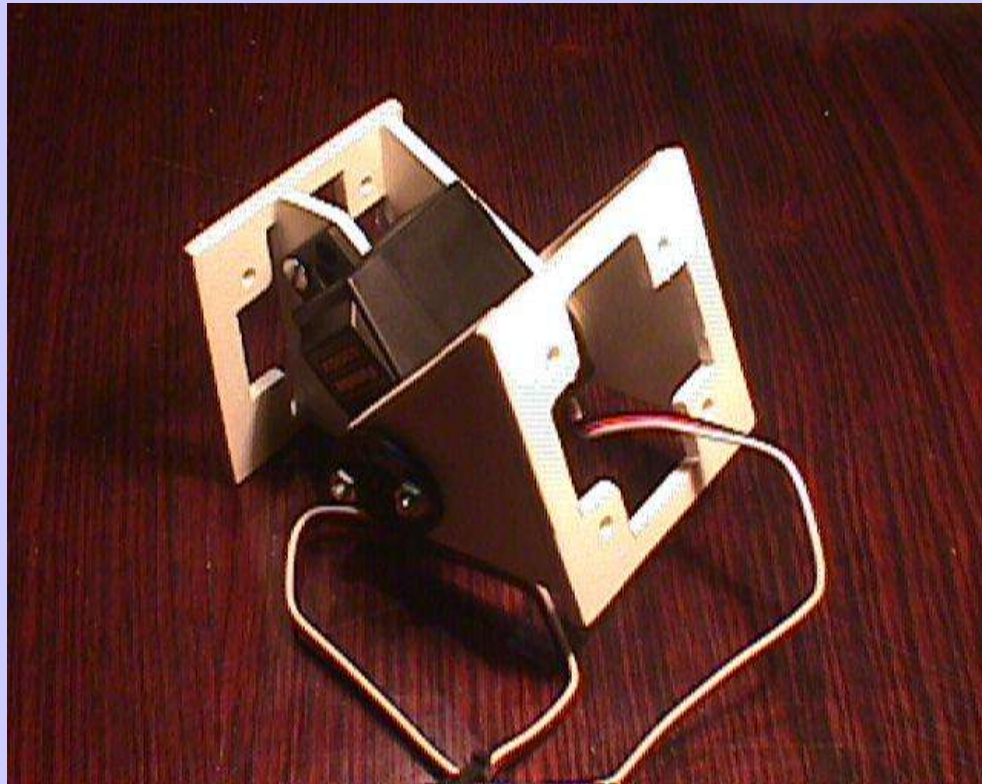
- Cube Revolution (2004)



- Hypercube (200?)



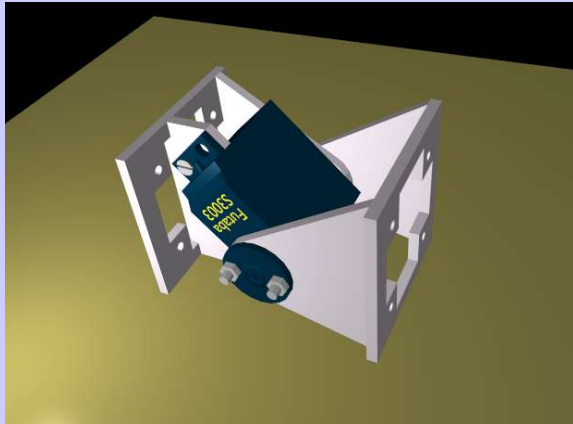
Mecánica (I)



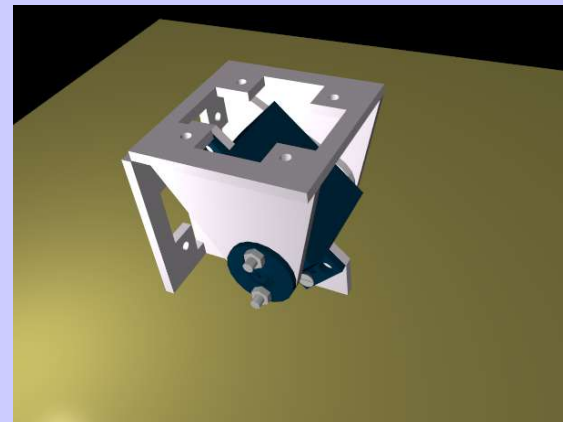
- Módulos Y1
- Basados en los realizados por Mark Yim para la primera generación de Polybot
- Se utilizan servos del tipo Futaba 3003
- No tiene sensores

Mecánica (II)

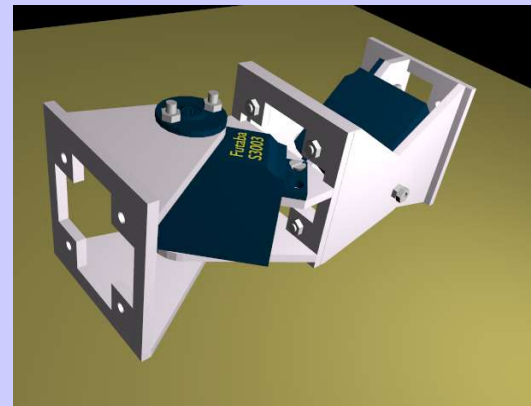
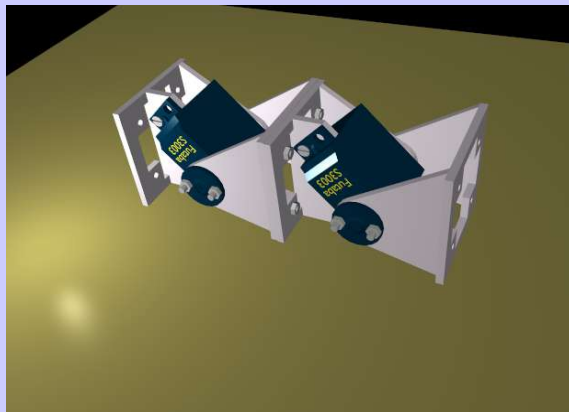
- Modelo 3D de los módulos (Blender)



2 módulos en fase



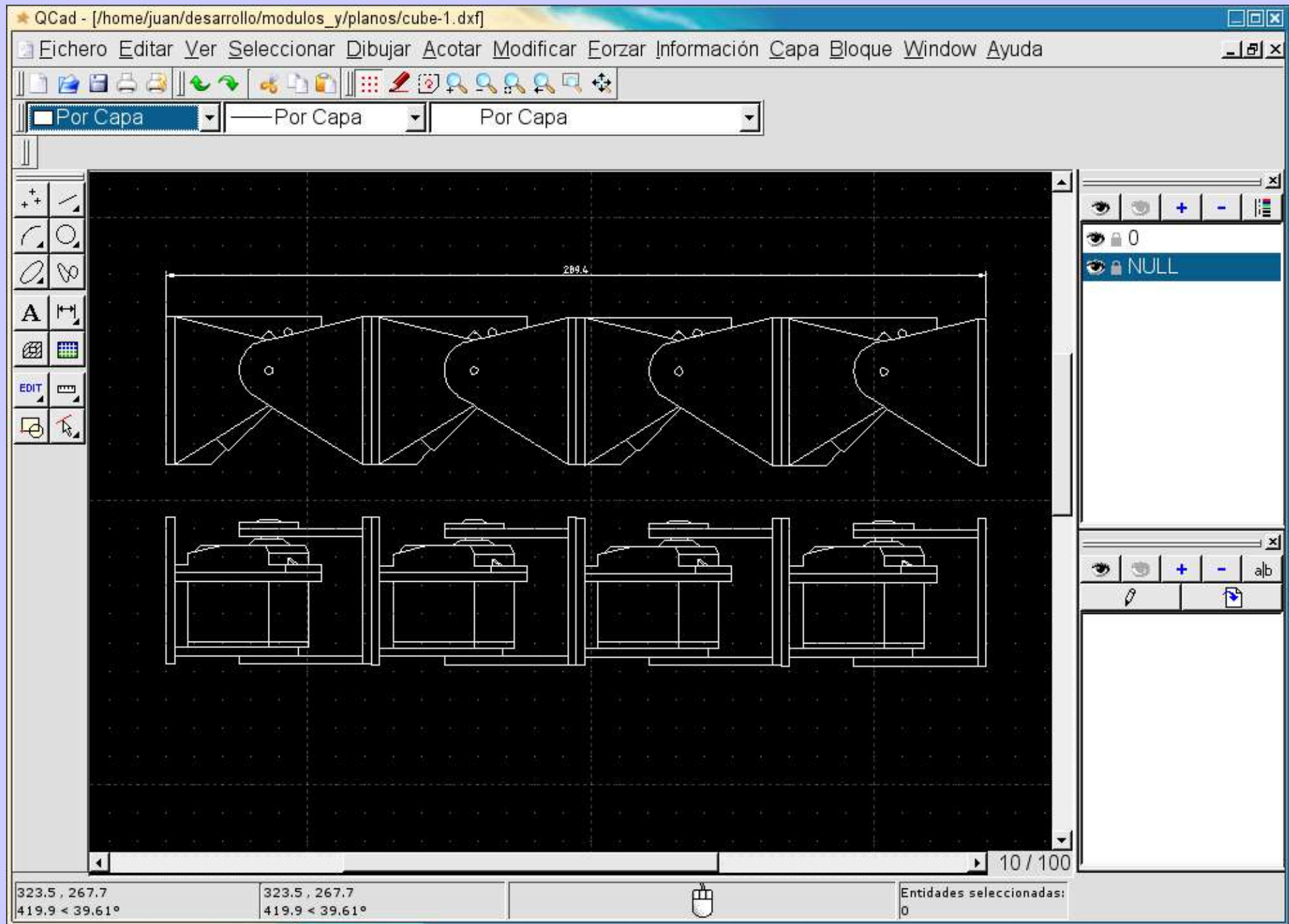
2 módulos desfasados



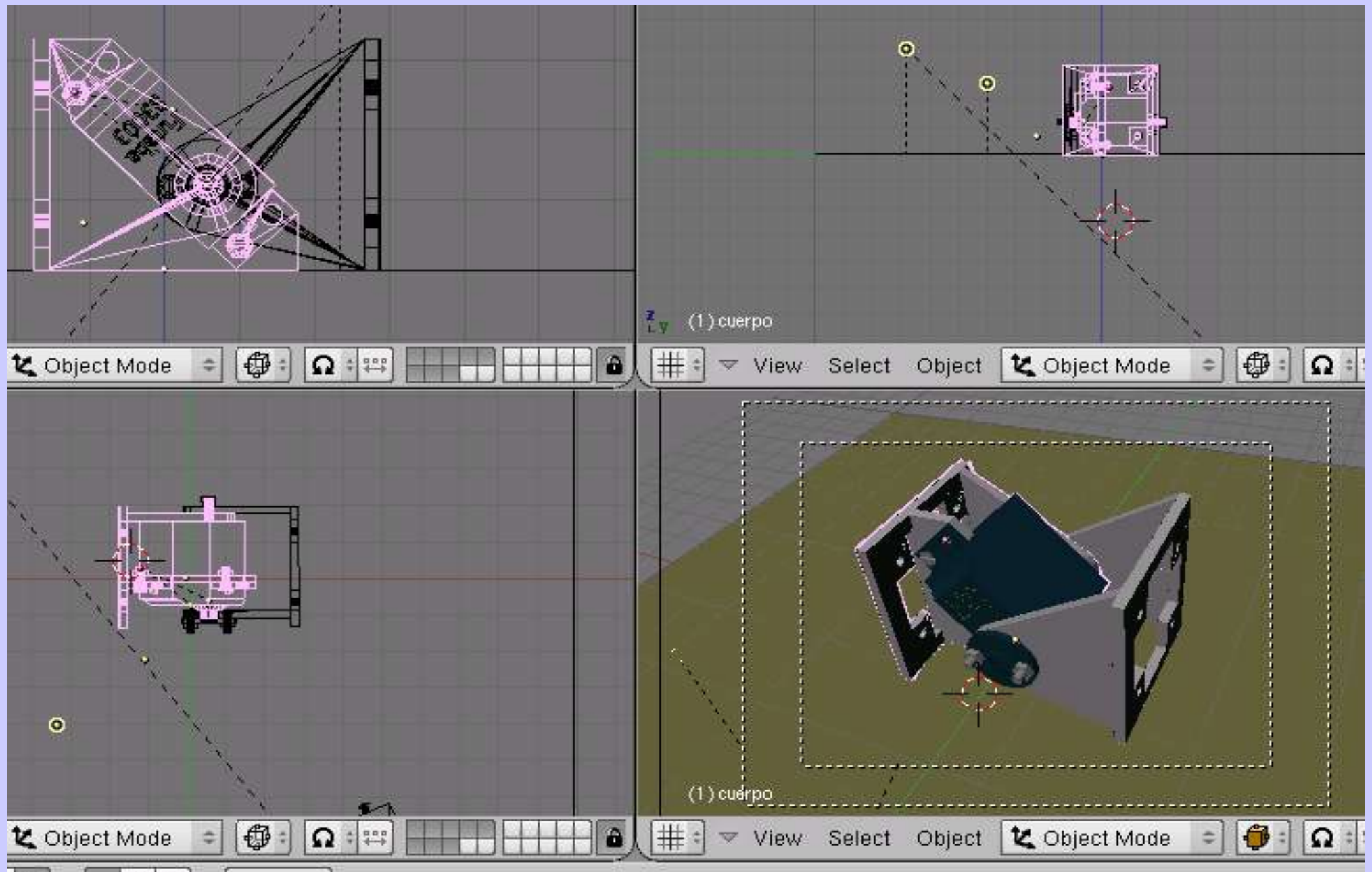
Vídeo



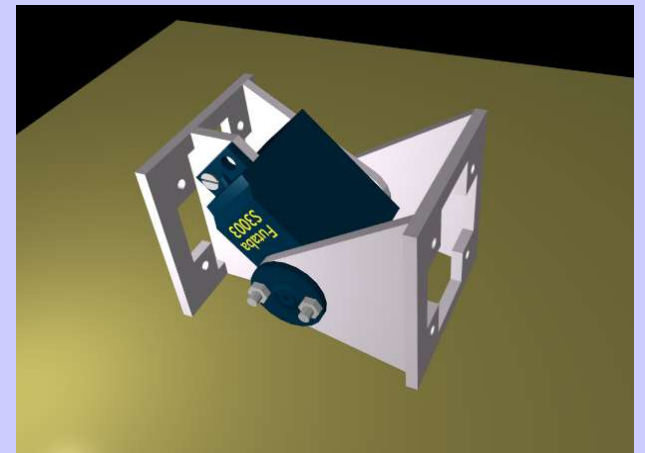
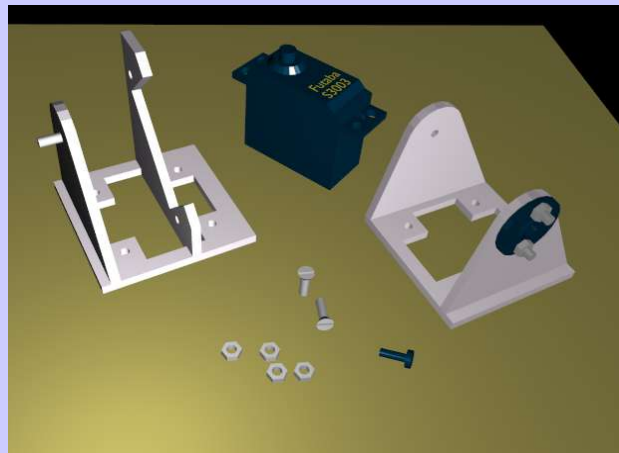
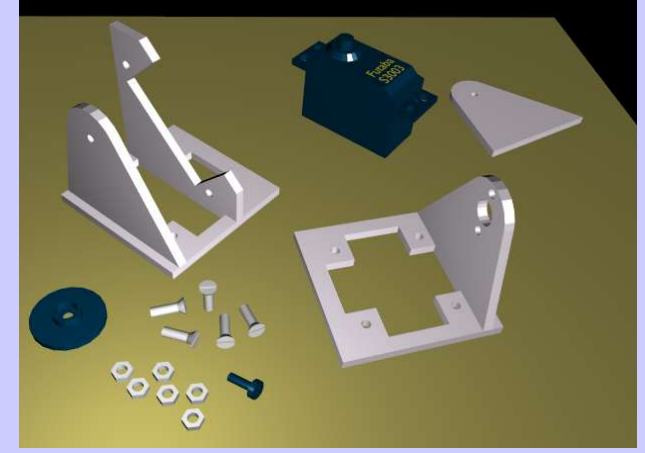
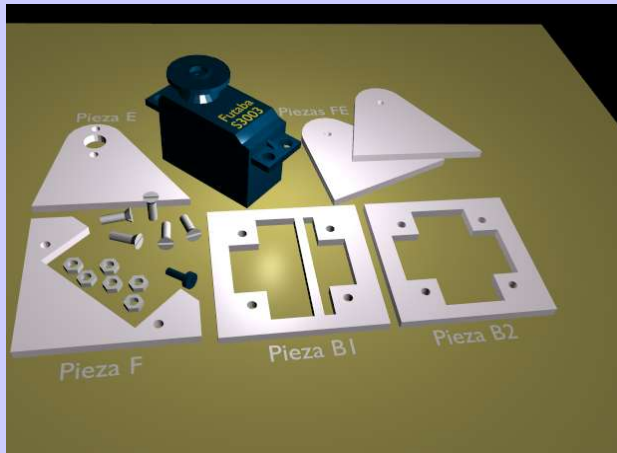
Diseño de los planos con QCAD



Diseño 3D con Blender

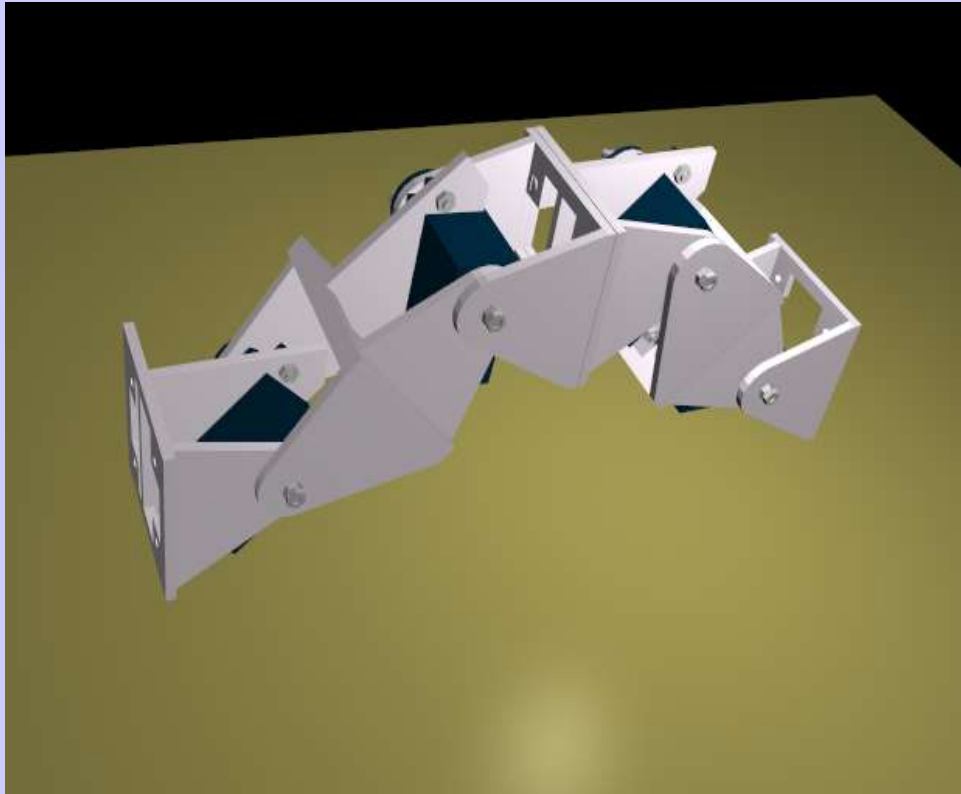


Montaje de los módulos

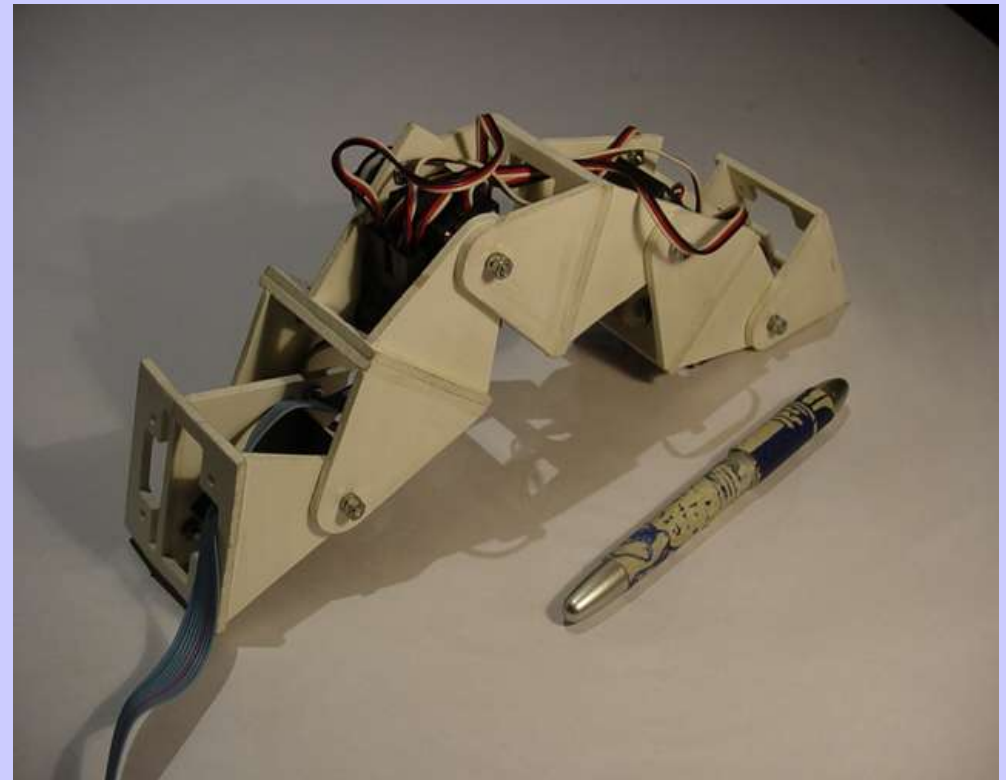


Mecánica (IV)

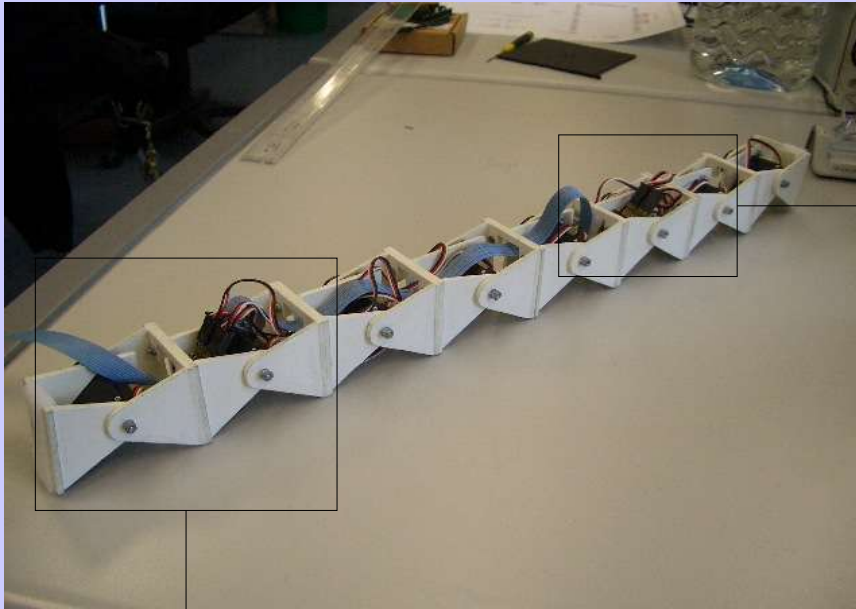
Gusano virtual



Gusano real

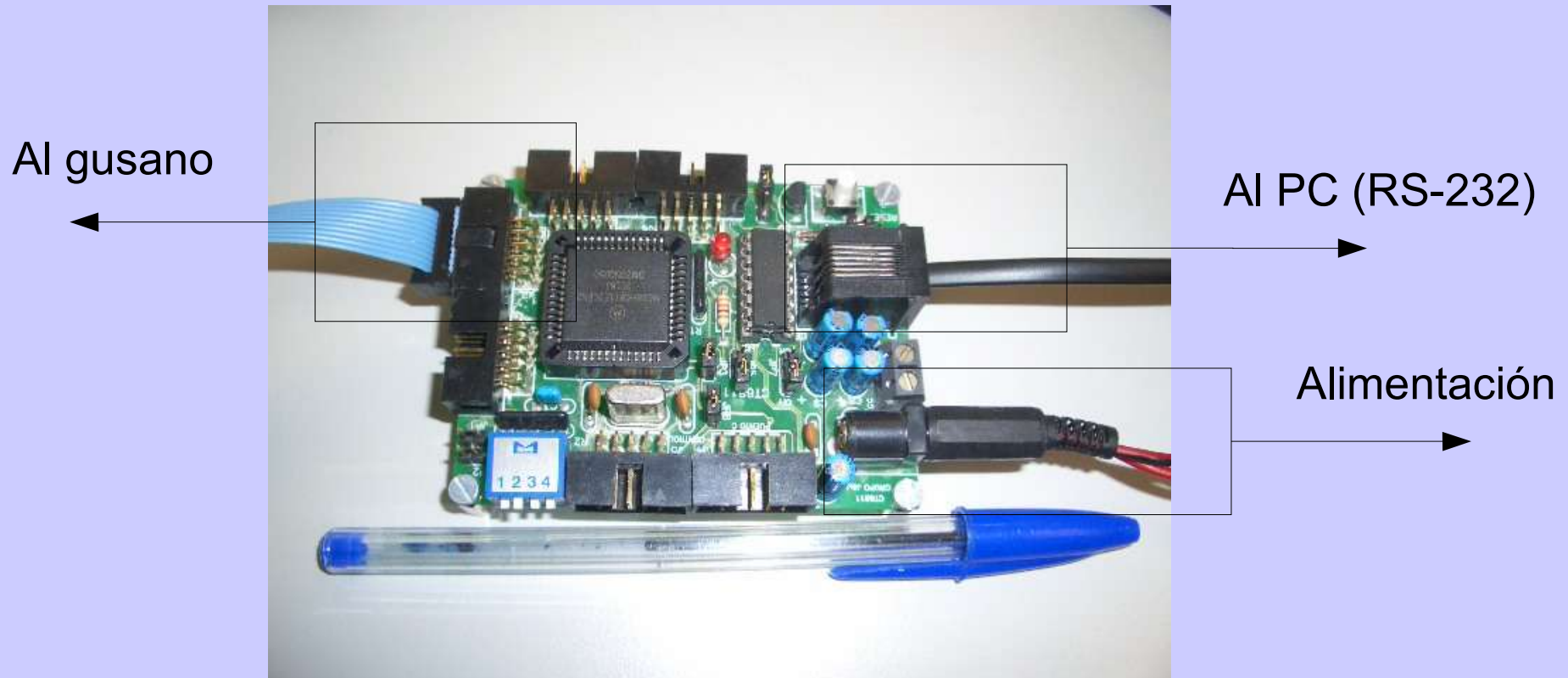


Cableado



- Dos placas "pasivas"
- Se conectan 4 servos a cada una
- Interconectadas mediante cable plano de bus
- El bus lleva las señales de los 8 servos + la alimentación (VCC y GND)

Electrónica



- Electrónica "Off-board"
- Un microcontrolador de 8 bits hace de "puente" entre el PC y los servos
- Servidor que permite mover 8 servos
- Implementaciones para los micros 6811 (CT6811) y 16F876 (SKYPIC)

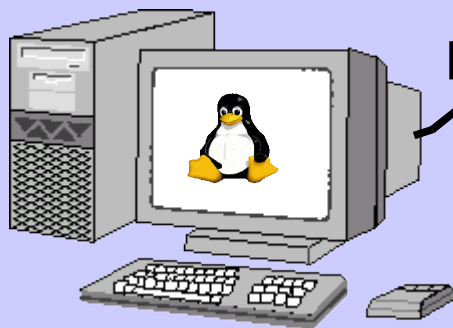
Software (I)

API en C que permite situar cualquier servo en una posición

- `sg-servos8-enable(int mask)` —► Activación/desactivación servos
- `sg-servos8-pos1(int servo, int pos)` —► Posicionamiento servo

[1-8]

[-90,90]

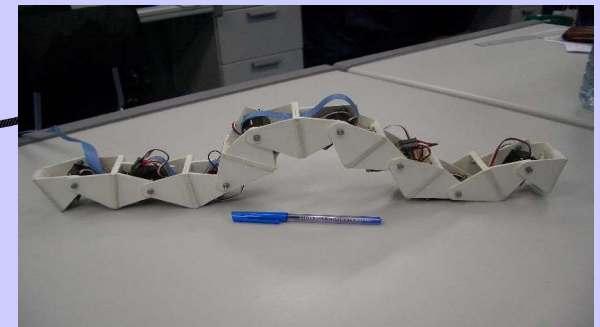


PC

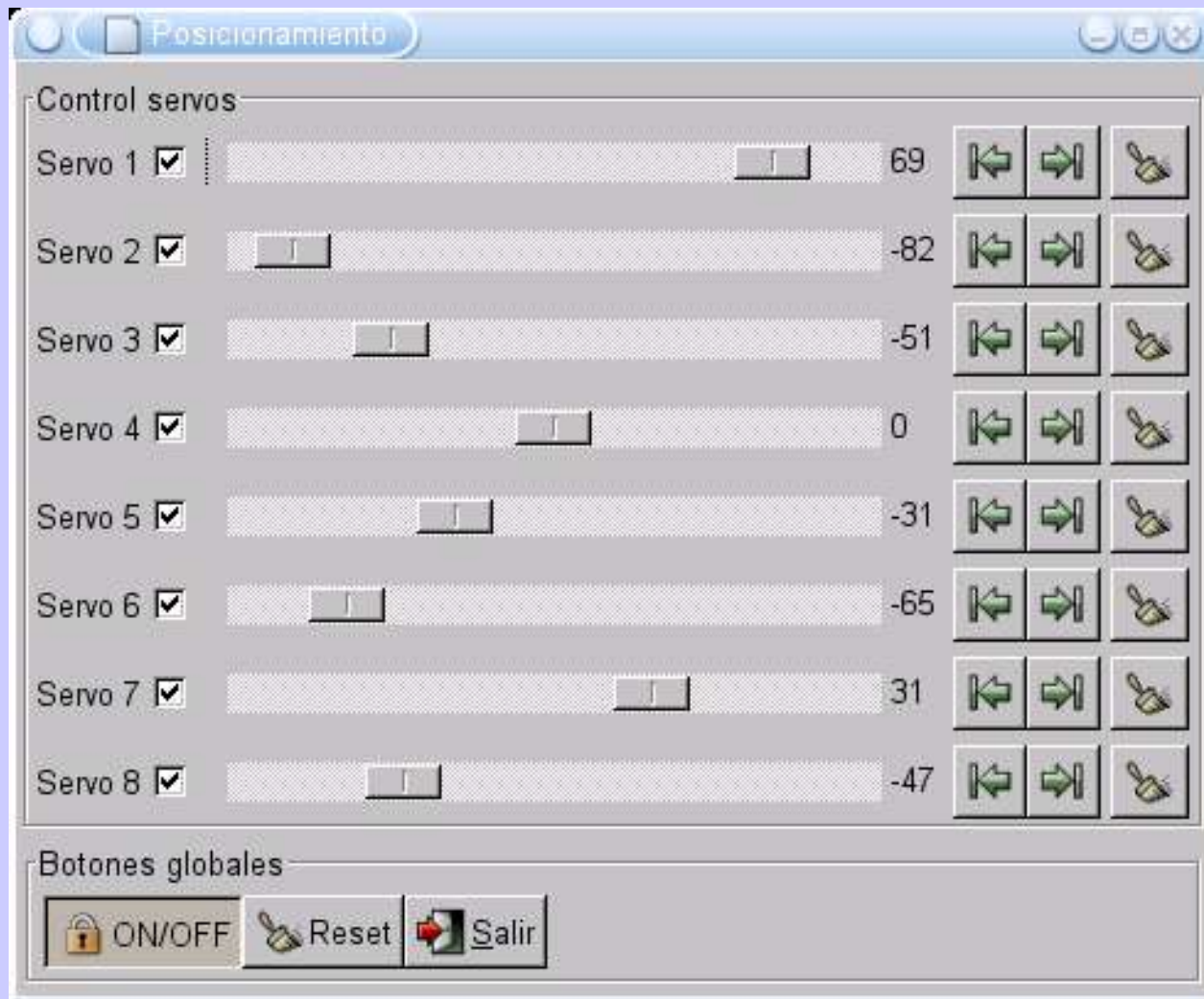
RS-232



Alimentación



Software (II)



- La API permite establecer la posición de cualquiera de los 8 servos
- No es un software específico para CUBE: es válido para otros robots articulados
- A partir de ella se pueden hacer programas para consola o en modo gráfico:

DEMO 1

Locomoción

Coordinación (I)

¿ Cómo coordinar todas las articulaciones para conseguir movimiento?

- **Observando los gusanos en la naturaleza...** por ejemplo los gusanos de seda...
 - El movimiento comienza por la cola
 - Se produce una perturbación inicial...
 - ...que se propaga hasta que alcanza la cabeza

Se produce una contracción inicial que se propaga...



Coordinación (II)

1. Situación inicial



2. Contracción



3. Propagación



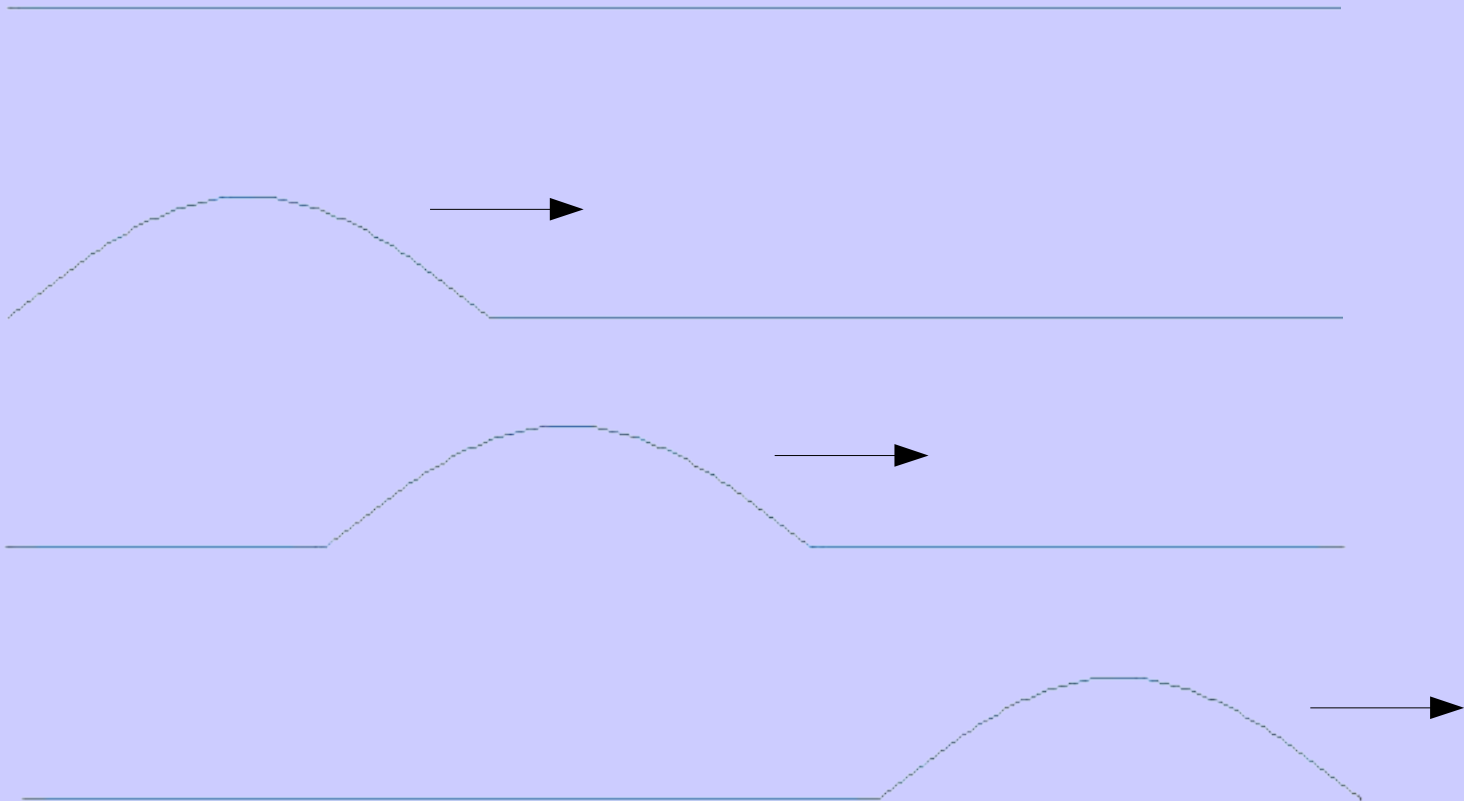
4. Situación final



Avance

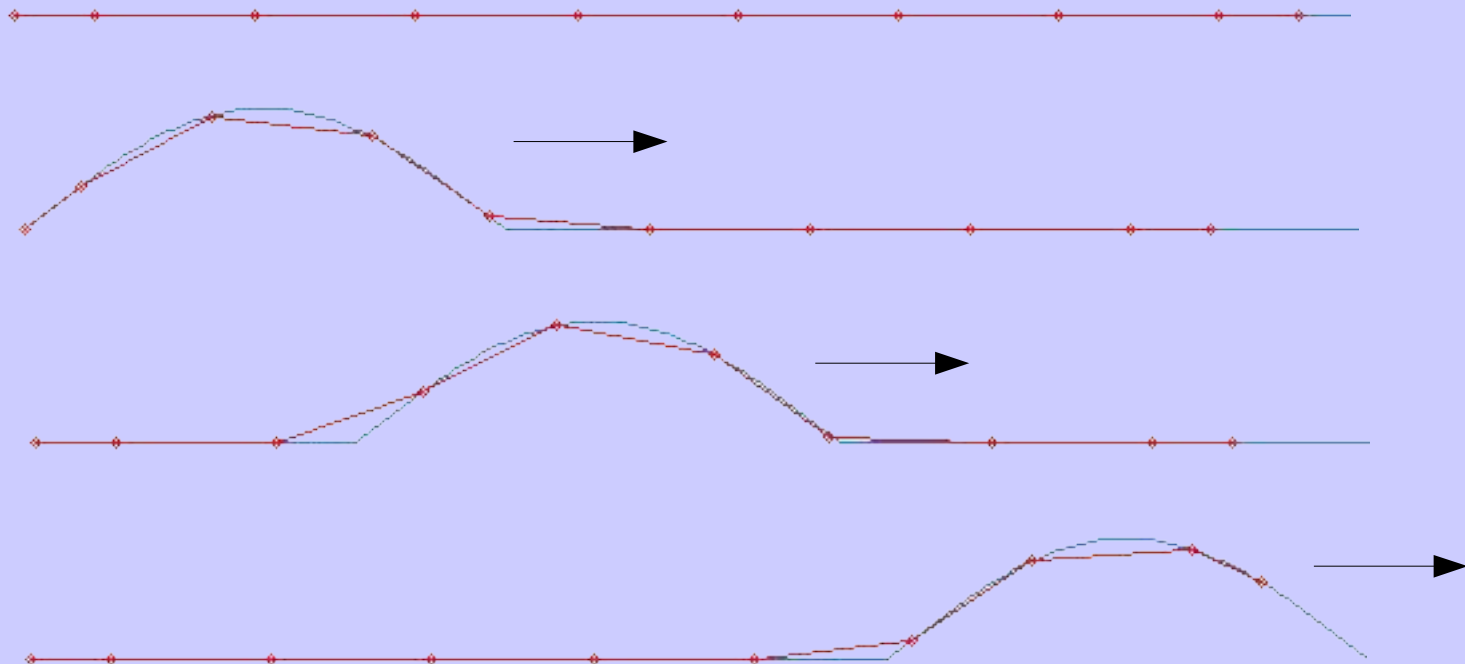
Coordinación (III)

Modelo de propagación de ondas...



Coordinación (IV)

Para conseguir avance hay que hacer que las articulaciones se sitúen sobre la onda

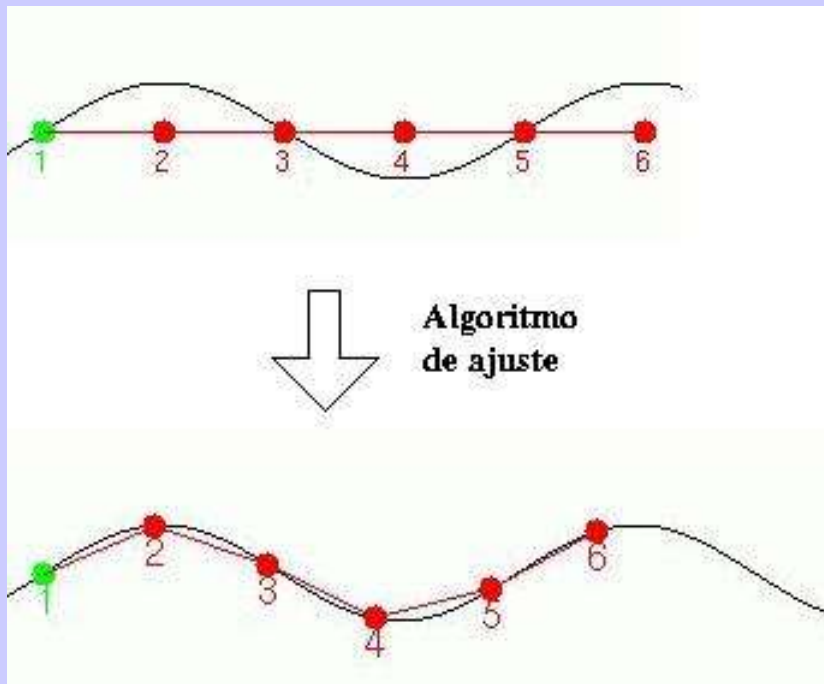


Coordinación (V)

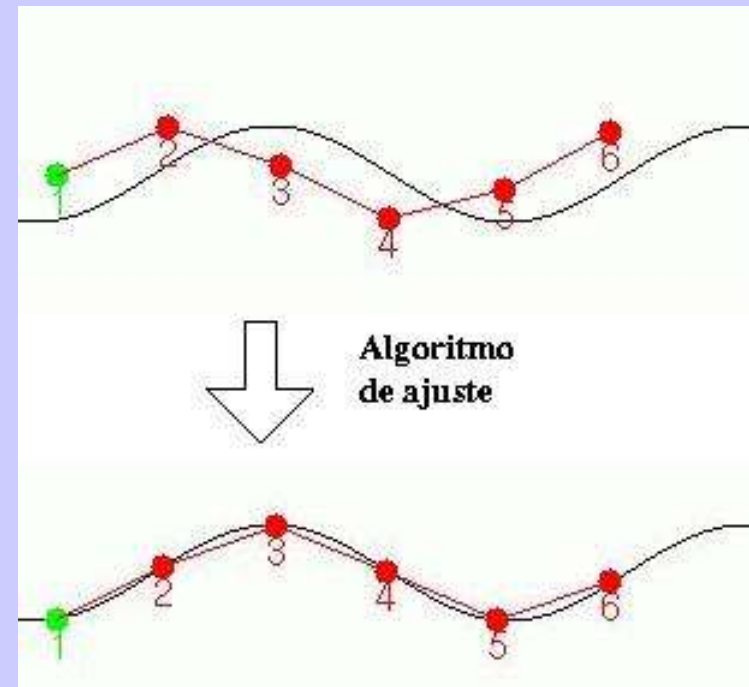
- La generación de las secuencias de movimiento se hace aplicando el modelo de propagación de ondas:

- A partir de la onda en un instante t , se calcula la posición de las articulaciones para situarlas sobre ella (AJUSTE)
- Se desplaza la onda y se vuelve a "ajustar" el gusano

1

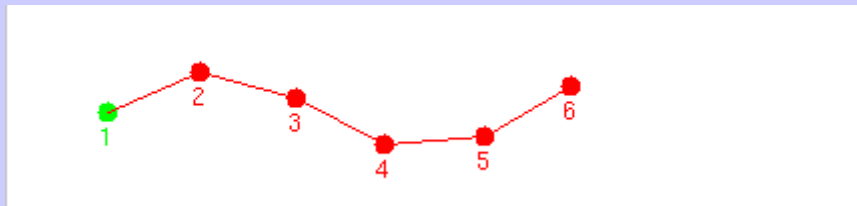


2



Coordinación (VI)

- **RESULTADO:** Conseguirnos las posiciones de los servos en cada instante de tiempo que logran que el gusano avance
- La evolución de los ángulos es la siguiente:



- Para cada instante de tiempo, obtenemos un **vector de estado**, que contiene los ángulos en los que se sitúan cada una de las articulaciones

$t_1 \longrightarrow [a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, f_1, g_1, h_1]$

$t_2 \longrightarrow [a_2, b_2, c_2, d_2, e_2, f_2, g_2, h_2]$

...

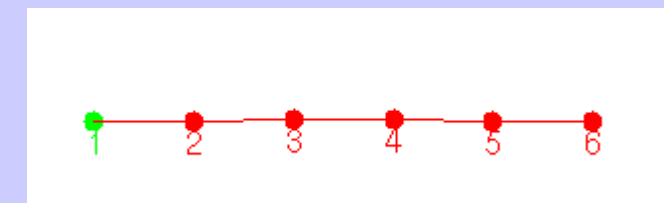
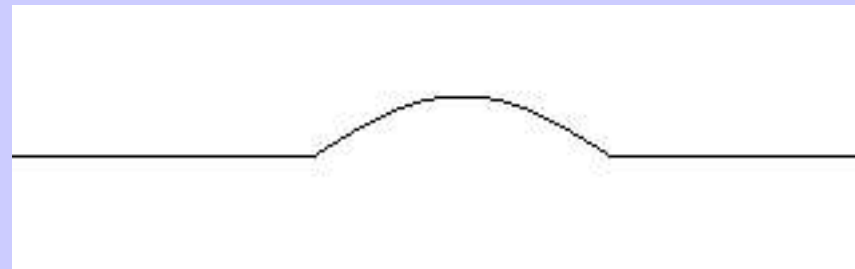
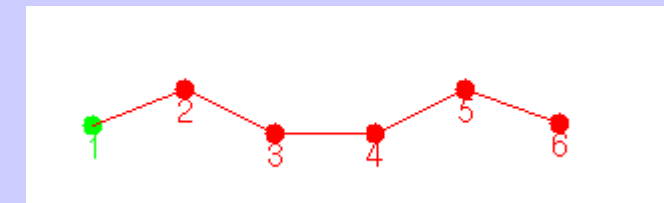
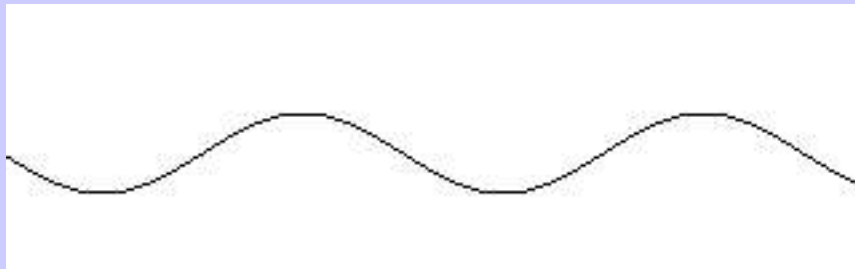
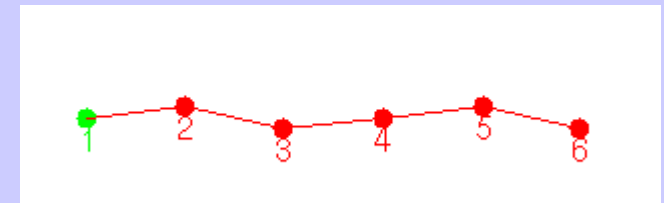
Coordinación (VII)

- Cada tipo de movimiento está definido por una matriz, que contiene todos los vectores de estado:

$[-19 \ -9 \ 24 \ -4 \ -22 \ 17 \ 12 \ -18]$	→	Instante t1
$[-17 \ -14 \ 21 \ 4 \ -25 \ 11 \ 19 \ -15]$	→	Instante t2
$[-12 \ -20 \ 18 \ 11 \ -25 \ 3 \ 23 \ -7]$	→	Instante t2
$[-5 \ -24 \ 12 \ 17 \ -22 \ -4 \ 24 \ -2]$.
$[1 \ -25 \ 6 \ 21 \ -17 \ -12 \ 24 \ 4]$.
$[7 \ -23 \ -3 \ 25 \ -11 \ -18 \ 20 \ 12]$.
$[12 \ -19 \ -9 \ 24 \ -4 \ -22 \ 17 \ 14]$		
$[17 \ -13 \ -15 \ 21 \ 4 \ -25 \ 11 \ 19]$		
$[20 \ -6 \ -21 \ 17 \ 12 \ -24 \ 2 \ 21]$		
$[21 \ 0 \ -23 \ 12 \ 17 \ -21 \ -6 \ 22]$		
$[19 \ 9 \ -24 \ 4 \ 22 \ -17 \ -12 \ 18]$	→	Instante tn

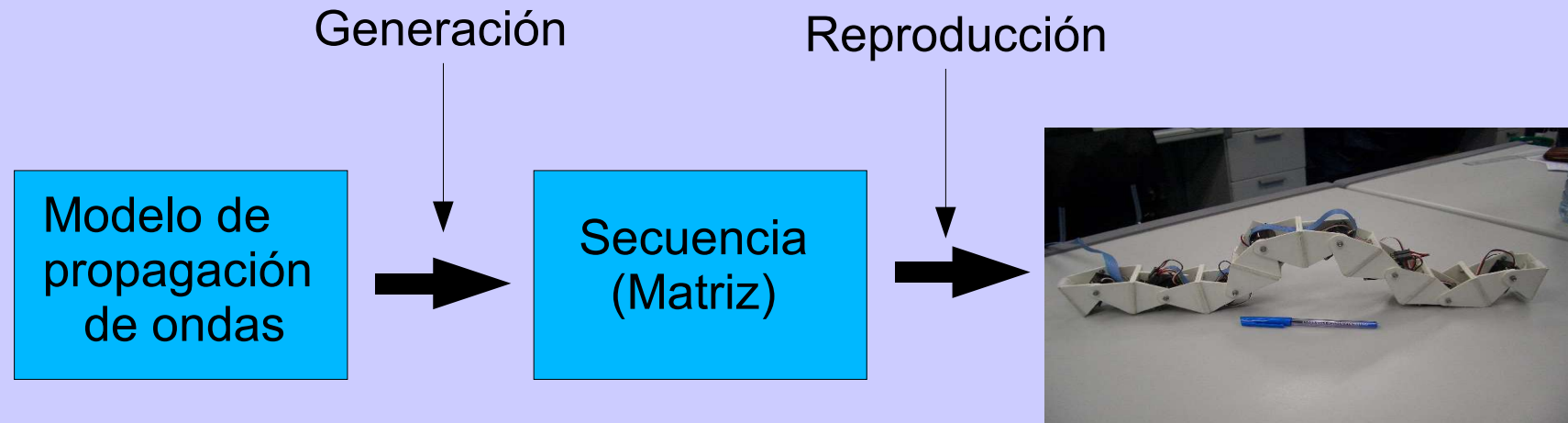
Coordinación (VIII)

- A partir del **tipo de onda**, **amplitud** y **longitud de onda**, se consiguen secuencias de movimiento diferentes

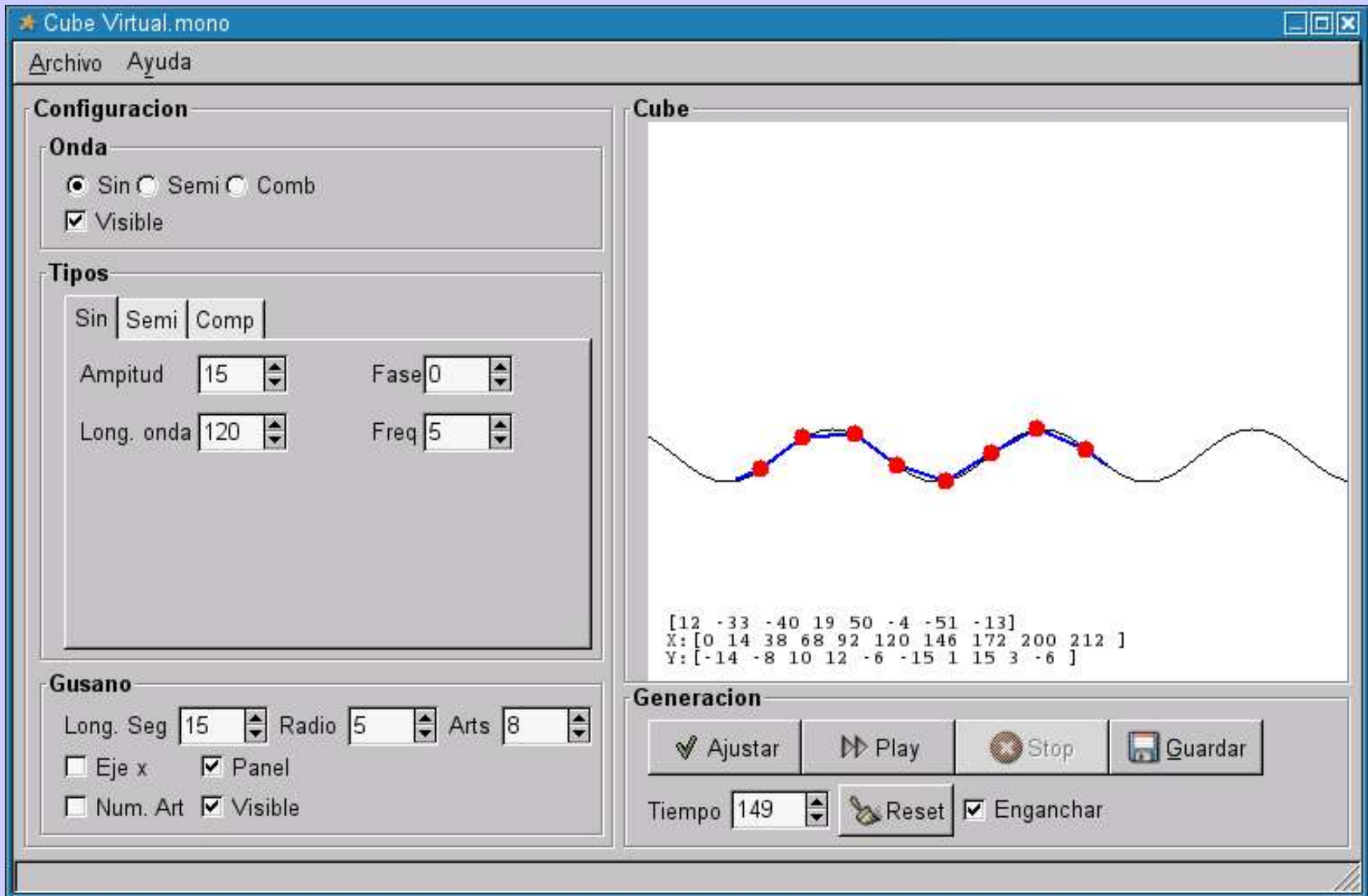


Locomoción

- La **locomoción** se implementa según el siguiente diagrama de bloques:



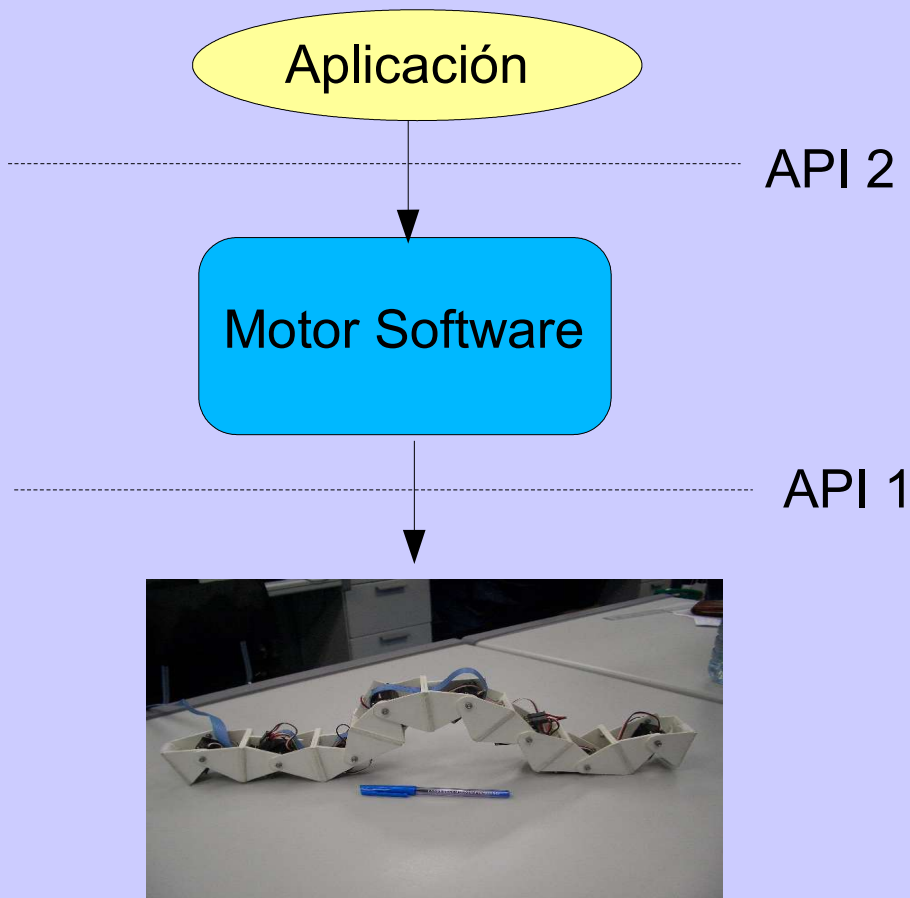
DEMO 2



Simulación

Recapitulando

- **Coordinación:** usando ondas
- **Parámetros:** Amplitud, longitud de onda y tipo de onda

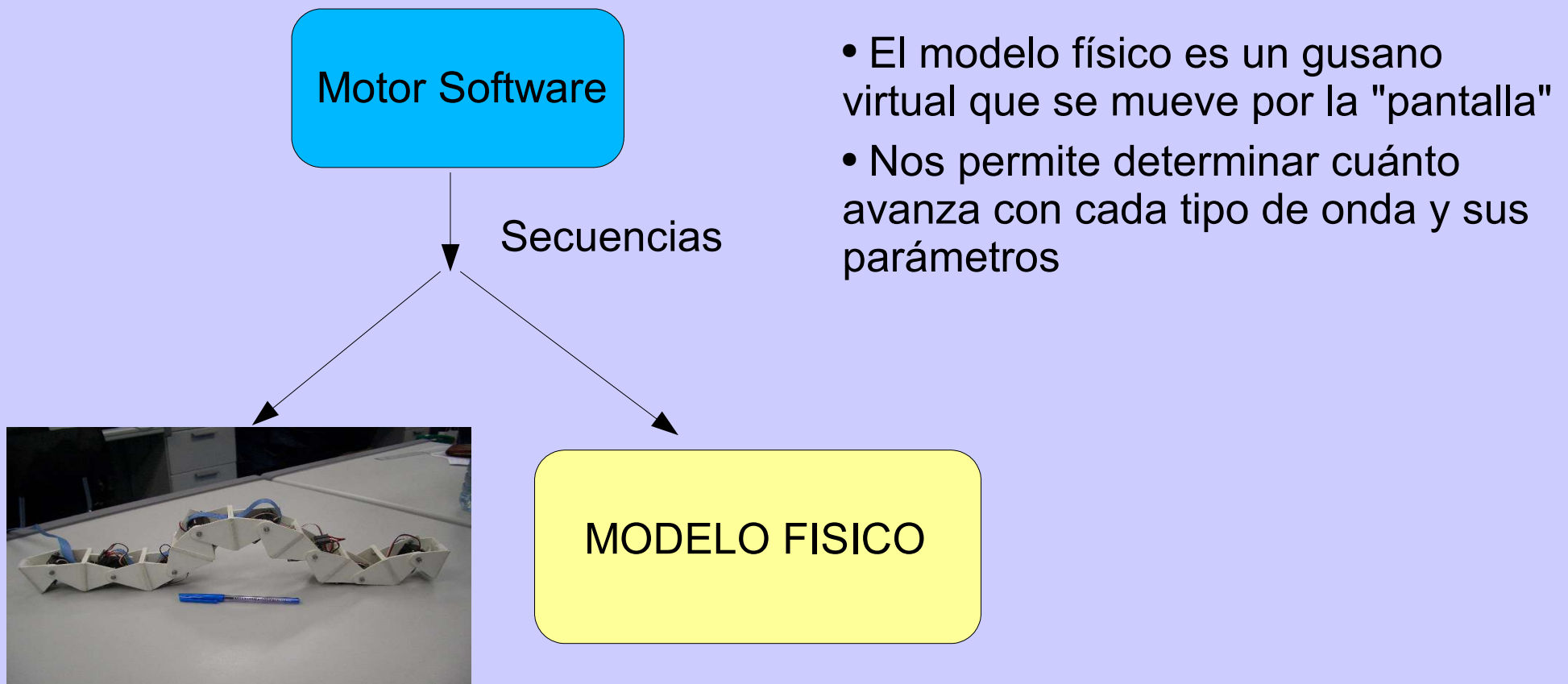


- La aplicación puede mover el gusano a partir de los parámetros
- No tiene que conocer nada sobre la coordinación

¿Qué parámetros son los óptimos en cuanto a consumo, estabilidad o velocidad?

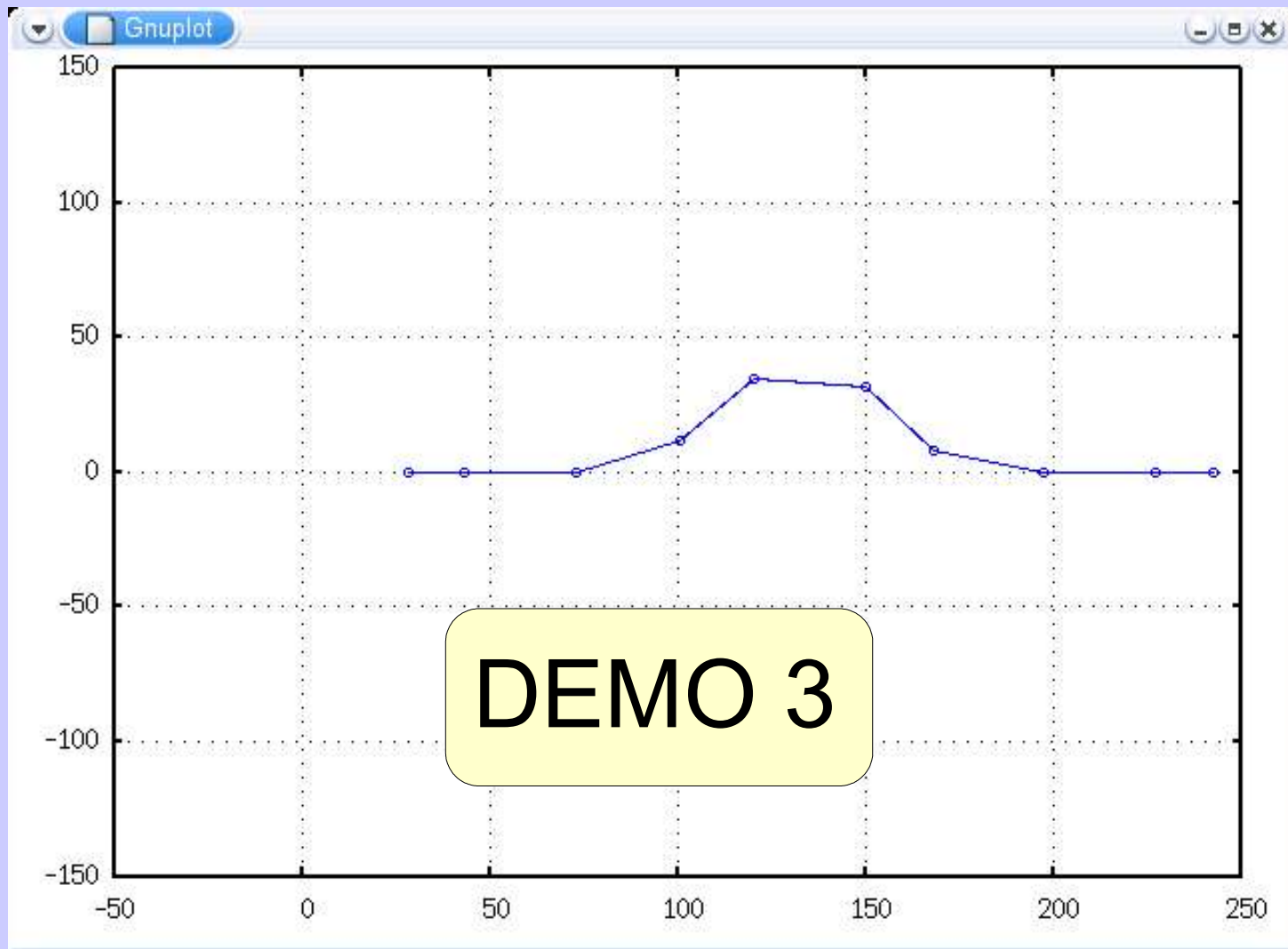
Simulación (I)

- Necesitamos tomar medidas
- Lo más sencillo es tener un **MODELO FÍSICO** del gusano



Simulación (III)

- El modelo físico está implementado en C
- Genera resultados que se pueden visualizar en OCTAVE/MATHLAB

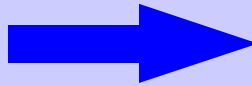
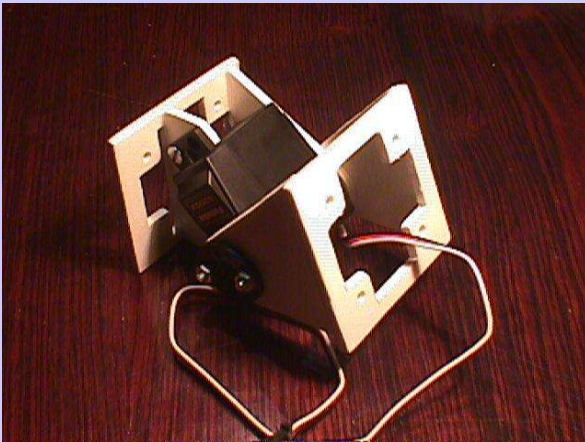


Líneas de investigación abiertas

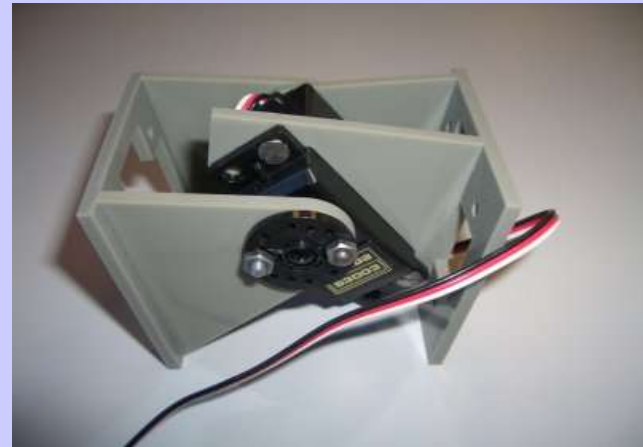
Actualmente...

- Nueva versión de los módulos: Y1.1
 - Más robustos
 - Corte por láser

Módulo Y1



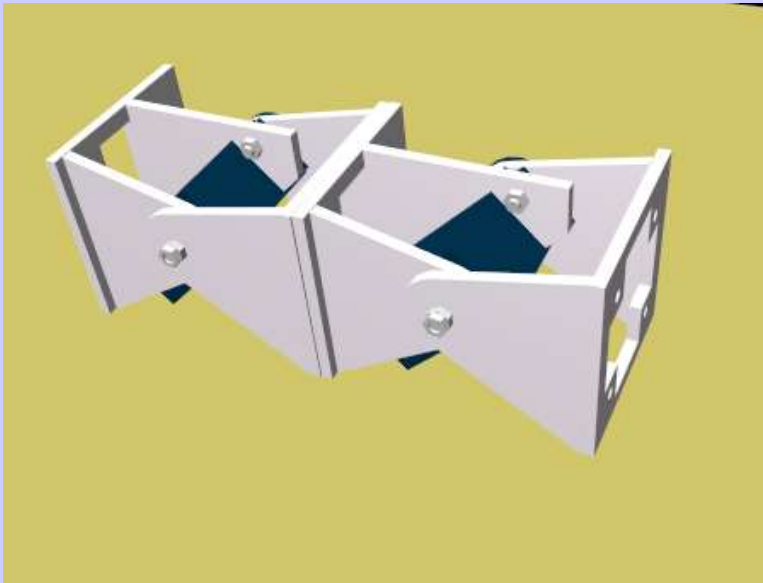
Módulo Y1.1



Línea de investigación 1:

Robótica modular (I)

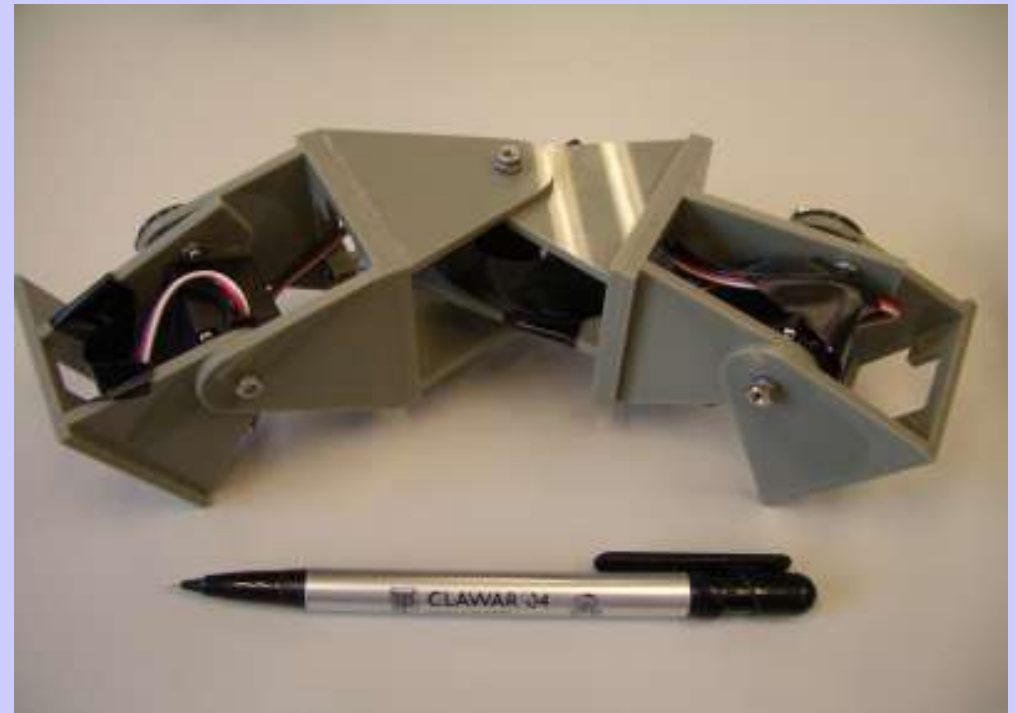
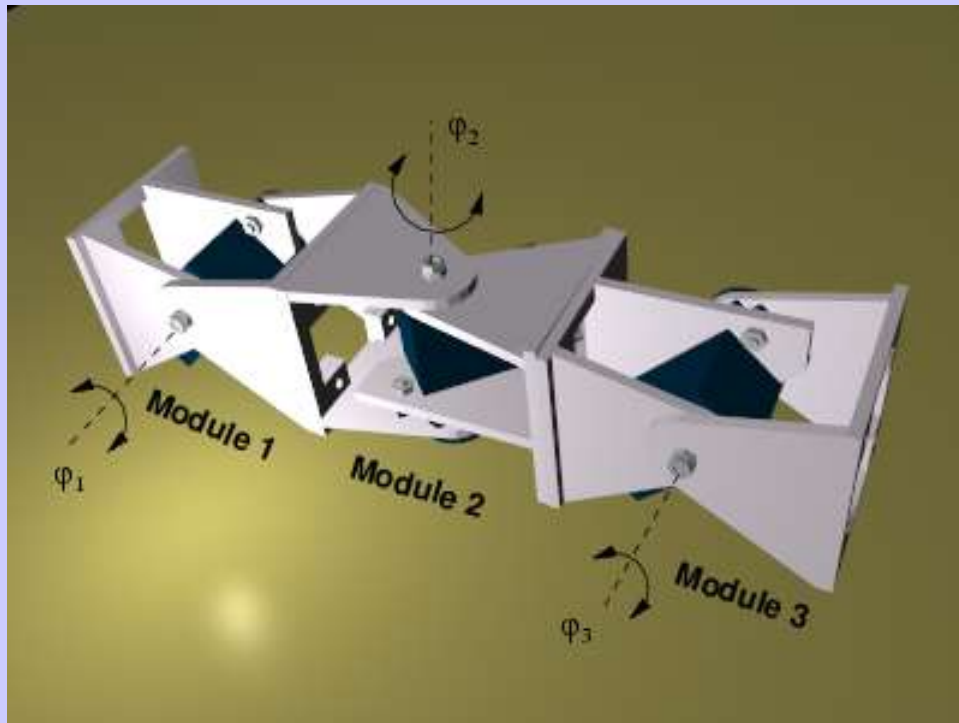
¿Cuáles son las configuraciones mínimas con las que se consigue locomoción?



Con sólo dos módulos unidos en fase, se consigue locomoción en línea recta

Línea de investigación 1: Robótica modular (II)

¿Y si añadimos un módulo más conectado en desfase?

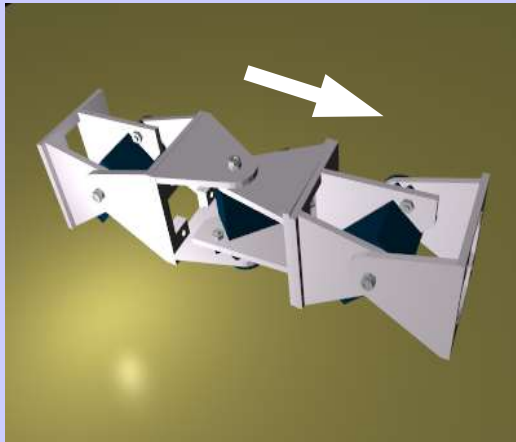


Línea de investigación 1:

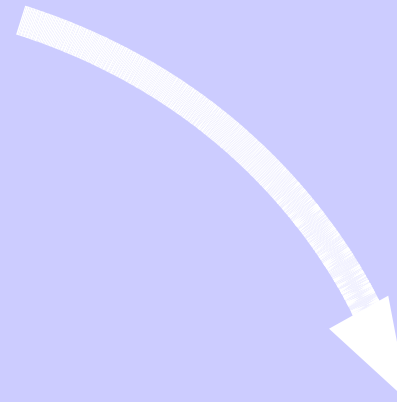
Robótica modular (III)

Se pueden realizar los siguientes movimientos:

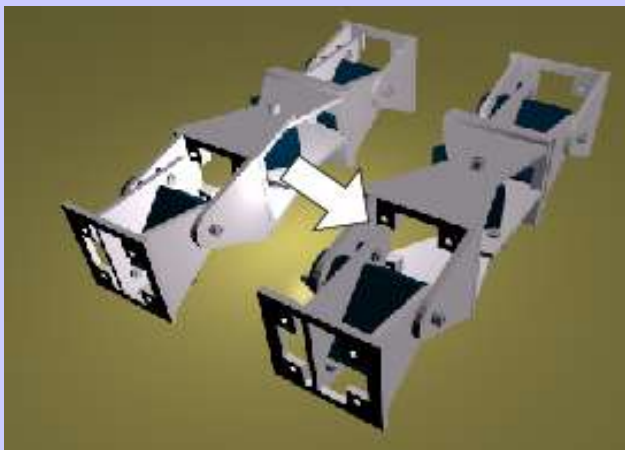
Avance en línea recta



Trayectorias curvas



Desplazamiento lateral



Rotación lateral

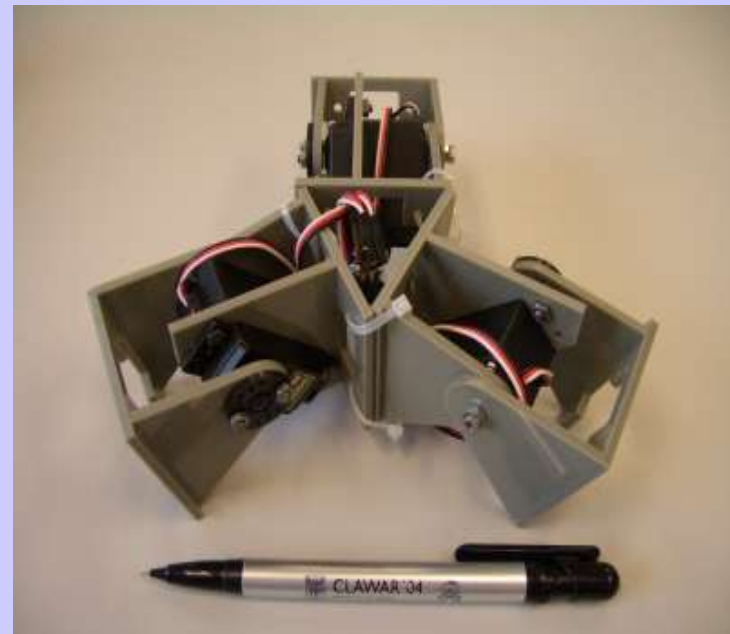
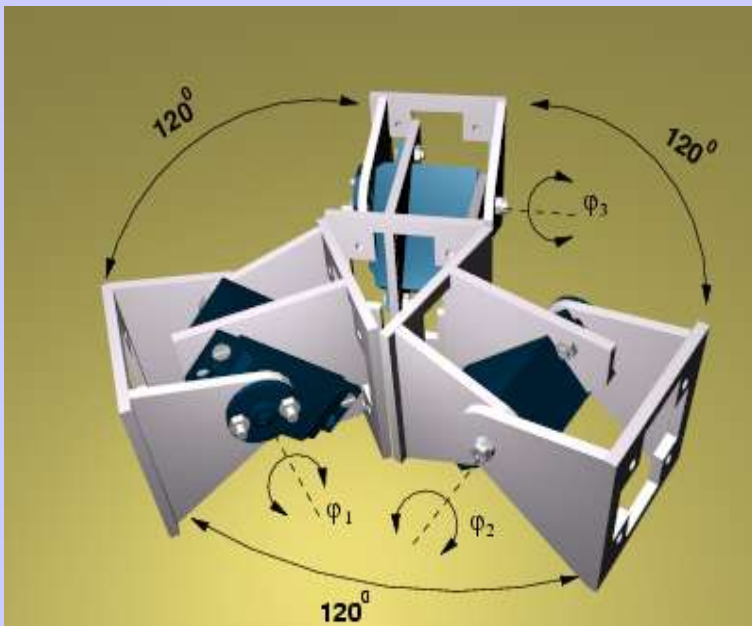


Línea de investigación 1:

Robótica modular (VI)

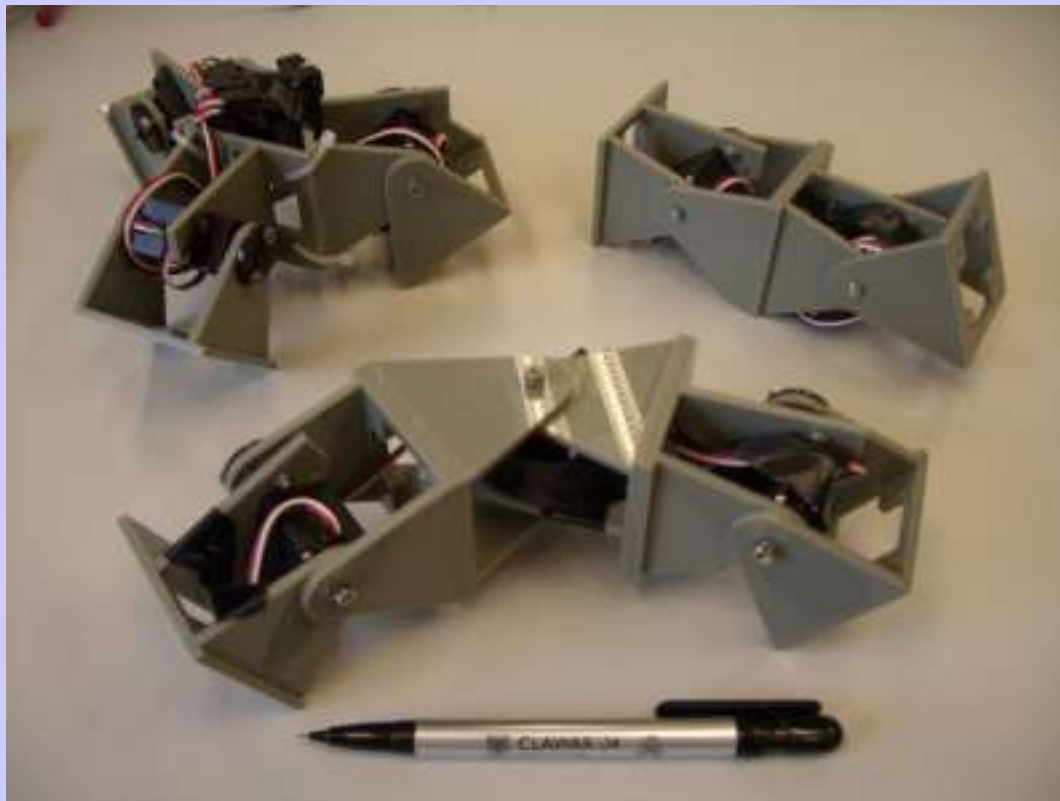
¿Qué otras configuraciones se pueden tener con tres módulos?

- Configuración en estrella
- Puede moverse en tres direcciones
- Puede rotar



Línea de investigación 1: Robótica modular (V)

MULTICUBE



DEMO 4

Línea de investigación 2:

Algoritmos genéticos

- Aplicación de **algoritmos genéticos** para la generación de secuencias de movimiento

¿Qué secuencias se obtienen?

¿Son ondas sinusoidales?

¿De qué amplitud?

¿Qué longitud de onda?

¿Cuáles son las secuencias óptimas?

Línea de investigación 3

The word "Hypercube" is rendered in a stylized, metallic, 3D font with a blue and silver gradient and a glowing effect. It is centered within a white rectangular box.

- 8 módulos. 4 paralelos al suelo, 4 perpendiculares
- Estudio del movimiento en 3D

Enlaces

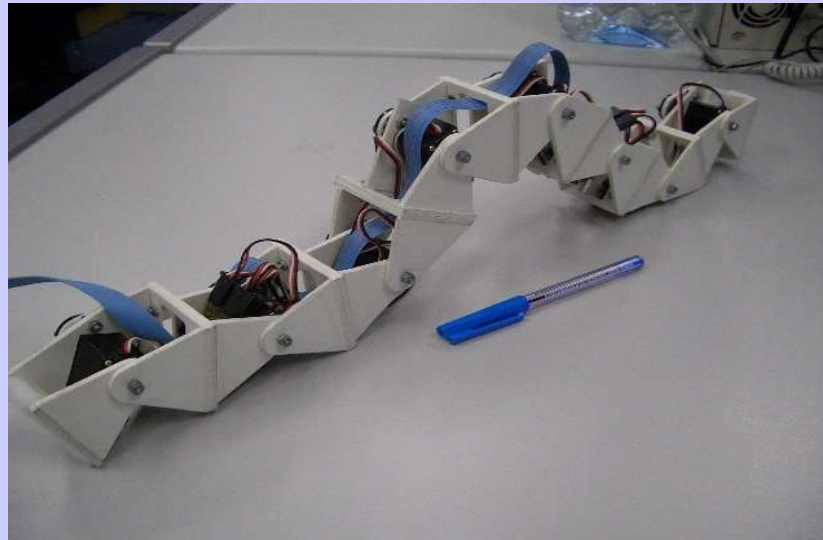
Algunas direcciones web son difíciles de recordar... Para acceder a toda la información hacer lo siguiente:

- 1) [Ir a Google](#)
- 2) [Teclear: "Cube Reloaded"](#)
- 3) [Pinchar en voy a tener suerte](#)

También podéis acceder directamente a la dirección:

www.iearobotics.com

Diseño de robots ápodos: *Cube Revolutions*



Juan González Gómez

Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid