

PROGRAMACIÓN DE ROBOTS

**Robots móviles:
Conceptos básicos**

Robots móviles: conceptos básicos

- 1.- Introducción
- 2.- Evolución
- 3.- Tipos
- 4.- Aplicaciones
- 5.- Sensores
- 6.- Actuadores
- 7.- Fuentes de energía

Robots móviles: conceptos básicos

- 1.- Introducción
- 2.- Evolución
- 3.- Tipos
- 4.- Aplicaciones
- 5.- Sensores
- 6.- Actuadores
- 7.- Fuentes de energía

1.- Introducción

- Con este tema empezamos a trabajar con robots móviles
- En el tema introductorio ya vimos las diferencias con los brazos manipuladores; ahora estarán mucho más claras

Brazos Manipuladores	Robots Móviles
Diseño y modelado matemático tratables	Diseño y modelado más complejo
No hay limitación de alimentación (ni en diseño ni en autonomía)	Limitados por la batería: pesan, deben ser accesibles para recargarlas, se agotan...
Entorno estructurado y de alcance limitado, por lo que sus movimientos pueden planificarse	Entorno cambiante, lo que dificulta la planificación de tareas. Seguridad (personas)
Espacio de estados (valores de todas las articulaciones y dinámica) limitado	Espacio de movimientos ilimitado, pero memoria y capacidad de cómputo limitadas
Coste asumible. Facilidad de adaptación a diferentes procesos productivos. Muy extendidos	EN RESUMEN: TODO MÁS COMPLICADO

1.- Introducción

- A lo largo del tema veremos algunos aspectos que resultan de interés antes de abordar la programación de microbots y robots móviles.
- Muchos de esos conceptos son muy antiguos.
- Y muchos de esos conceptos pertenecen a otras disciplinas: la robótica móvil tiene muchos campos asociados.
- En todos esos campos se puede ampliar mucho más, aunque no son el objetivo de esta asignatura.

Robots móviles: conceptos básicos

- 1.- Introducción
- 2.- Evolución
- 3.- Tipos
- 4.- Aplicaciones
- 5.- Sensores
- 6.- Actuadores
- 7.- Fuentes de energía

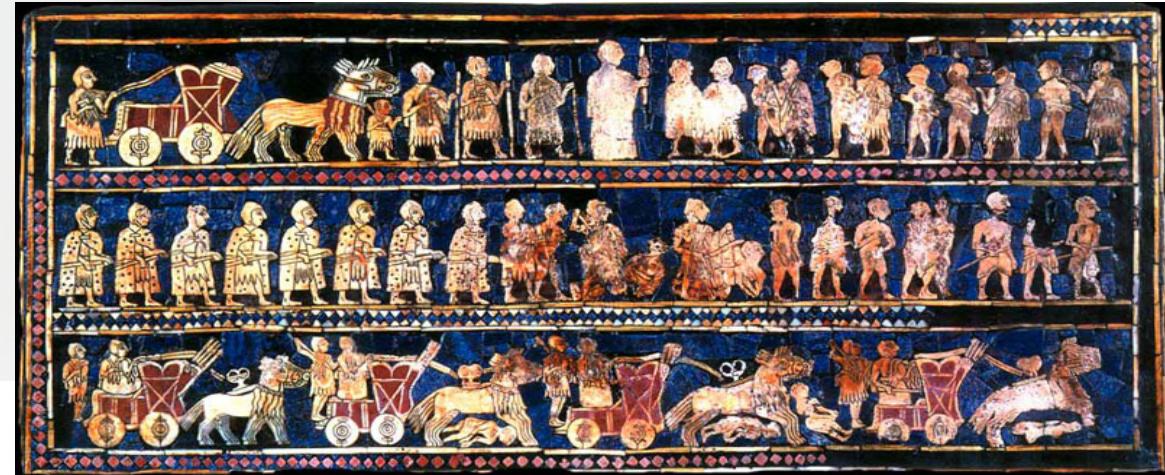
2.- Evolución

- ¿Qué elemento es fundamental en Robótica Móvil?

2.- Evolución

- ¿Qué elemento es fundamental en Robótica Móvil? **¡¡La rueda !!** (aunque ahora existen robots móviles sin ruedas)
 - Aparece en la Prehistoria (Neolítico, 5000 aC)
 - Gran avance tecnológico: carro, torno de alfarero...

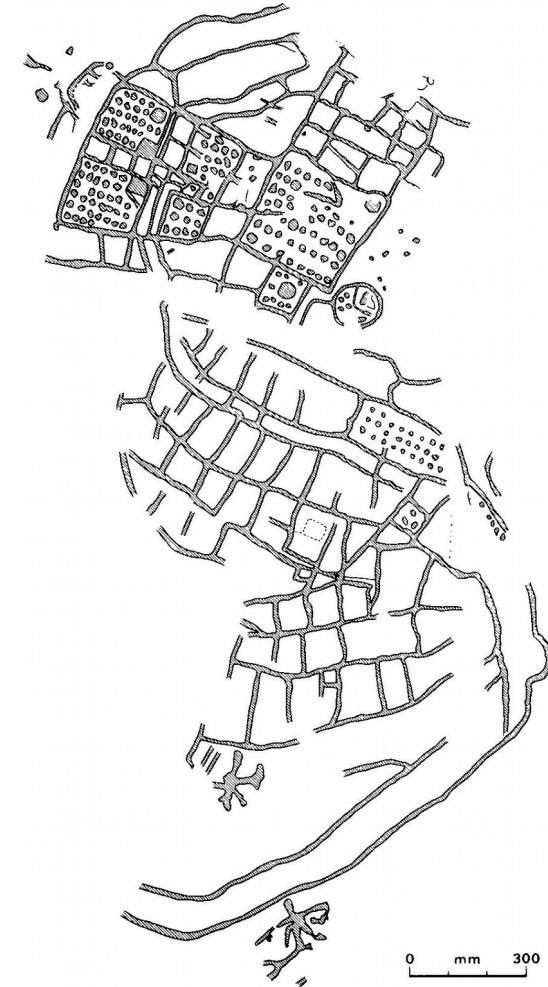
<http://www.koliscar.si/es/exposicion-virtual/>



<http://ocw.unican.es/humanidades/historia-del-proximo-oriente/modulo-2/estandarte-de-ur>

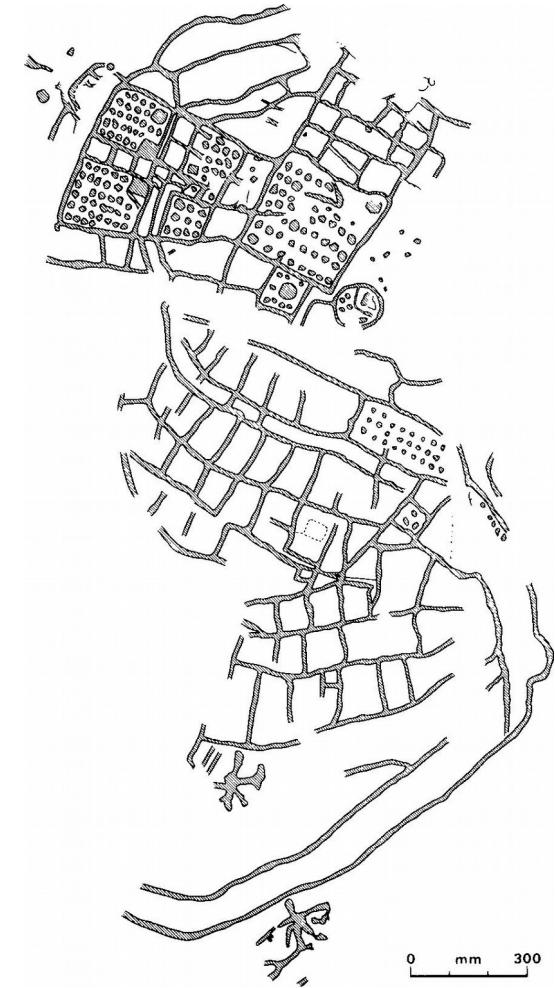
2.- Evolución

- La aparición de la rueda amplió el mundo:
 - De la migración se pasó a la exploración
 - La exploración hizo necesario el uso de mapas → cartografía (griegos, romanos)
 - Figura: mapa de una ciudad italiana excavado en piedra (2000 a.C.)
 - “Mapa de rejilla” (aspecto similar)
 - Usado en robótica móvil desde hace una década aproximadamente.



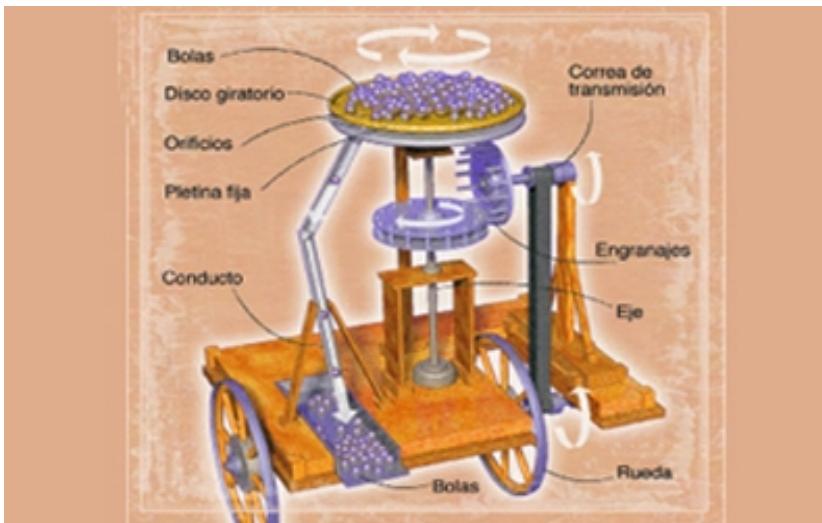
2.- Evolución

- La aparición de la rueda amplió el mundo:



2.- Evolución

- Aparecen también los primeros sensores: odómetros



Odómetro de Herón de Alejandría, siglo I
<http://www.puntal.com.ar/v2/article.php?id=62555>



Odómetro de Leonardo

2.- Evolución

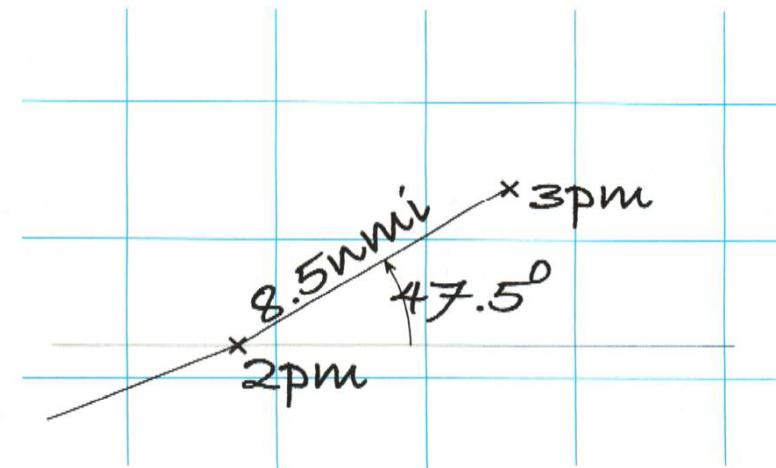
- Aparecen también los primeros sensores: odómetro
- El odómetro es el sensor más barato y común en un robot con ruedas



Odómetro actual
<http://segupol.es/odometro/>

2.- Evolución

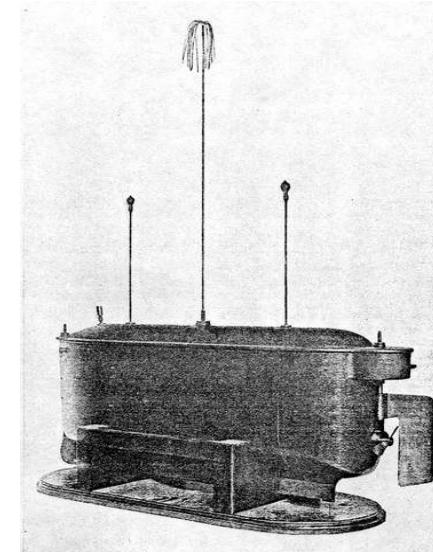
- Y aparecen también los primeros problemas
- Por ejemplo, a la hora de navegar, ya sea en tierra o en el mar, es necesario saber dónde estamos: localización. Una forma de solucionarlo es mediante *dead reckoning*: calcular la nueva posición a partir de información de distancia (velocidad, ángulo) recorrida y la posición anterior.



Solo odometría de las ruedas, mal. Pueden cambiar las condiciones de la superficie y afectar a las mediciones.

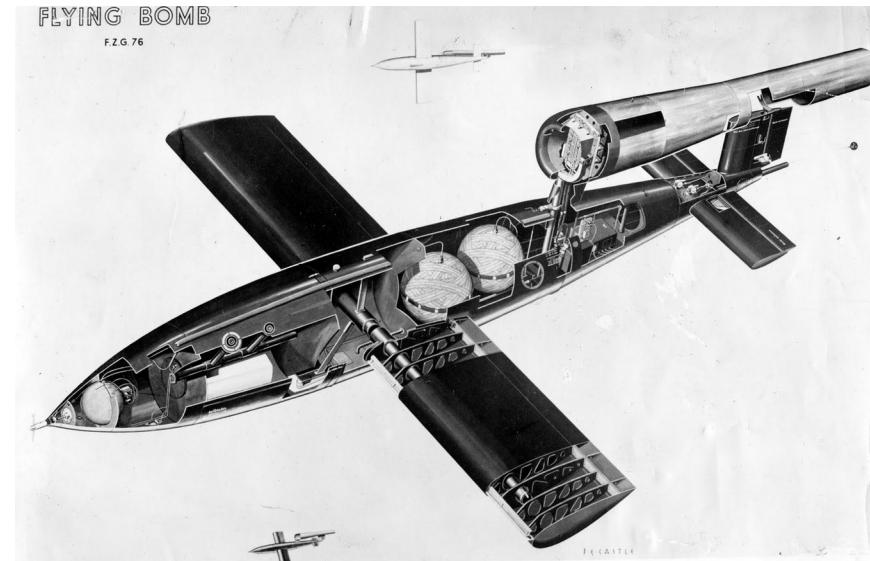
2.- Evolución

- En 1898 Nikola Tesla controla un barco de modelismo mediante radio control (según el propio Tesla el barco estaba equipado con “una mente prestada”)
- Tecnología adelantada a su tiempo, no se vio su potencialidad



2.- Evolución

- Durante la II Guerra Mundial, nuevos e importantes avances en ingeniería y ciencia (control automático, IA, robótica, ordenadores). Por ejemplo, las V1 y V2 (*Vergeltungswaffe*) de von Braun:
- Uso (Wikipedia, IEEE):
 - Las V1 se usaron a principios del verano de 1944, pero se podían detectar por el sonido, y por tanto, eliminarse.



2.- Evolución

V-1 tipping



random_london_999 • Siguiendo
London, United Kingdom

⋮



random_london_999 A Spitfire or maybe hurricane. "I stand corrected" about to flip the wing of a V1 Rocket in order to Knock the gyroscope Off-balance to stop the rocket from reaching its target in London. I always remember my old nan talking about these, they left a mark on her throughout her life as it was something she often talked about, She and my grandfather used to call them doodlebugs, she always said the noise they made was like nothing they had ever heard. The worst part was when they fell silent, you knew then they were falling towards the ground and that was the most terrifying thing because you never knew where it would land she once told me. 6,725 V1 and V2s were launched at Britain. Of these, 2,340 hit London, causing 5,475 deaths, with 16,000 injured. ♦ 🏙 All put together by London born @80psd

2.- Evolución

V-1 tipping



random_london_999 • Siguiendo
London, United Kingdom

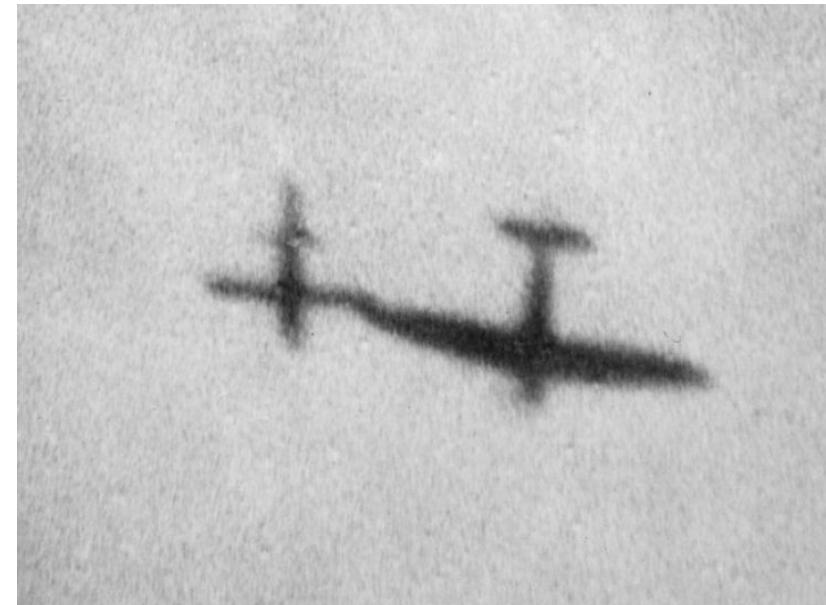
⋮

random_london_999 A Spitfire or maybe hurricane. "I stand corrected" about to flip the wing of a V1 Rocket in order to Knock the gyroscope Off-balance to stop the rocket from reaching its target in London. I always remember my old nan talking about these, they left a mark on her throughout her life as it was something she often talked about, She and my grandfather used to call them doodlebugs, she always said the noise they made was like nothing they had ever heard. The worst part was when they fell silent, you knew then they were falling towards the ground and that was the most terrifying thing because you never knew where it would land she once told me. 6,725 V1 and V2s were launched at Britain. Of these, 2,340 hit London, causing 5,475 deaths, with 16,000 injured. ♦ 🏙 All put together by London born @80psd

2.- Evolución

V-1 tipping

- Explicación de la foto: <https://www.flyingpenguin.com/?p=22683>
- Pero la técnica sí era real (y peligrosa): <https://www.forces.net/heritage/wwii/how-spitfire-pilots-really-rammed-v1-bomb-out-sky>



2.- Evolución

- Durante la II Guerra Mundial, nuevos e importantes avances en ingeniería y ciencia (control automático, IA, robótica, ordenadores). Por ejemplo, las V1 y V2 (*Vergeltungswaffe*) de von Braun:
- Uso (Wikipedia, IEEE):
 - A partir del 8 de septiembre de 1944, las fuerzas alemanas lanzaron V2 contra las ciudades de los aliados, especialmente Amberes y Londres.
 - Las V2 impactaban sin dar señales de alarma (al volar a velocidad supersónica, alcanzaban su objetivo antes de oírse el ruido de su aproximación, y no podían ser alcanzadas por aviones), por lo que no había un mecanismo de defensa efectivo.
 - Las V1 y V2 constituyan un factor de terror más allá de sus capacidades reales de destrucción, ya que el sistema guía de estos misiles era imperfecto y, por lo tanto, muchos no lograron llegar a su objetivo.

2.- Evolución

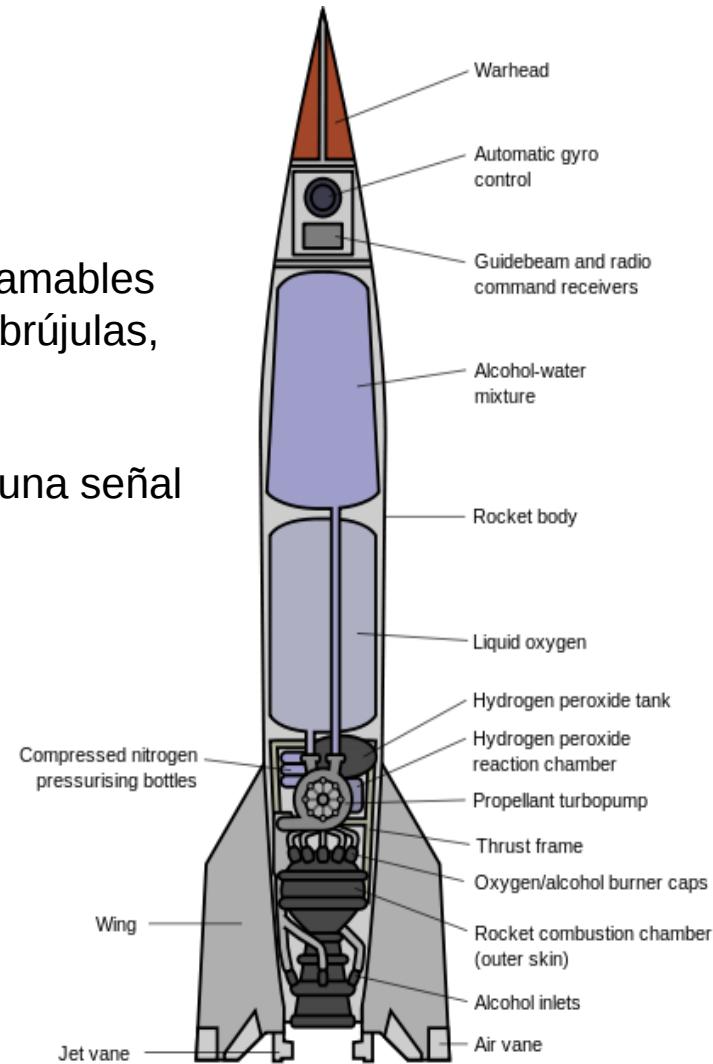


Wikipedia

2.- Evolución

V-2

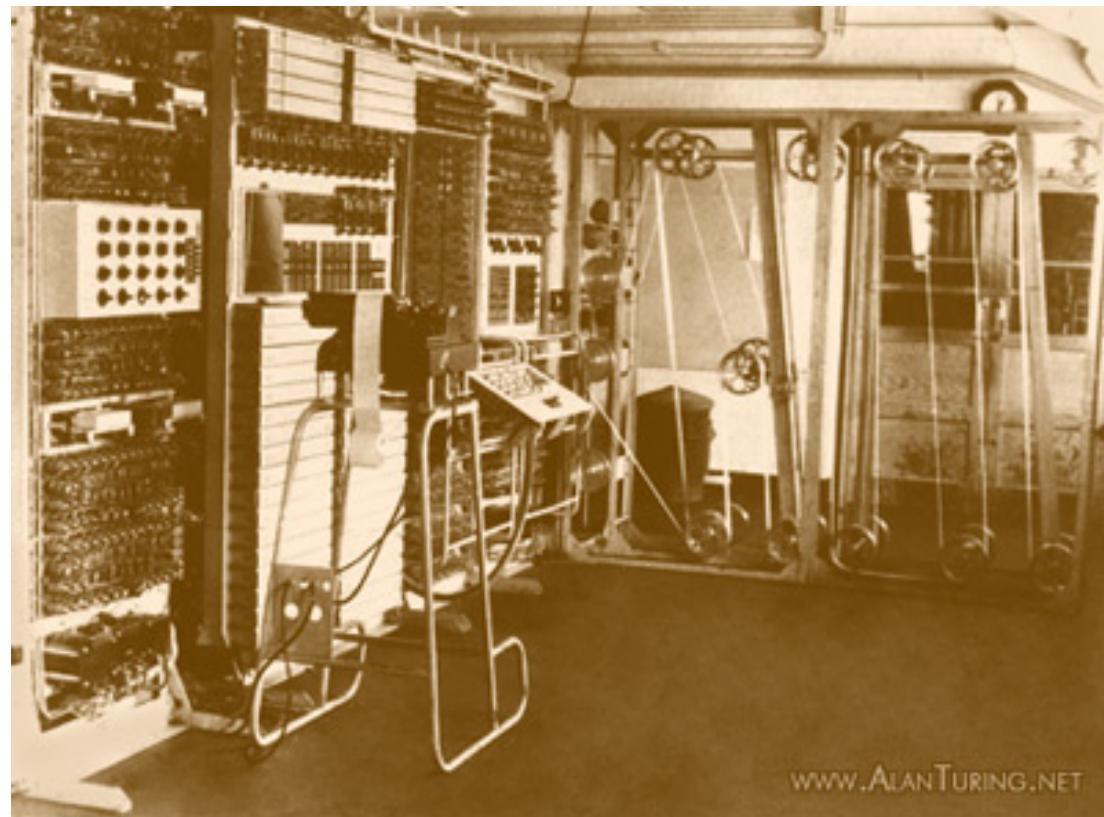
- Inicialmente, mecanismos no programables de localización (sensores inerciales, brújulas, giróscopos...)
- Después, guiada parcialmente con una señal en tierra



Wikipedia

2.- Evolución

- WWII: en 1943 se crea Colossus, el primer ordenador programable



<http://www.colossus-computer.com/>

2.- Evolución

- Tortugas de Grey Walter

- William Grey Walter (1910-1977), americano, estudios y vida profesional en UK
- Neurofisiólogo y robótico
- Trabajo robótico inspirado en neurología: cómo un pequeño número de células puede producir comportamientos complejos
 - Robots (*Machina Speculatrix*): “Tortugas” (caparazón, lentes), Elmer y Elsie (1948-1949)
 - Movimiento hacia la luz y estación de recarga
 - Circuitos analógicos

2.- Evolución

- Tortugas de Grey Walter
 - Primeros robots móviles: son autónomos y toman ciertas decisiones
 - Cableados, no programados
 - Precursoras de la nueva IA cuando no existía la IA clásica siquiera

2.- Evolución

- Tortugas de Grey Walter



2.- Evolución

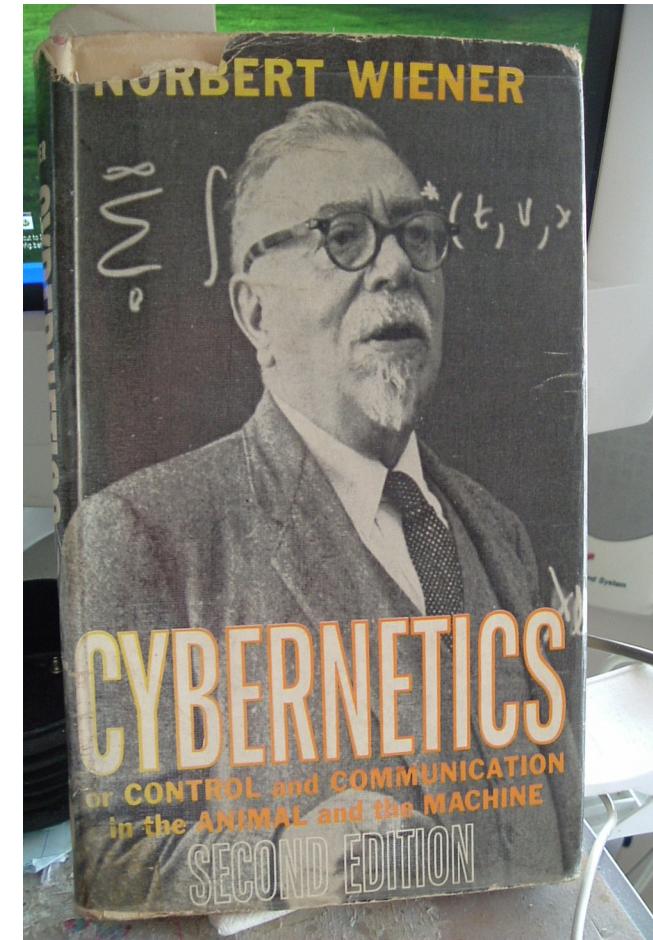
- Primera conferencia IA (1955)
 - Dos meses y diez personas para estudiar y resolver el problema de la inteligencia artificial, y establecer las guías para construir máquinas pensantes.
 - Se crea el término IA, que también será fundamental para la robótica móvil (y para la cognitiva).
 - Se establece la IA clásica.

2.- Evolución

- Cibernética (1965)
 - Norbert Wiener
 - Cibernética: estudio de sistemas de control basados en realimentación.
 - Se logran sistemas que gobiernan otro sistemas y lo llevan a las especificaciones deseadas.
 - Fundamental para la Ingeniería de Control, y por tanto, para la Robótica.

CONTROL EN BUCLE ABIERTO. OPEN LOOP

entrada referencia -> CONTROLADOR -> SISTEMA (planta) -> SALIDA
 $r(t)$ Calibración basada en $u(t)$ $y(t)$
 tiempo



La acción de control es independiente de la salida. Efectos externos pueden dar resultados distintos o no deseados

2.- Evolución

Existen otro tipo de controladores: CONTROLADORES EN BUCLE CERRADO. CLOSED LOOP

referencia $r(t) \rightarrow +/ - \rightarrow$ CONTROLADOR $u(t) \rightarrow$ SISTEMA (planta) $\rightarrow y(t)$ SALIDA

Histéresis o PID

BANDA DE HISTÉRESIS (todo o nada)

PID - proporcional

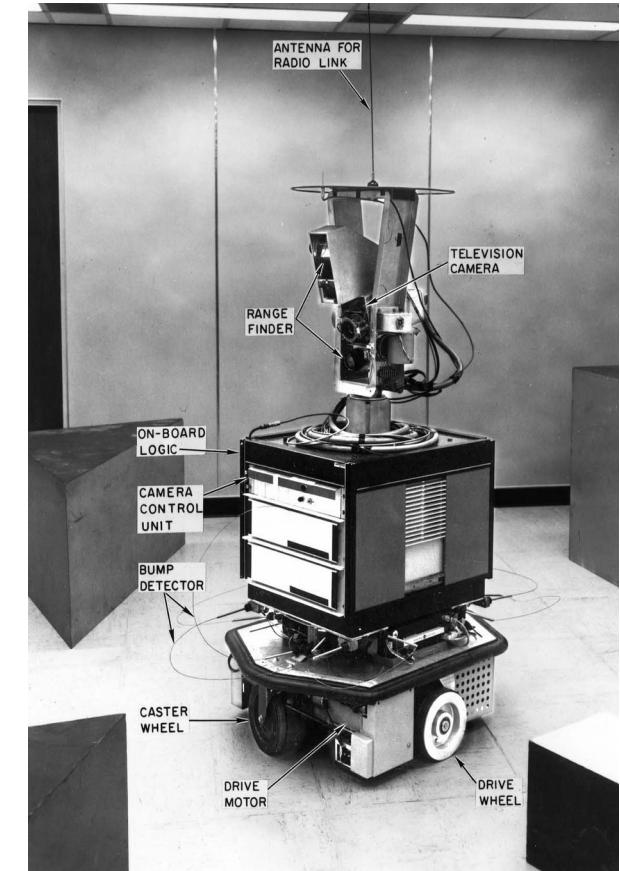
- Integral (pasado)

- Derivativa (tendencia - futuro)

Sumo los tres cálculos anteriores. Control bastante preciso.
Se dan como P, PI, PD o PID.

– Shakey (1966)

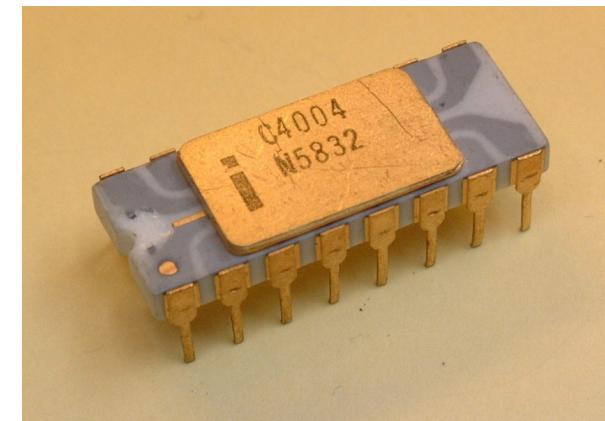
- Primer robot móvil con:
 - Plataforma móvil autónoma
 - Cámaras
 - Sensores de distancia
 - Sensores de choque
- Tomaba decisiones mediante IA clásica
- Muy importante para la Robótica Móvil.



2.- Evolución

- Intel 4004 (1971)

- Primera CPU de tamaño tan reducido (un chip) y disponible comercialmente.
- Muy importante para la Robótica Móvil.
- Se están poniendo las bases para la próxima revolución: la revolución de la información



2.- Evolución

- Kuipers (1978)

- Adapta las ideas de Piaget sobre el espacio a la Robótica
- Piaget: figura esencial del constructivismo (paradigma educativo donde el aprendizaje se produce mediante construcciones sucesivas a partir de la experimentación)
 - Estudió cómo los niños representan el espacio: no con geometría euclíadiana, sino con relaciones topológicas.
- Gran paso para el mapeo en robots móviles



2.- Evolución

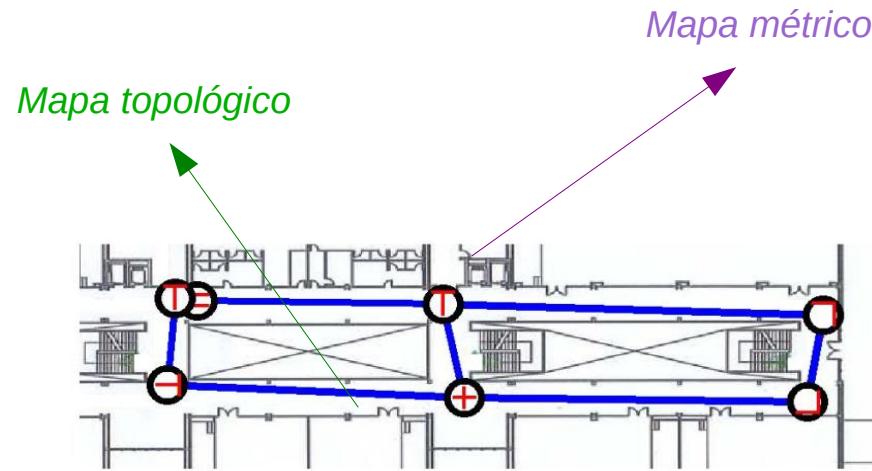
– Kuipers (1978)

- Kuipers' 1977 PhD thesis from MIT presented the TOUR Model --- the first comprehensive computational model of the human cognitive map. [...] All evidence suggests that the human cognitive map represents space quite differently from a printed map, which has a single global frame of reference. Unlike previous attempts to model spatial knowledge, the TOUR model included several distinct representations for large-scale space, such as procedures for following a route from one place to another, a topological map containing places connected by paths, and localized metrical maps with separate frames of reference.



2.- Evolución

- Kuipers (1978)



<http://robots.unizar.es>



2.- Evolución

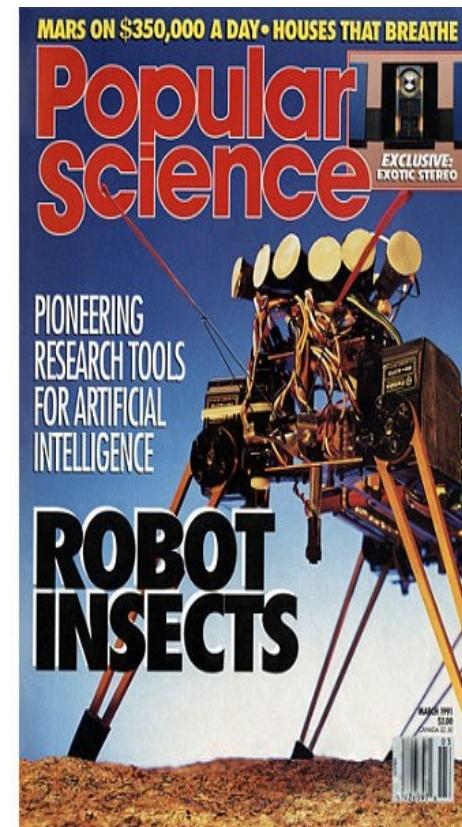
- IBM PC (1981)

- La IA y la Robótica seguían dando sus primeros pasos, ayudadas por la miniaturización y abaratamiento de la tecnología



2.- Evolución

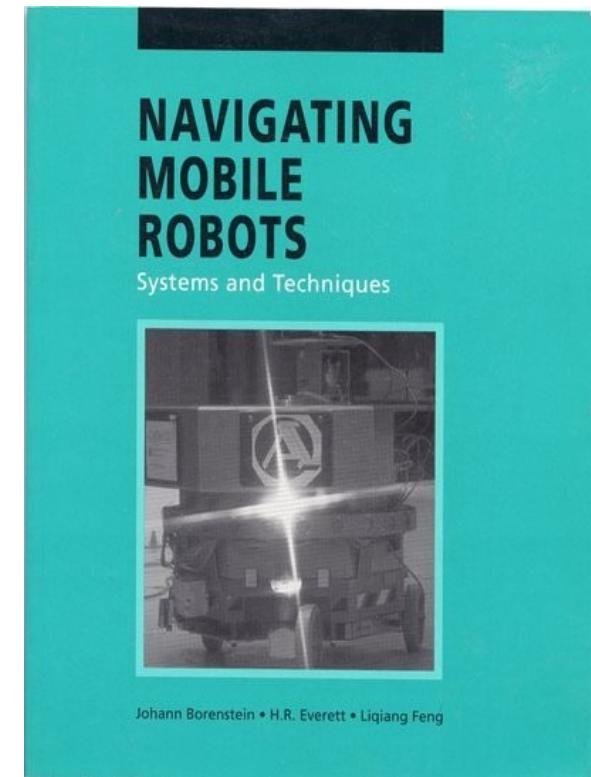
- Brooks (1989)
 - Nace la *Nouvelle AI*
 - Ambos paradigmas chocan sin mezclarse y sin resolver problemas básicos.
 - Nacen las redes neuronales



2.- Evolución

– Borenstein (1996)

- Hasta mediados de los 90 se consideran no resueltos la localización y el mapeo (la navegación sí, que es un problema de Ingeniería de Control: PID)
- Se disponía de métodos de optimización que aún se usan.
- El problema era la incertidumbre, ya que aunque existían herramientas matemáticas para tratarla, como el KF, la tecnología era cara y poco potente.



2.- Evolución

- Localización de Monte Carlo (2000s)
 - A finales de los 90 y durante la década siguiente se comenzó a ver la luz en los problemas de localización y mapeo → Sebastian Thrun
 - Localización de Monte Carlo (*Monte Carlo localization*, MCL)
 - Solución probabilística

2.- Evolución

- SLAM EKF (2000s)
 - SLAM, *Simultaneous Localization And Mapping*, Localización y mapeado simultáneos.
 - ¡No se le da el mapa al robot!
 - EKF, *Extended Kalman Filter*, Filtro Extendido de Kalman.
 - Se aborda y soluciona el problema del SLAM, que sigue dando juego hoy en día, aunque bastante resuelto con métodos probabilísticos.

2.- Evolución

- HMT SLAM (finales 2000s)
 - HMT, *Hybrid Metric Topologic*, Híbrido métrico topológico, aborda el large-scale y long-term SLAM: mapeado, localización y navegación en grandes espacios y durante mucho tiempo:
 - Los datos del SLAM y los sensores van aumentando con el tiempo.
 - Revisitas: volver a un sitio donde ya has estado, y darte cuenta de que ya lo has visitado y cual es.
 - HMT: mezclar un mapa topológico con el métrico, de forma que éste se reduce y trocea.

2.- Evolución

– Mapeado Kinect (hoy)

- La aparición del sensor Kinect y en general del uso de visión está desplazando a otros sensores y abriendo otros métodos de mapeado y localización, paradójicamente volviendo al uso de optimizadores en lugar de mantener la incertidumbre debido a la gran cantidad de datos que proveen estos sensores (no puedes estar tan lejos de la verdad, la incertidumbre no es tan importante).



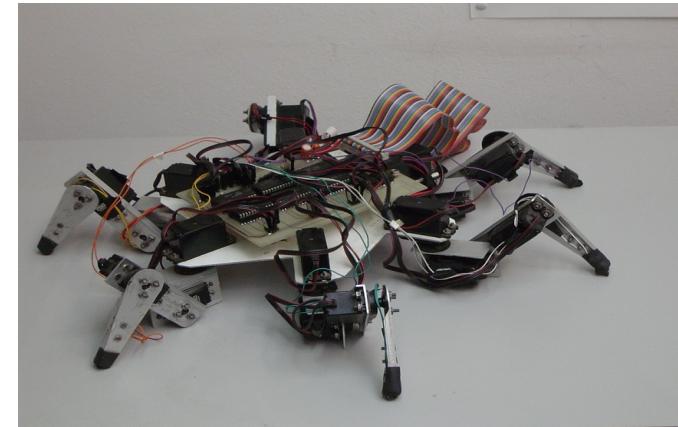
<http://www.microsoft.com>

Robots móviles: conceptos básicos

- 1.- Introducción
- 2.- Evolución
- 3.- Tipos
- 4.- Aplicaciones
- 5.- Sensores
- 6.- Actuadores
- 7.- Fuentes de energía

3.- Tipos

- Terrestres



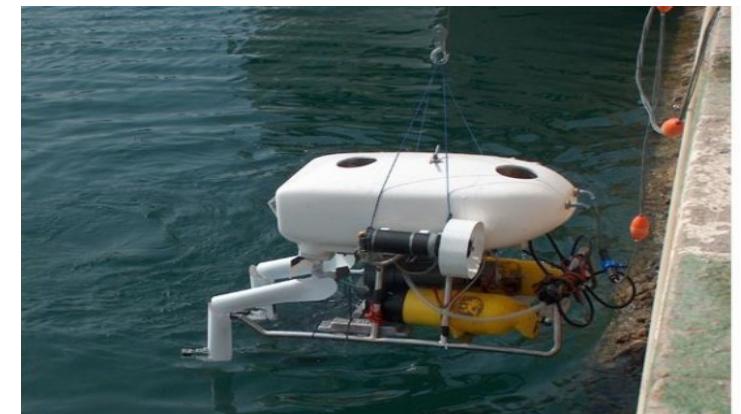
3.- Tipos

- Aéreos



3.- Tipos

- Acuáticos



Robots móviles: conceptos básicos

- 1.- Introducción
- 2.- Evolución
- 3.- Tipos
- 4.- Aplicaciones**
- 5.- Sensores
- 6.- Actuadores
- 7.- Fuentes de energía

4.- Aplicaciones

- Aplicaciones industriales
 - AGVs: automated guided vehicles



4.- Aplicaciones

- Aplicaciones industriales
 - AGVs: automated guided vehicles



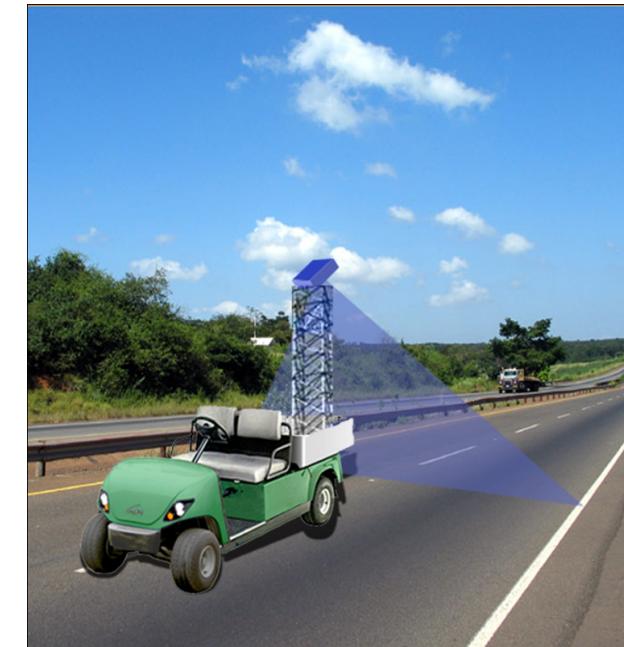
4.- Aplicaciones

- Aplicaciones industriales
 - Recolector de naranjas



4.- Aplicaciones

- Aplicaciones industriales
 - Roadbot: levantamiento 3D de carreteras automatizado



<http://mapir.isa.uma.es/mapir/index.php/otri-806-5562922-description>

4.- Aplicaciones

- Aplicaciones industriales
 - Robot forestal



4.- Aplicaciones

- Aplicaciones de asistencia
 - Teleasistencia a mayores



<http://mapir.isa.uma.es/mapir/index.php/giraffdescription>

4.- Aplicaciones

- Aplicaciones de asistencia
 - Asistencia a discapacitados



4.- Aplicaciones

- Aplicaciones de asistencia
 - Asistencia terapeútica



4.- Aplicaciones

- Aplicaciones de asistencia
 - Limpieza



4.- Aplicaciones

- Aplicaciones de servicio
 - Guía de congresos/ferias/museos



4.- Aplicaciones

- Aplicaciones educativas
 - LEGO NXT



4.- Aplicaciones

- Aplicaciones militares
 - Desactivación de explosivos



4.- Aplicaciones

- Aplicaciones de rescate
 - Sistema multirrobot terrestre/aéreo: detección aérea

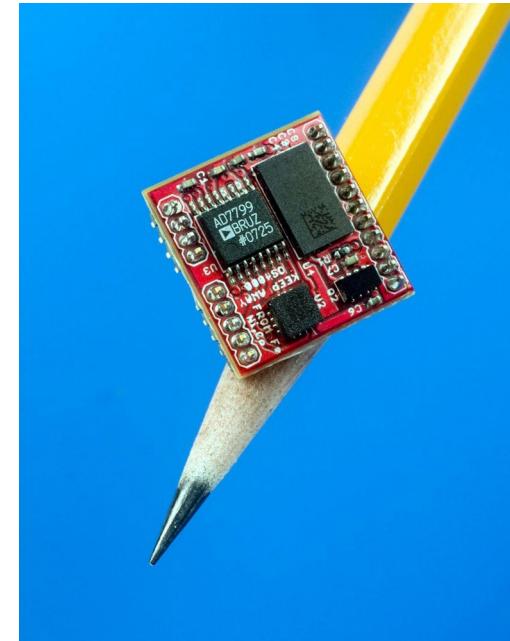


Robots móviles: conceptos básicos

- 1.- Introducción
- 2.- Evolución
- 3.- Tipos
- 4.- Aplicaciones
- 5.- Sensores
- 6.- Actuadores
- 7.- Fuentes de energía

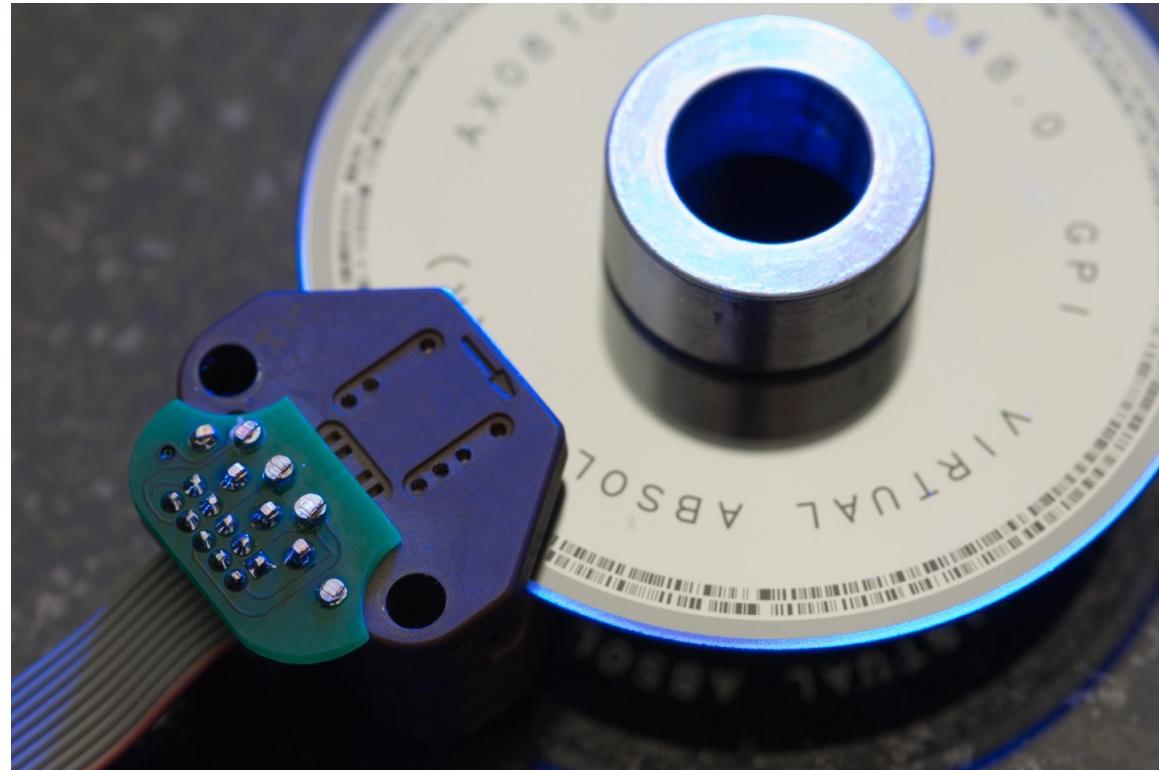
5.- Sensores

- Proprioceptivos
 - Brújula (*compass*)



5.- Sensores

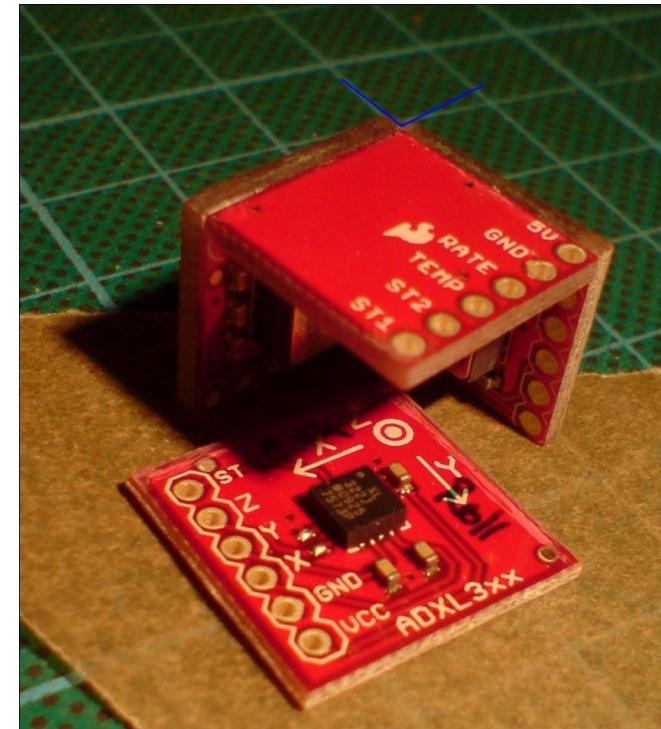
- Proprioceptivos
 - Encoder



5.- Sensores

- Proprioceptivos

- IMU: *Inertial Measure Unit*, unidad de medida inercial
- Velocidad y aceleración gracias a acelerómetros y giróscopos



5.- Sensores

- Proprioceptivos
 - Inclinómetro: desviación respecto a la horizontal



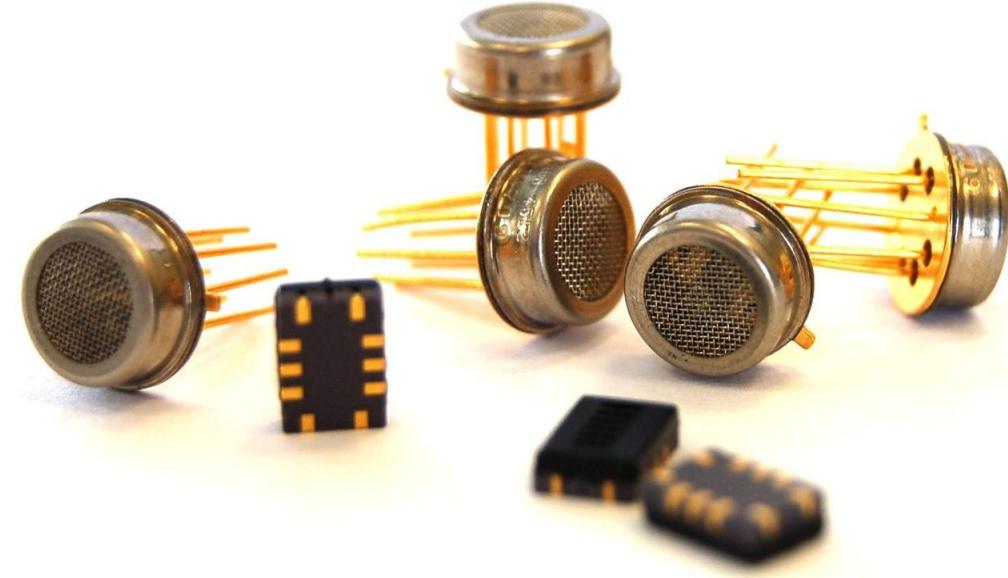
5.- Sensores

- Exteroceptivos
 - Bumper/Láser/Sónar/Cámara



5.- Sensores

- Exteroceptivos
 - Gas: detección de olores



5.- Sensores

- Exteroceptivos
 - Kinect: imagen color+profundidad (sensor actuado)



KINECT™
for XBOX 360.



5.- Sensores

- Exteroceptivos
 - Kinect: aplicaciones. Mini Maxwell



<http://www.showusyoursensors.com/2011/06/introducing-mini-maxwell.html>

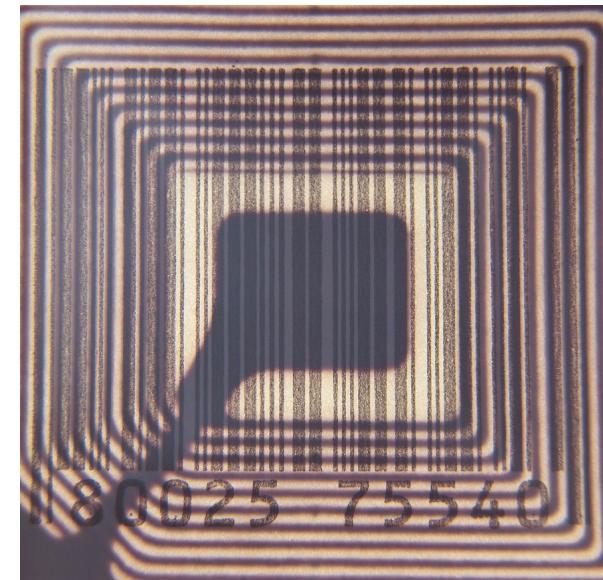
5.- Sensores

- Exteroceptivos
 - Cámara termal



5.- Sensores

- Del entorno
 - RFID



5.- Sensores

- Del entorno
 - GPS



Robots móviles: conceptos básicos

- 1.- Introducción
- 2.- Evolución
- 3.- Tipos
- 4.- Aplicaciones
- 5.- Sensores
- 6.- Actuadores**
- 7.- Fuentes de energía

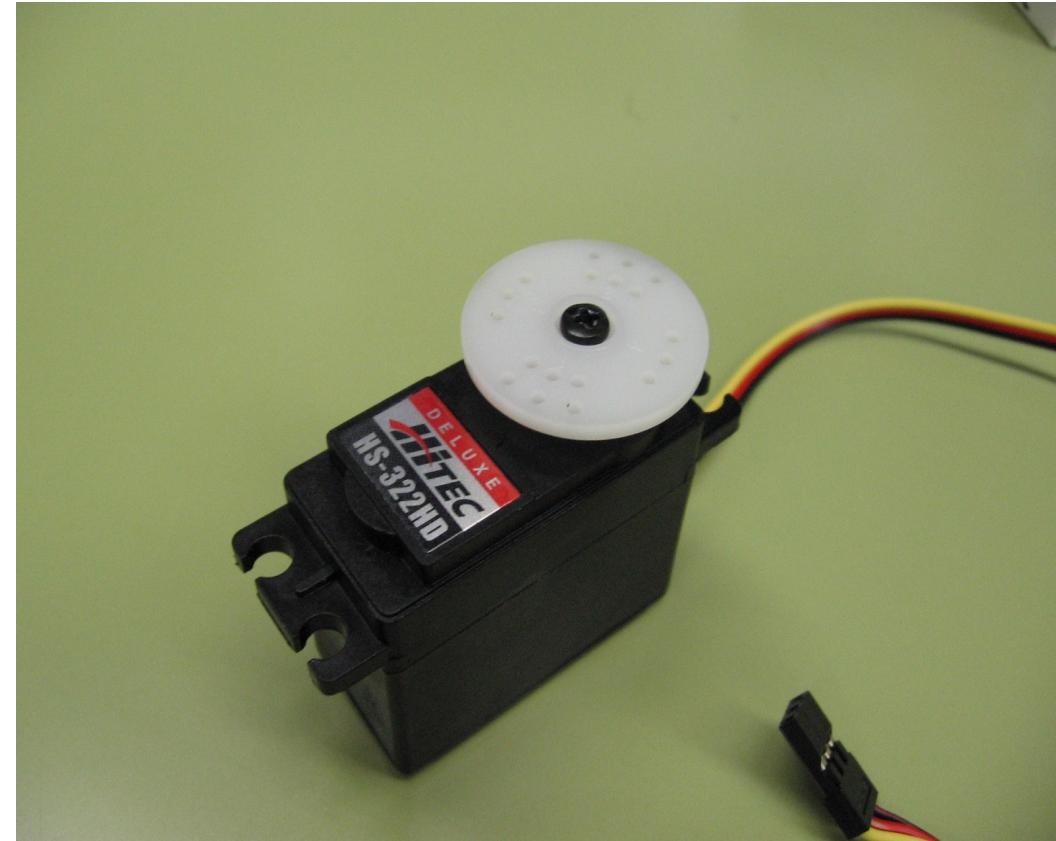
6.- Actuadores

- Motores DC



6.- Actuadores

- Servo motor



6.- Actuadores

- Hélices



6.- Actuadores

- Servo hidráulico



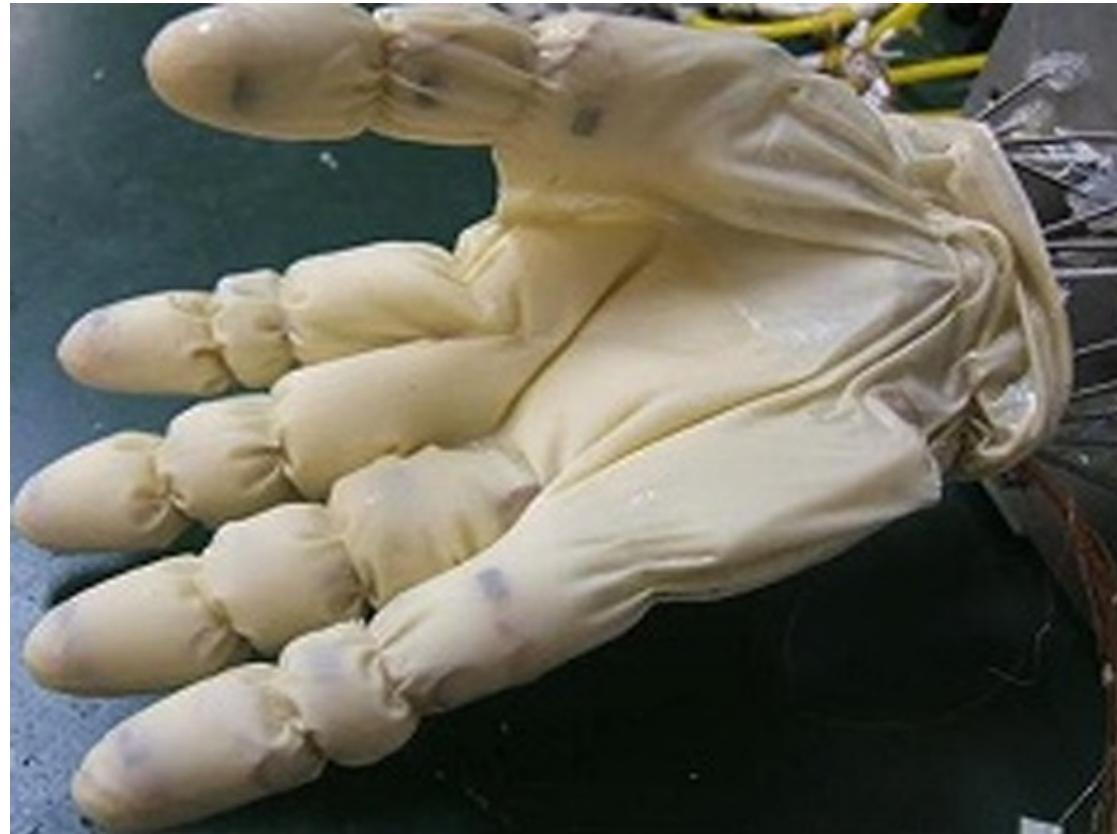
6.- Actuadores

- Magnético (cambio de morfología en robots reconfigurables)



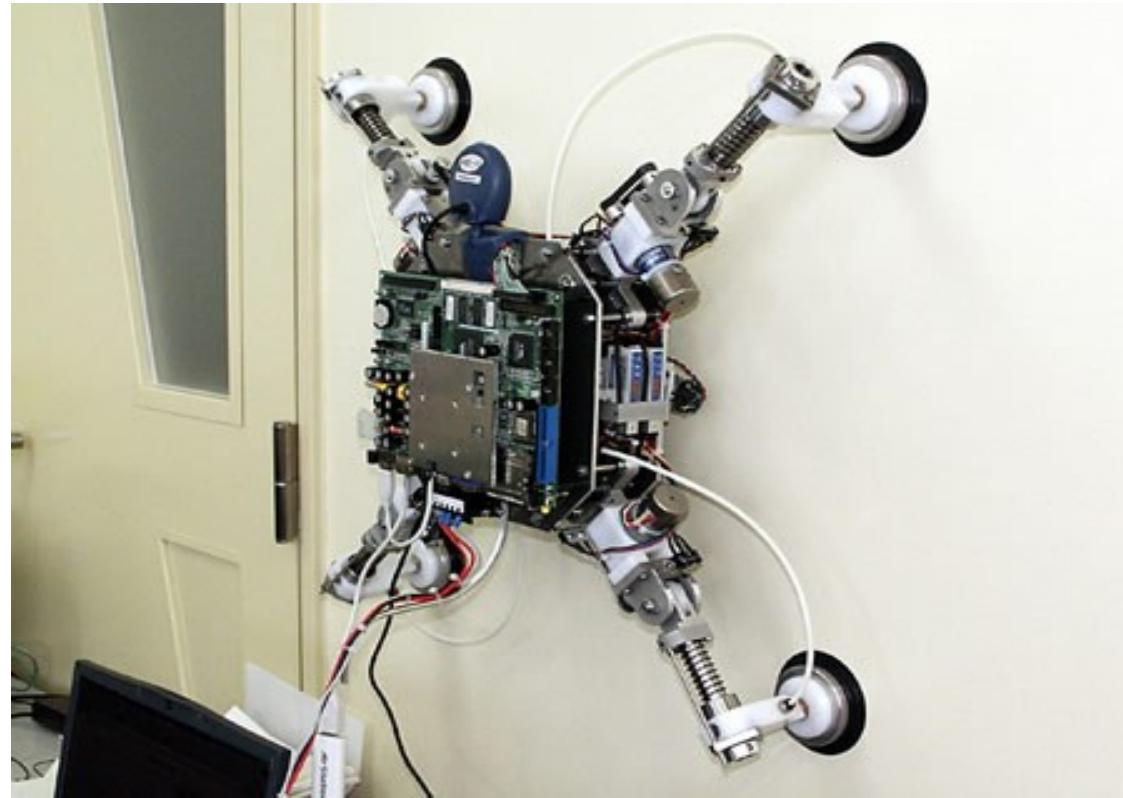
6.- Actuadores

- Neumático



6.- Actuadores

- Bomba de succión



Robots móviles: conceptos básicos

- 1.- Introducción
- 2.- Evolución
- 3.- Tipos
- 4.- Aplicaciones
- 5.- Sensores
- 6.- Actuadores
- 7.- Fuentes de energía

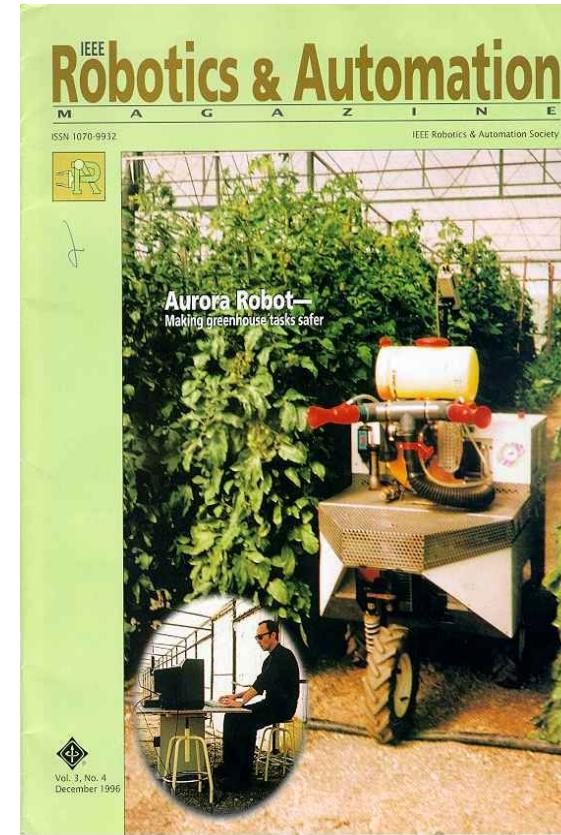
7.- Fuentes de energía

- Pilas alcalinas (microbots)



7.- Fuentes de energía

- Motor de combustión



7.- Fuentes de energía

- Baterías LiPo (polímero de litio): poco peso, mantenimiento delicado



7.- Fuentes de energía

- Baterías de ión litio: más peso y volumen, menos delicadas



7.- Fuentes de energía

– Baterías



7.- Fuentes de energía

- Placas solares

