
Comportamiento autónomo: animales y robots

José María Cañas Plaza

<http://gsyc.escet.urjc.es/jmplaza>



Inst. Investigaciones Biomédicas UNAM, julio 2005

Contenidos

- Introducción: Etología y robótica
- Arquitectura de un robot
- Jerarquía Dinámica de Esquemas
- Experimentos
- Conclusiones

Introducción

¿Por qué no hay robots haciendo las tareas de casa?

- Generar comportamiento autónomo es difícil
- Integrar un conjunto amplio de conductas es muy complejo
- Falta robustez y flexibilidad
- ¿Problema tecnológico o teórico?
- Los animales se comportan inteligentemente en su entorno

Etología y robótica

- **Etología**: estudio del *comportamiento* en animales
 - causas inmediatas: fisiología, desarrollo de mecanismos
 - causas finales: evolución

- **Robótica**: generación de *comportamiento* autónomo en máquinas
 - robótica autónoma: investigación
 - robótica industrial: factorías de coches
 - robótica de servicios: roomba, aibo

ROBÓTICA REAL



¿Qué es un robot?



Sistema informático con:

- Sensores
- Actuadores
- Computador

Hay que **programarlo** para que consiga sus objetivos y sea sensible a la situación

¿Qué es un animal?



Sistema natural con:

- Sentidos
- Músculos
- Sistema nervioso

La evolución ha modelado el sistema nervioso para que reaccione correctamente a los estímulos relevantes

Diferencias en el enfoque del comportamiento

ETOLOGÍA

- Natural
- Perspectiva analítica
- Evolución natural
- Evolución incremental
- Supervivencia

ROBÓTICA

- Artificial
- Perspectiva sintética
- Ingenieros
- Diseño desde cero
- Objetivos utilitarios

Influencia mutua enriquecedora

- La robótica no ha dado el salto en complejidad
- La etología puede aportar a la robótica modelos para generar comportamientos más complejos e integrarlos en un único sistema
- Las hipótesis etológicas se pueden simular y probar en robots

Arquitectura de un robot

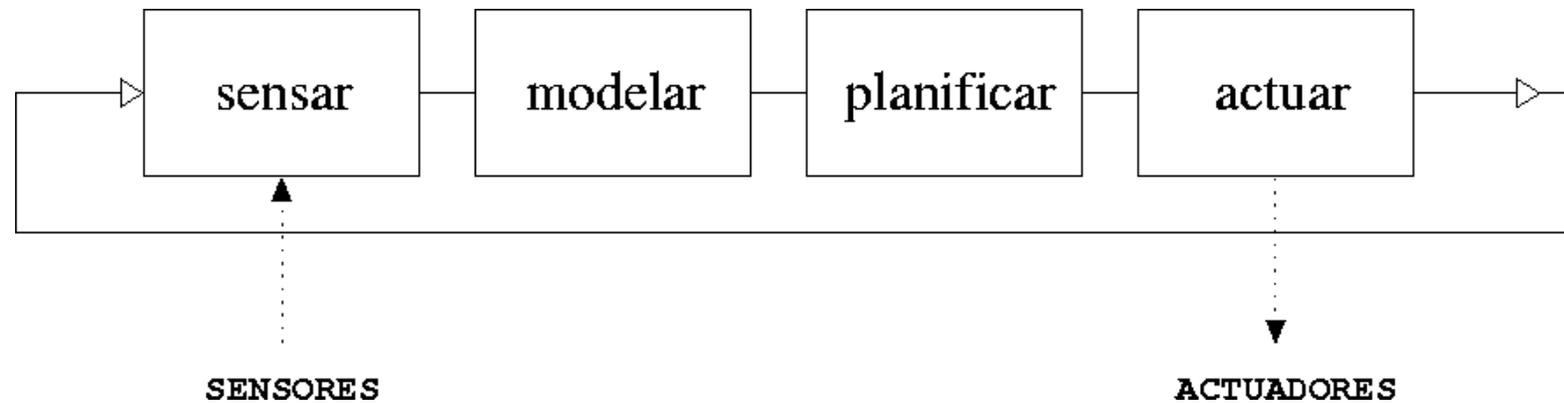
*La **organización** de las capacidades sensoriales, de procesamiento y de acción para conseguir un repertorio de comportamientos inteligentes interactuando con cierto entorno*

- Repertorio de comportamientos
- Información desbordante, incierta
- Selección de acción, atención
- La arquitectura determina el comportamiento observable

Diferentes paradigmas

- Escuela deliberativa
- Escuela reactiva
- Sistemas basados en comportamientos
- Sistemas híbridos
- Etología

Escuela deliberativa

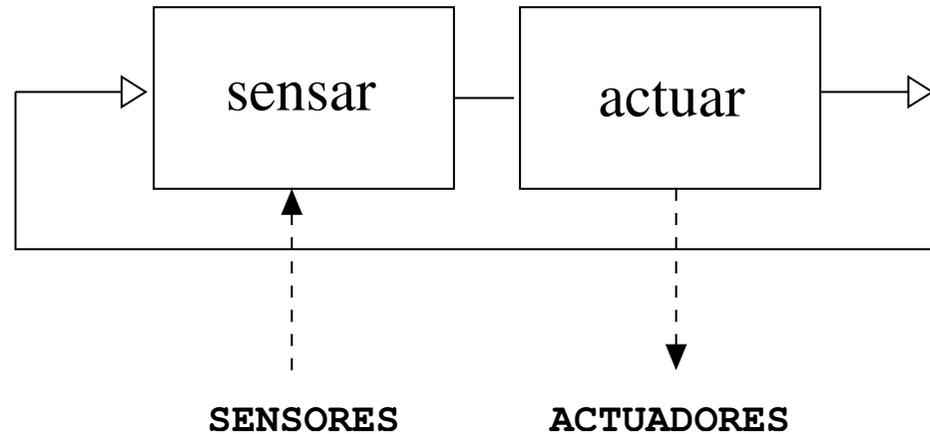


- Curso específico de acción: planificación y ejecución
- Percepción objetiva y modelado del mundo
- Abstracción funcional
- Shakey, Hilare... años 70
- Frágil y lento

COMPORTAMIENTO DE NAVEGACIÓN

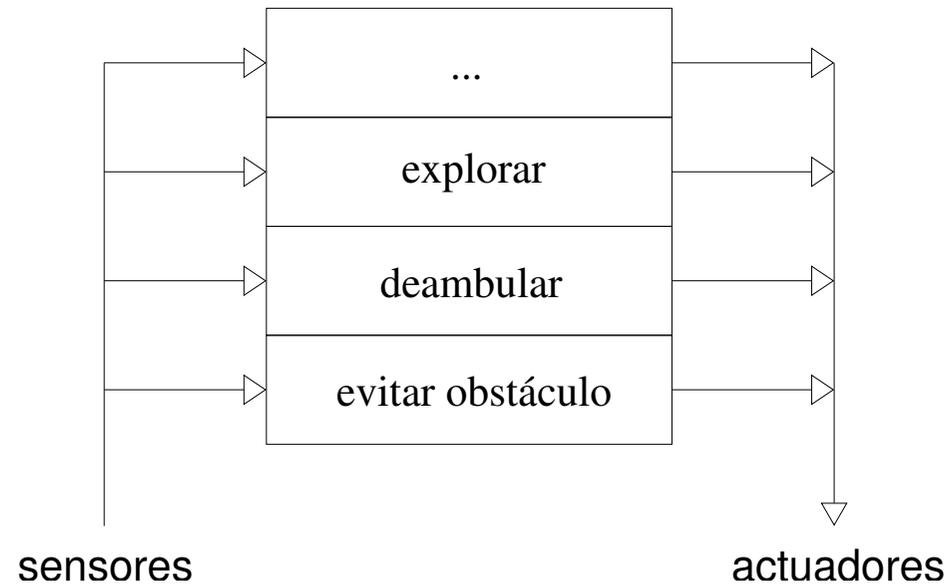
- El primer problema de la robótica móvil
- Información de un mapa
- Se delibera, se construye un plan antes de empezar a moverse
- La trayectoria planificada se ejecuta
- Problema de la localización
- ¿Qué pasa con los imprevistos?

Escuela reactiva



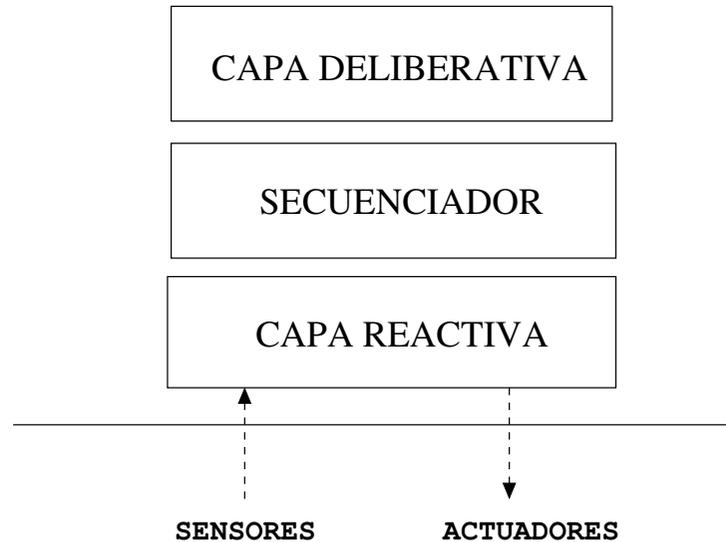
- Interacción continua con el entorno, acción situada
- Percepción subsimbólica
- Autómatas materializan reflejos, mediados de los 80
- No escala a comportamientos complejos.

Sistemas basados en comportamientos



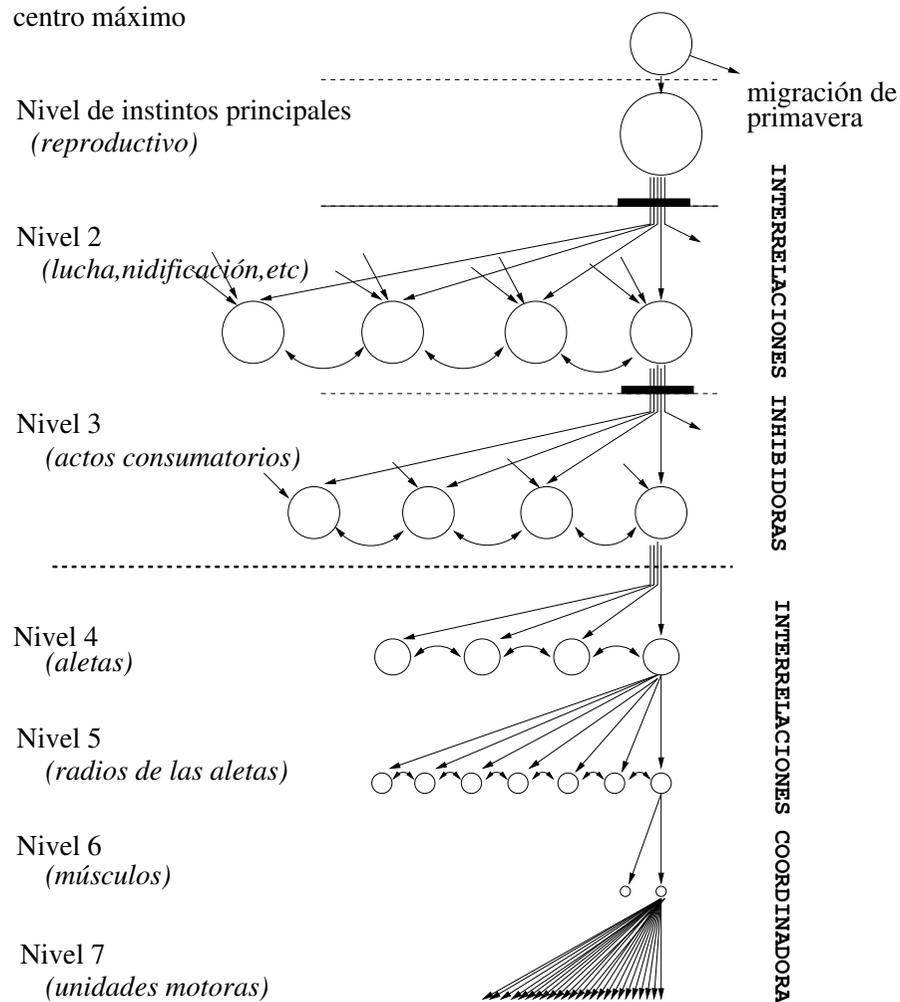
- Reactividad. Colección priorizada de reflejos
- Subsunción: suprimir salidas y suplantar entradas
- Brooks.... mediados de los 80
- No escala bien a comportamientos complejos

Sistemas híbridos



- Capa deliberativa: razonamiento simbólico
- Capa reactiva: procesos que se activan discrecionalmente
- Niveles fijos
- Años 90

Sistemas etológicos



- Jerarquía
- Motivaciones, estímulos, disparadores, taxias...
- Tinbergen, Lorenz, Ludlow...
- Siglo XX

Jerarquía Dinámica de Esquemas

Hipótesis de partida

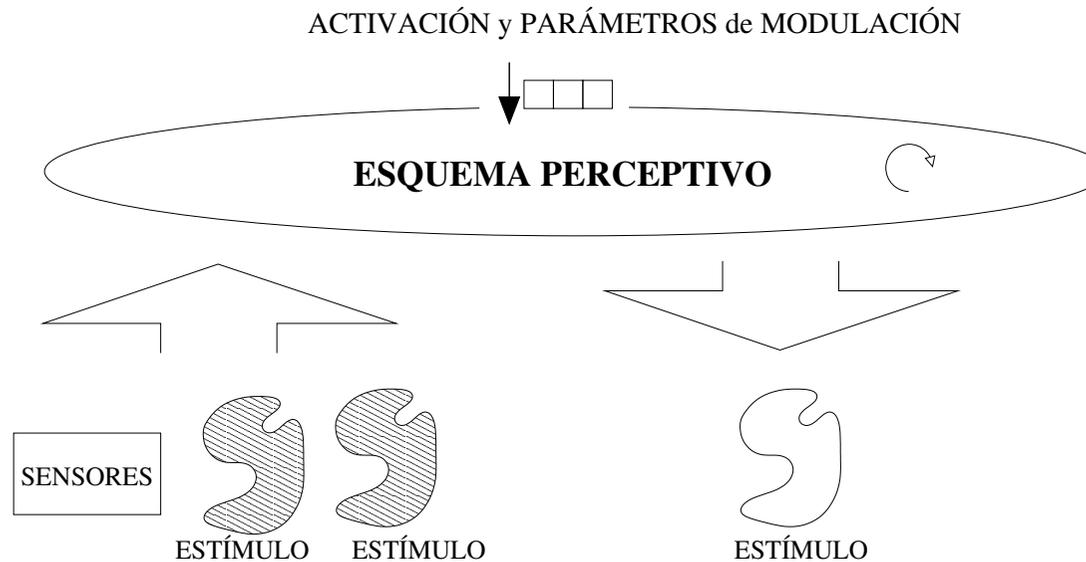
- Comportamiento = percepción y control
- Fragmentación en unidades (**esquemas**) asíncronas concurrentes
 - de percepción elaboran estímulos
 - de actuación toman decisiones
- La colección de esquemas se organiza en **jerarquía**

Esquemas

Un **esquema** es un flujo de ejecución independiente, con un objetivo

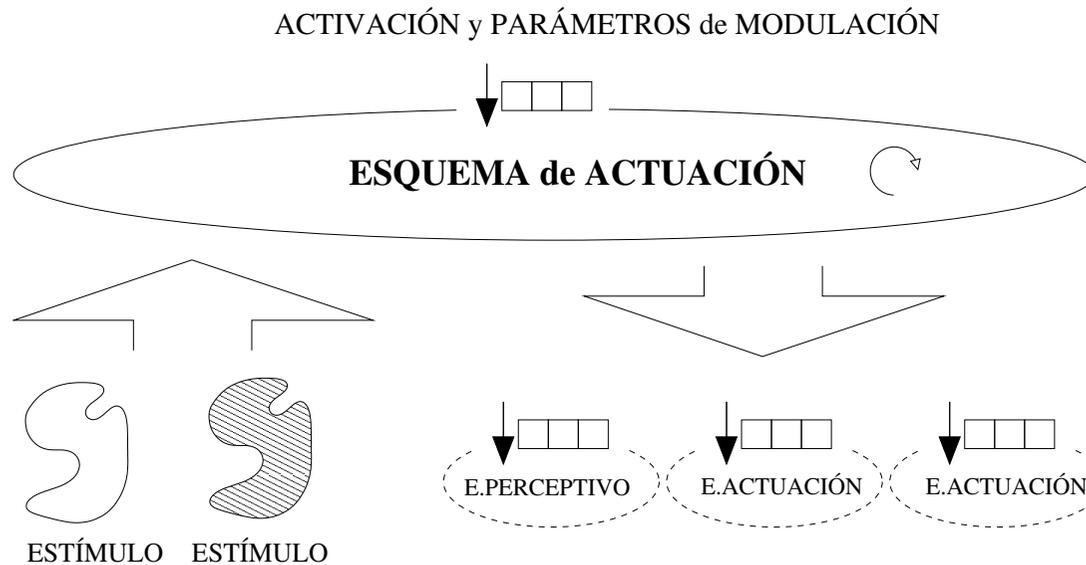
- Iterativo
- Se puede activar y desactivar a voluntad
- Modulable a través de parámetros
- Esquemas perceptivos y de actuación
- Su funcionalidad se usa despertándolo y modulándolo

Esquemas perceptivos



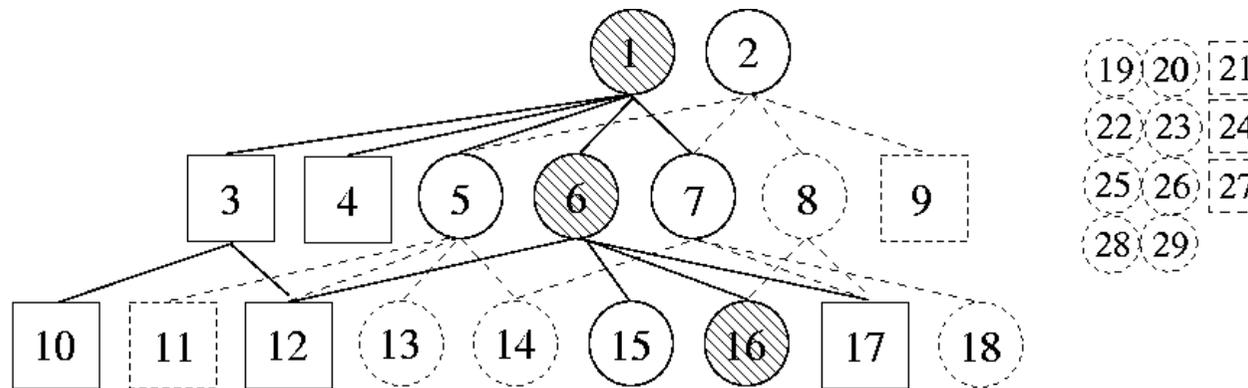
- Producen estímulos y los mantienen actualizados (**anclados**)
- Simples lecturas sensoriales, transformaciones más elaboradas o depender de otros estímulos menos abstractos
- Estados: DORMIDO o ACTIVO

Esquemas de actuación



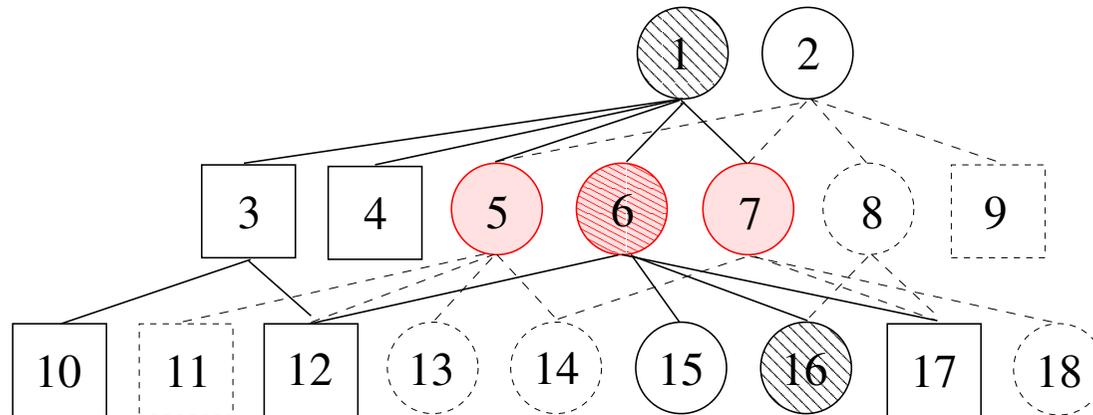
- Toman decisiones de actuación para conseguir o mantener un objetivo
- Su salida pueden ser comandos a los actuadores o la activación y modulación de otros esquemas hijos
- Estados: DORMIDO, ALERTA, PREPARADO o ACTIVO

Jerarquía

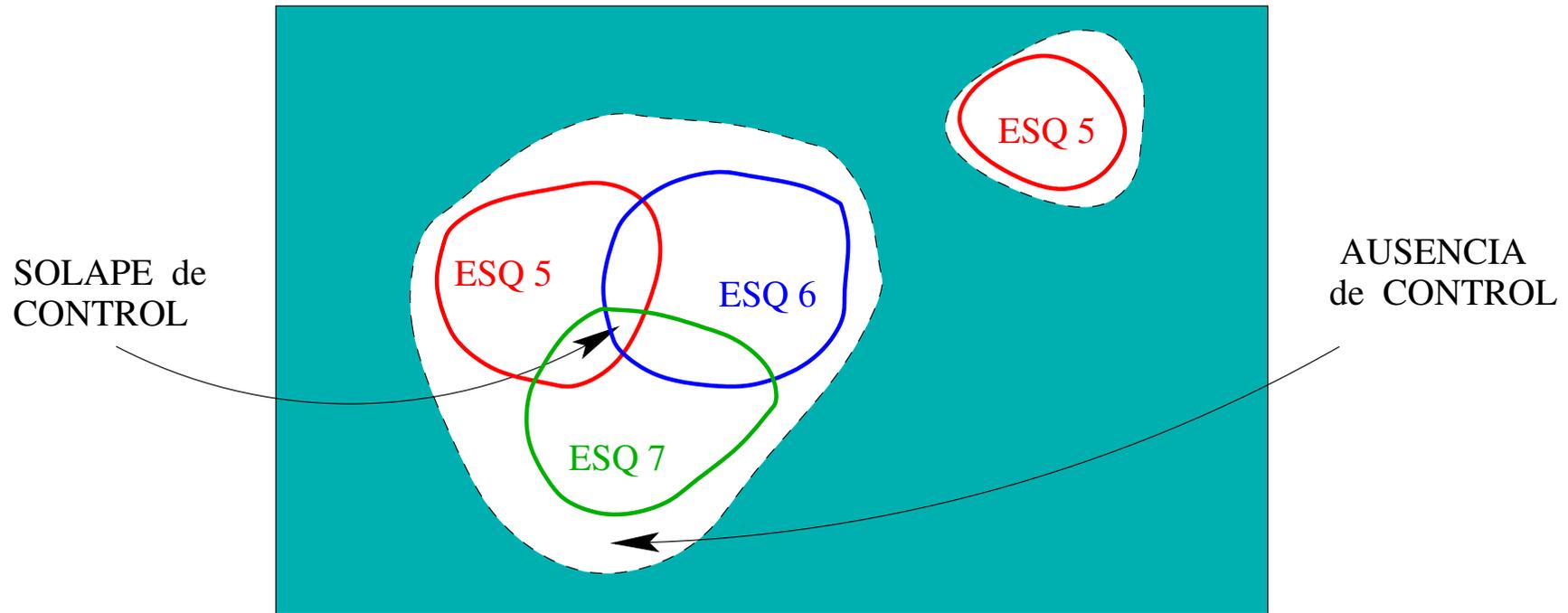


- Los esquemas despiertos se ejecutan asíncrona y concurrentemente
- Los esquemas se estructuran en jerarquía, donde hay **padres** e **hijos**
- Se construye y reconfigura dinámicamente
- Es específica de cada comportamiento
- El número de niveles depende de la complejidad de la tarea

Selección de acción: ¿Qué hago ahora?

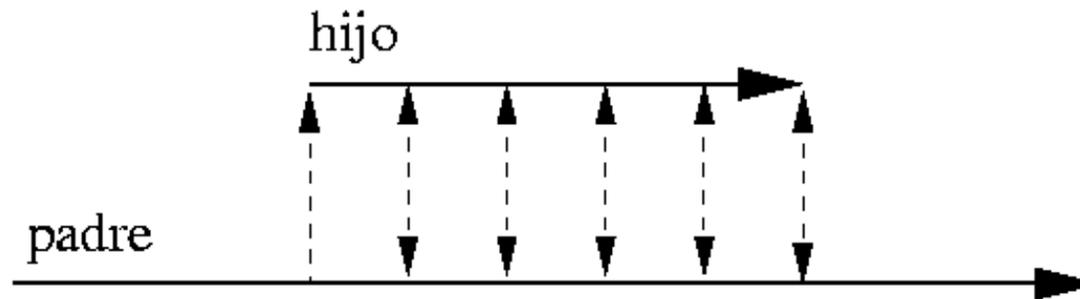


- Distribución: una competición por nivel
- El padre determina el paso de DORMIDO a ALERTA
- La situación determina el paso de ALERTA a PREPARADO
- De PREPARADO a ACTIVO se resuelve con un arbitraje



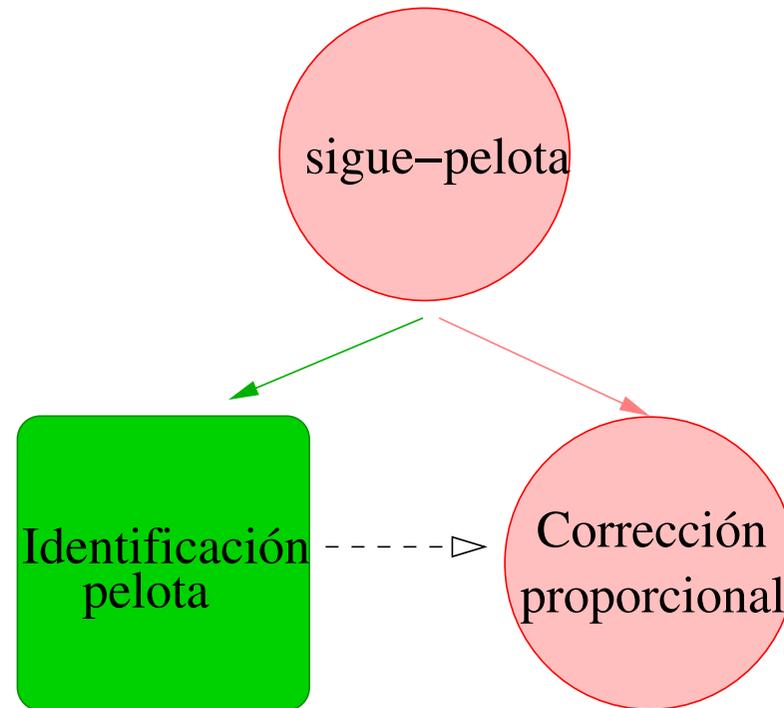
- Precondiciones configuran regiones de activación
- Jerarquía como predisposición: ALERTA \neq ACTIVO
- Arbitraje explícito en colisiones y vacíos de control

Monitorización continua



- El padre monitoriza iterativamente los resultados de sus hijos
- Puede cambiar su modulación o cambiar de hijos cuando le convenga
- Modulación continua con parámetros
- No descomposición funcional

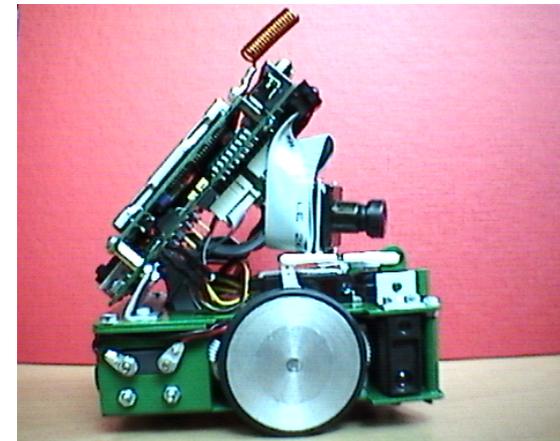
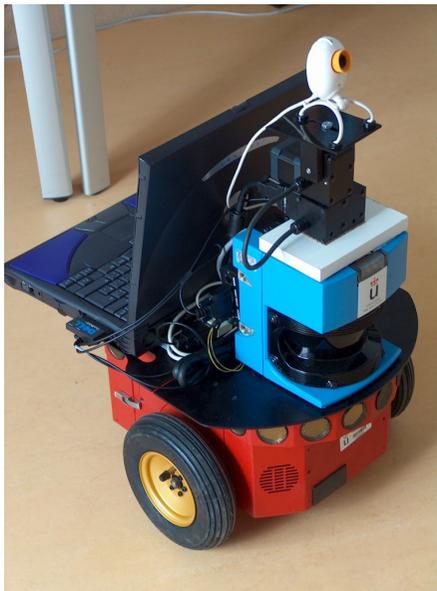
Percepción situada



- Coordinación entre percepción y actuación
- Carácter subsidiario de la percepción
- Sólo se buscan los estímulos que interesan (**atención**)

Experimentos

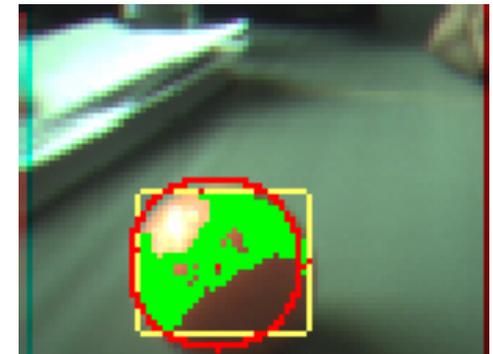
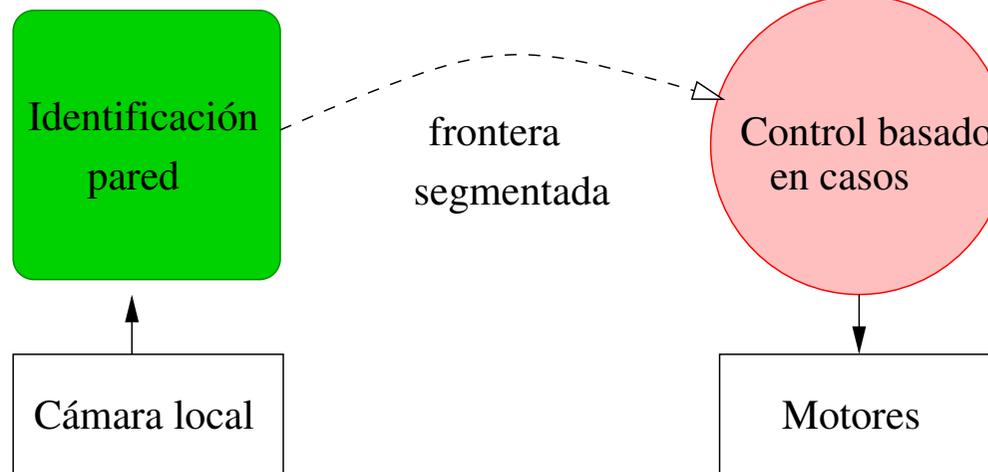
Robots reales y simuladores



Taxias

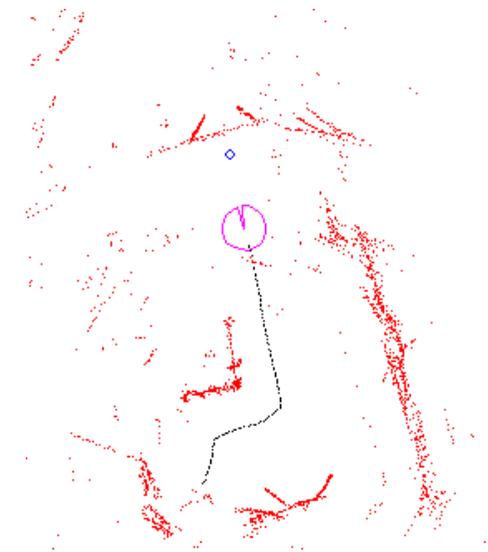
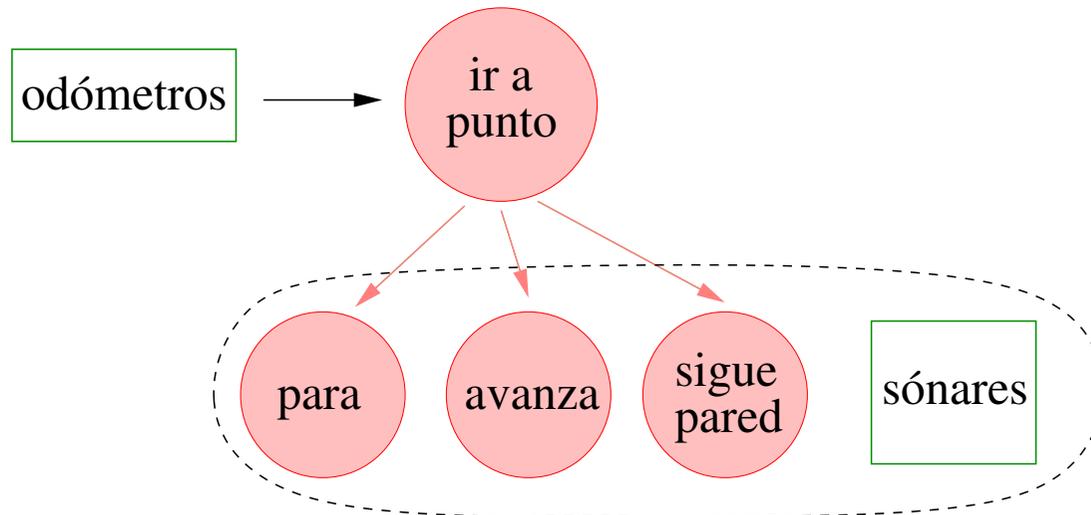
ESQUEMA PERCEPTIVO

ESQUEMA MOTRIZ

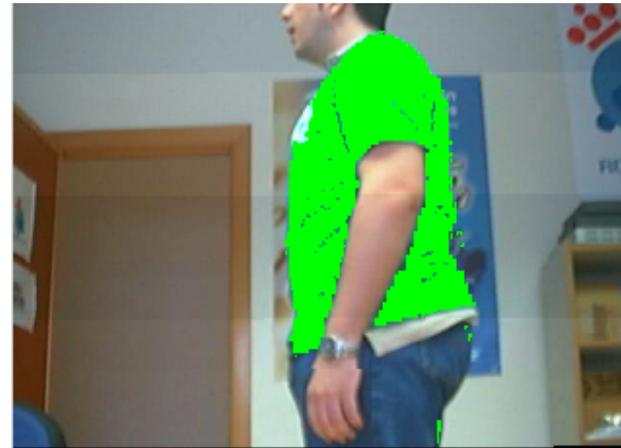


- Separación entre percepción y actuación
- Comportamientos sigue-pared, sigue-bola, navegación local

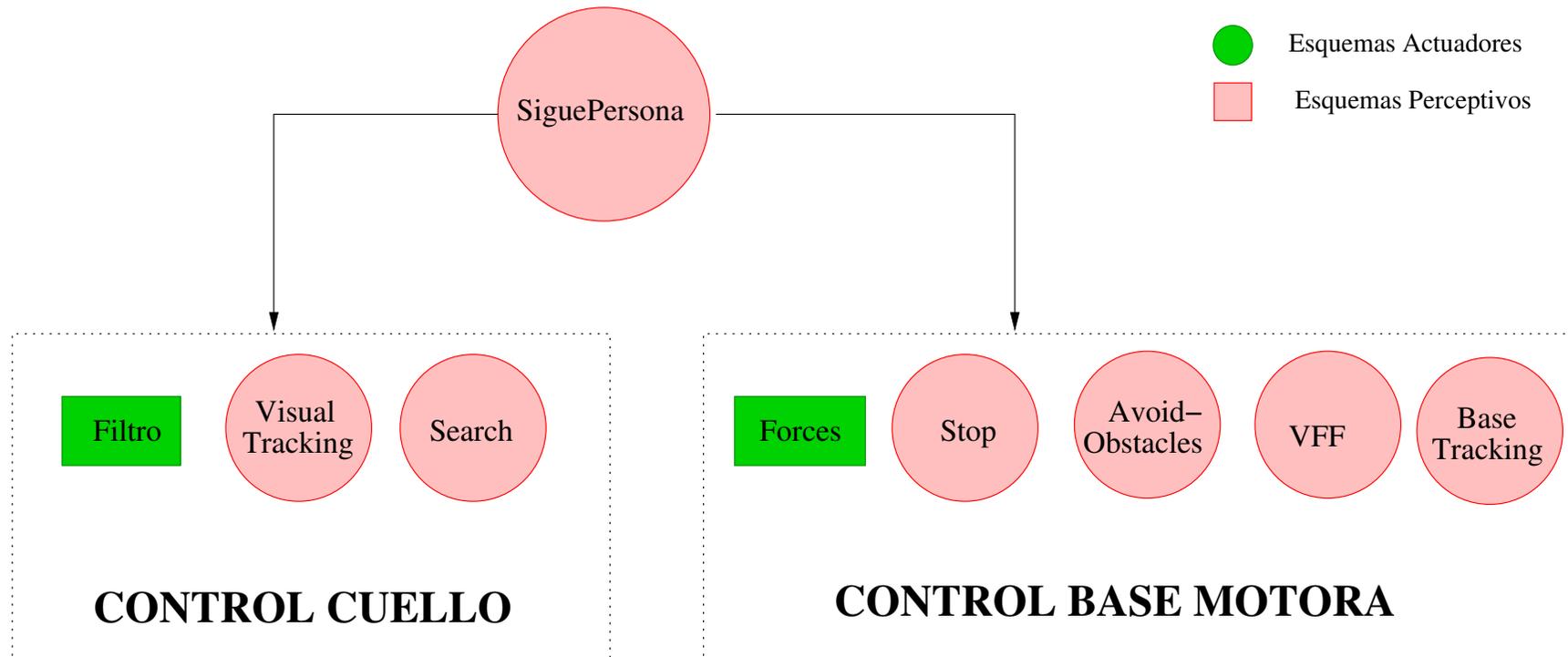
Jerarquías simples: comportamiento ir-a-punto



Comportamiento sigue-persona



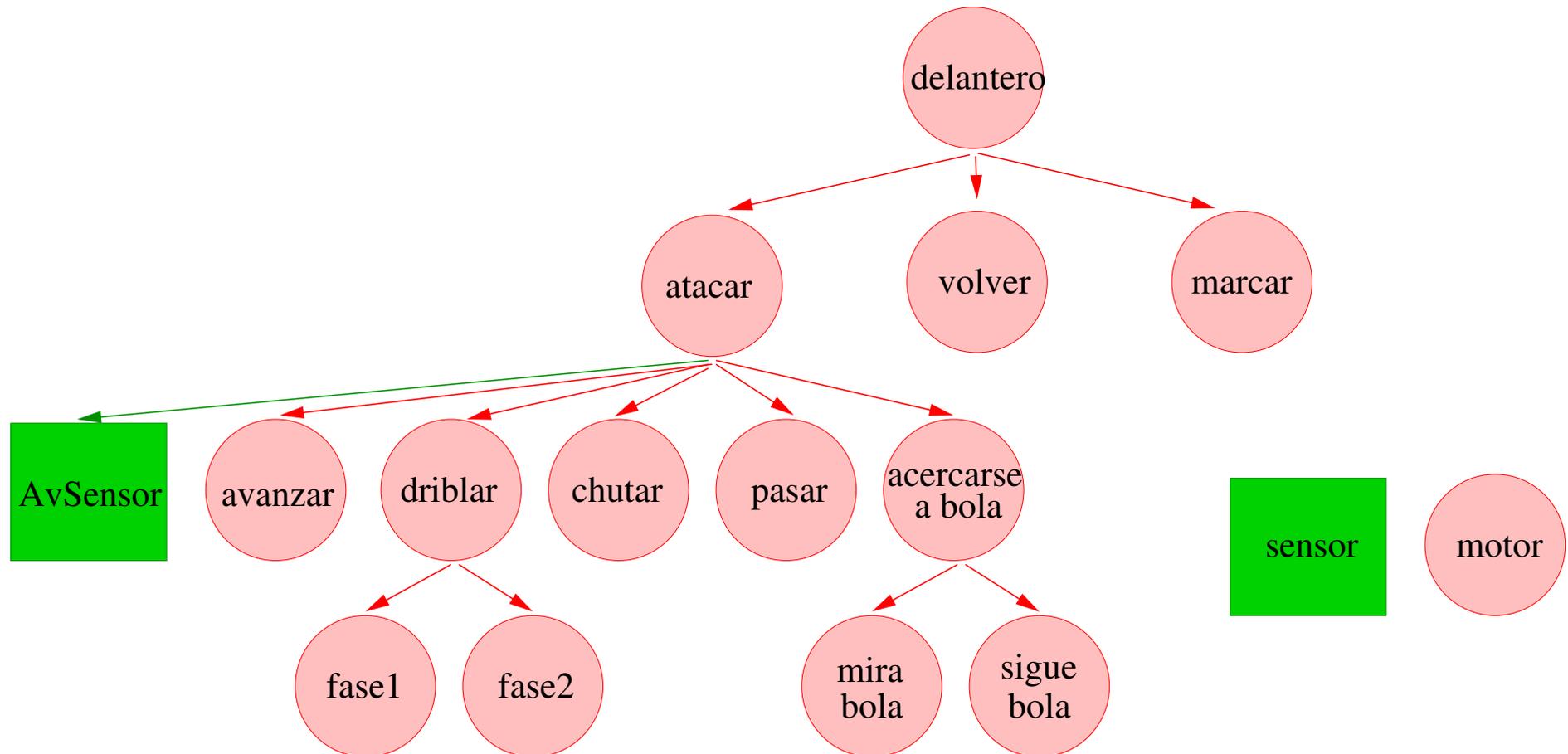
¿CÓMO?

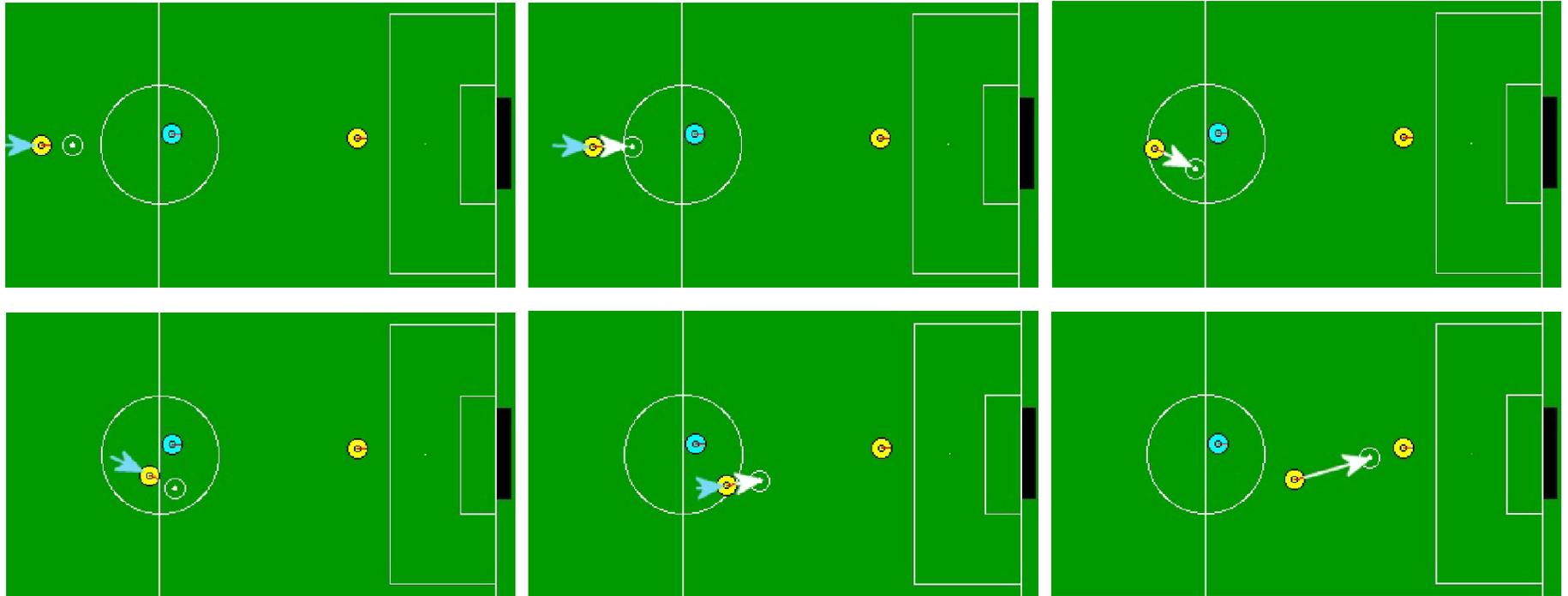


TAMBIÉN EN EL PERRITO

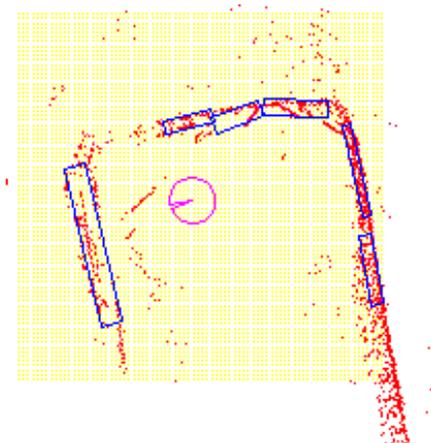
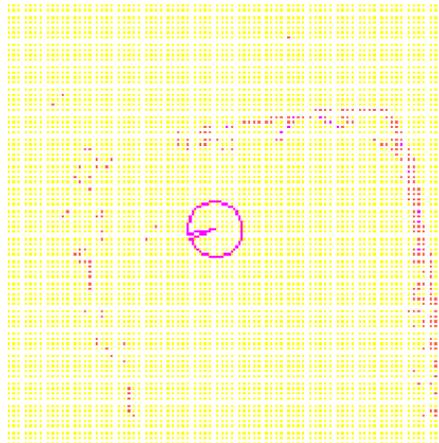
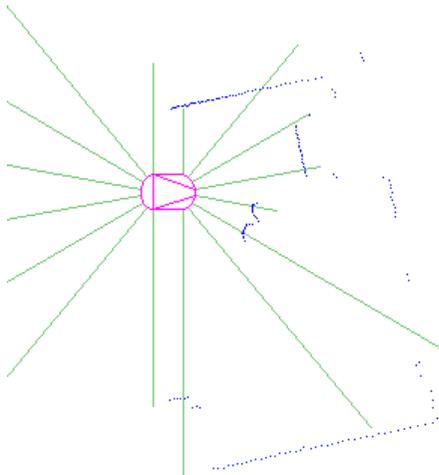


Jerarquías complejas: jugador de RoboCup

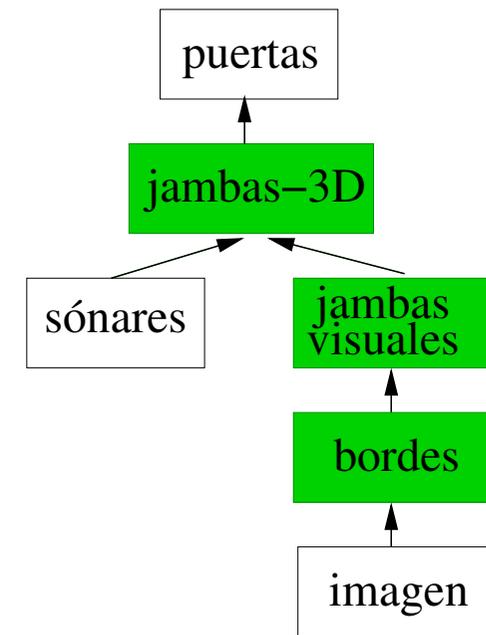
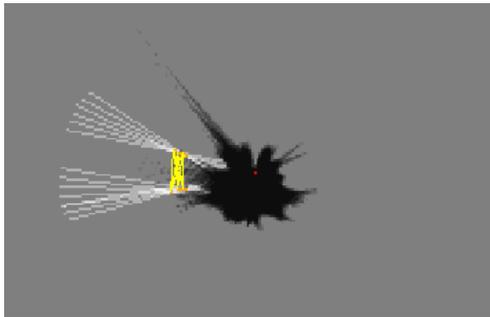




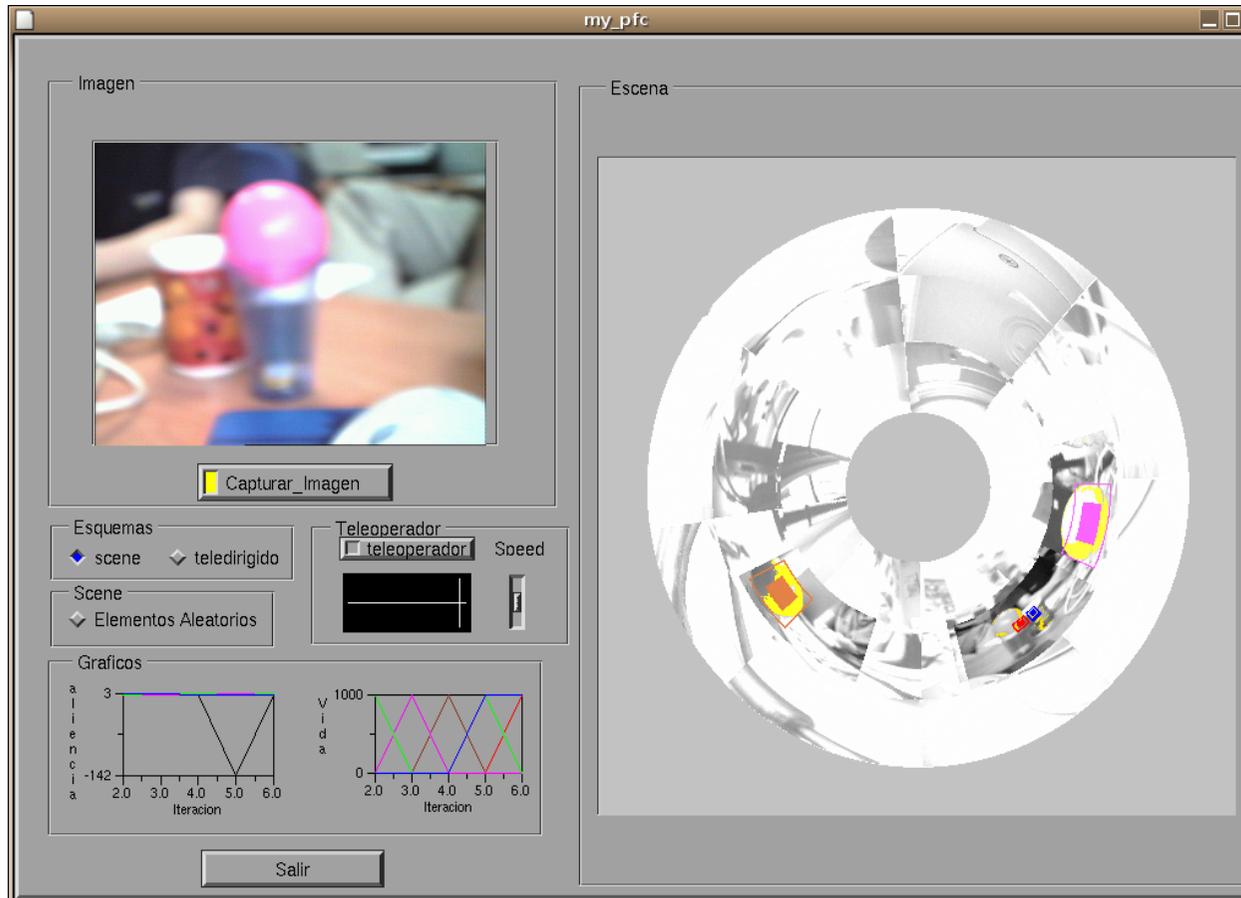
Fusión sensorial: Ocupación del entorno



Estímulos estructurados: Puertas



Percepción activa: Atención visual



Conclusiones

- Generar un repertorio integrado de comportamientos es difícil
- Los animales se comportan mucho mejor que los robots actuales
- La etología puede aportar modelos buenos para generar comportamientos mejores y más complejos en robots autónomos
- Percibir a otro robot congénere
- Secuencias flexibles de taxias