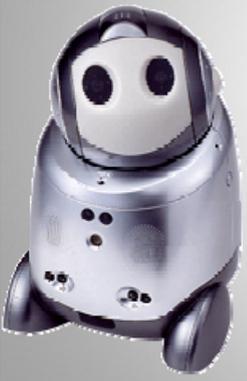




POLITÉCNICA

# La Robótica del Siglo XXI. Estado y Tendencias

Antonio Barrientos  
 Universidad Politécnica de Madrid  
[antonio.barrientos@upm.es](mailto:antonio.barrientos@upm.es)



CURSOS DE VERANO Universidad Complutense  
 EL ESCORIAL

## Ensamblaje controlado por ordenador

Los productos de alto volumen de fabricación se montan manualmente o con máquinas especiales. Un robot programable experimental sugiere que los robots serían rentables en el montaje de productos con bajo volumen de fabricación

James L. Nevins y Daniel E. Whitney

En el momento actual, la fabricación está basada gradualmente en la experimentación en una verdadera forma de arte. Los proyectos del equipo y los diseñadores de fábrica prefieren repetir una y otra vez todo lo que les ha dado un buen resultado en el pasado, que experimentar y tener que luchar contra una nueva situación complicada en suma grado. Cuando se introduce algún cambio, tiende a ser más bien pequeño y de corto alcance. Las grandes innovaciones en la técnica de fabricación son raras y presentan cierto riesgo.

En el Charles Stark Draper Laboratory, de Cambridge, Mass., Estados Unidos, y con una subvención de la National Science Foundation y de la propia universidad, se han iniciado los estudios de fabricación. En Estados Unidos, la National Science Foundation y unas pocas firmas industriales se asociaron hace varios años para montar estudios semejantes, si bien lo hicieron a una escala más modesta. El estudio único del ensamblaje no sería suficiente.

La parte manual de la fabricación industrializada en las operaciones de montaje varía ampliamente de una industria a otra. Rara vez es menor del 10 por ciento, e incluso en la industria automovilística, que posee el tamaño suficiente como para justificar una fuerte inversión en la mecanización, llega a alcanzar aproximadamente un tercio de la fuerza laboral total. Por consiguiente, sólo pueden producirse variaciones menores en la productividad si se realizan grandes cambios en todo el sistema de fabricación, incluyendo el ensamblaje y afianzando a muchas más áreas.

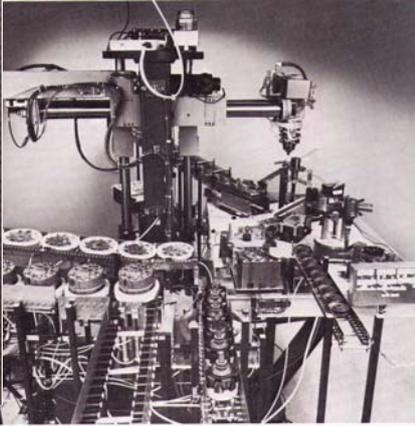
Si bien existen muchas formas de aumentar la productividad industrial—financieras, fiscales y sociales—debemos concentrarnos aquí en la posibilidad de aumentar la productividad mediante la aplicación de ciencia y de tecnología avanzadas a un antiguo campo: el montaje o ensamblaje. La tecnología ha tratado con éxito muchos casos: radiación en muchos campos—generación de potencia, transporte, fabricación de productos químicos, comunicaciones y proceso de datos—, pero ha incidido poco en la forma de ensamblaje del amplio número de bienes de consumo, desde toldadores eléctricos a automóviles. Varios países,

En el Charles Stark Draper Laboratory, de Cambridge, Mass., Estados Unidos, y con una subvención de la National Science Foundation y de la propia universidad, se han iniciado los estudios de fabricación. De nuestros estudios pueden contrastarse los problemas de más urgente solución al mismo tiempo que vamos adquiriendo los conocimientos básicos para el estudio del papel que desempeñará el montaje en la fabricación. De nuestros estudios pueden contrastarse los problemas de más urgente solución al mismo tiempo que vamos adquiriendo los conocimientos básicos para el estudio del papel que desempeñará el montaje en la fabricación.

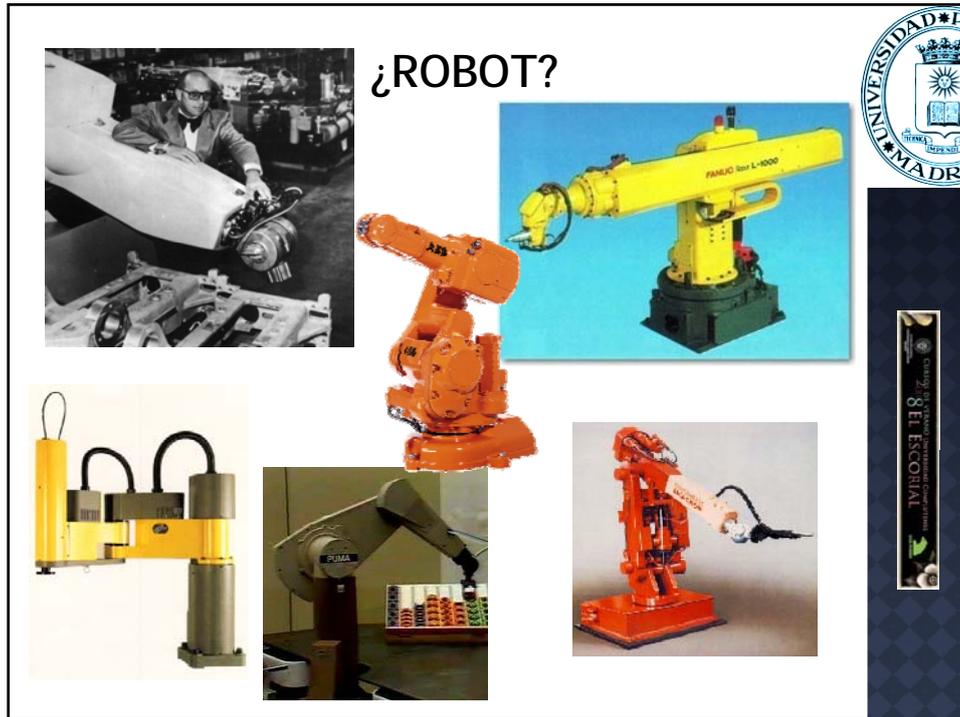
Una lección sacada de una serie de otros estudios pueden contrastarse los problemas de más urgente solución al mismo tiempo que vamos adquiriendo los conocimientos básicos para el estudio del papel que desempeñará el montaje en la fabricación.

Por ejemplo, los métodos automáticos de ordenación de piezas, ganados por experimentación, que siempre permitían cualquier orientación y que permitían a otras piezas orientadas automáticamente a su posición de montaje, no sirven los procedimientos del ensamblaje. Cuando cuando las piezas se tocan automáticamente pueden adaptarse automáticamente a su posición de montaje, pero no dentro del aparato automático en sí, o de dentro del aparato que debe "haber" una máquina ensamblaje controlada por ordenador sobre los conocimientos prácticos de montaje y qué se debe hacer en el ensamblaje "trabajaando" por un

Nevins, James L. y Whitney, Daniel E.  
 Revista Investigación y Ciencia 19 -  
 ABRIL 1978



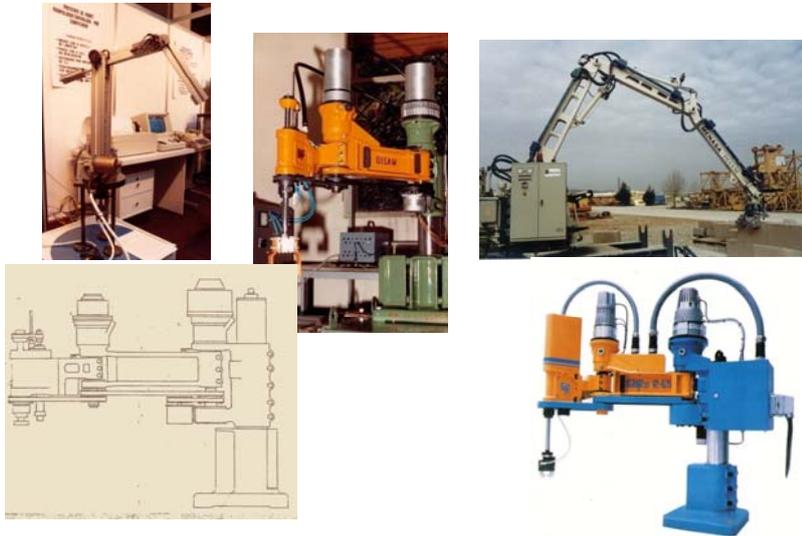

CURSOS DE VERANO Universidad Complutense  
 EL ESCORIAL



## Definición años 70-80

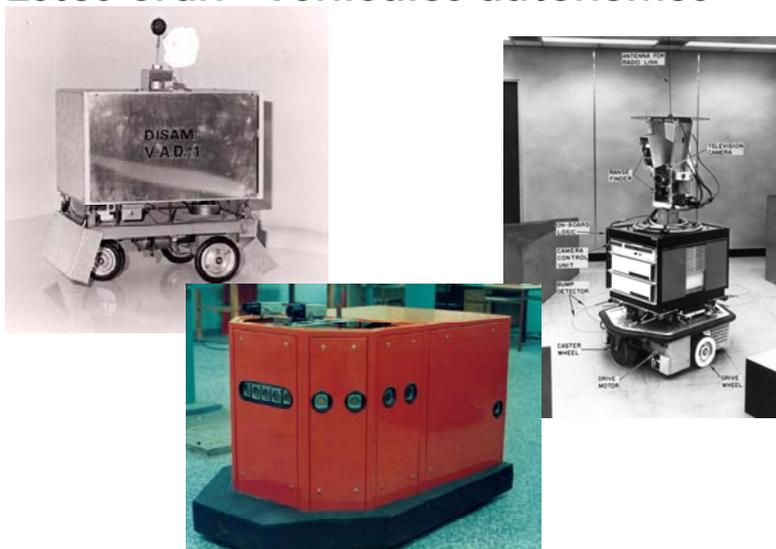
- RIA: Manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas

## Solo esto eran Robots

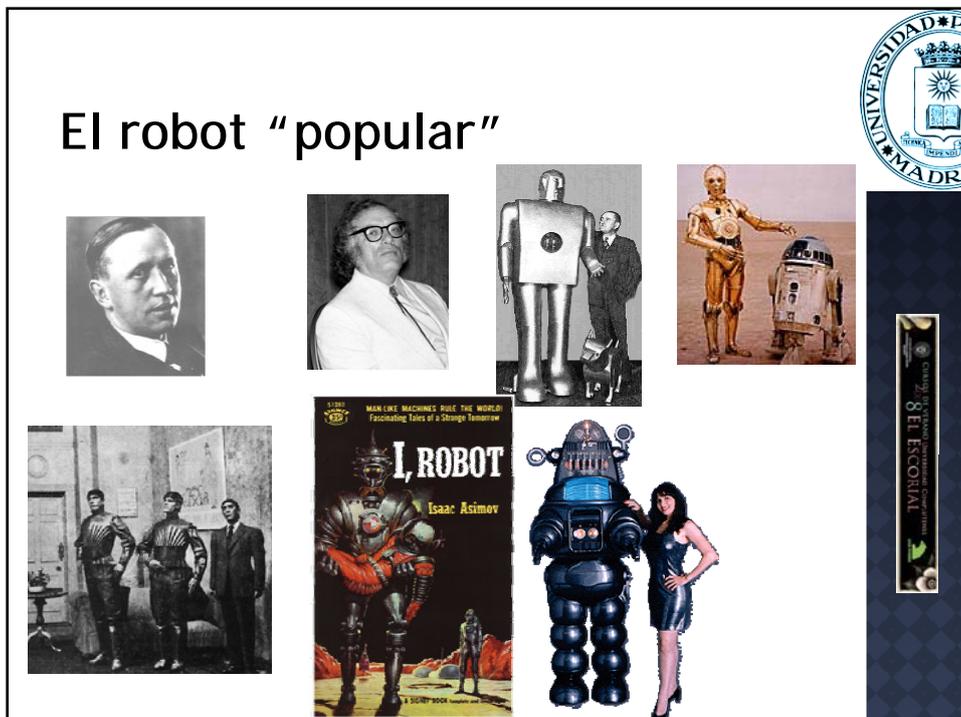


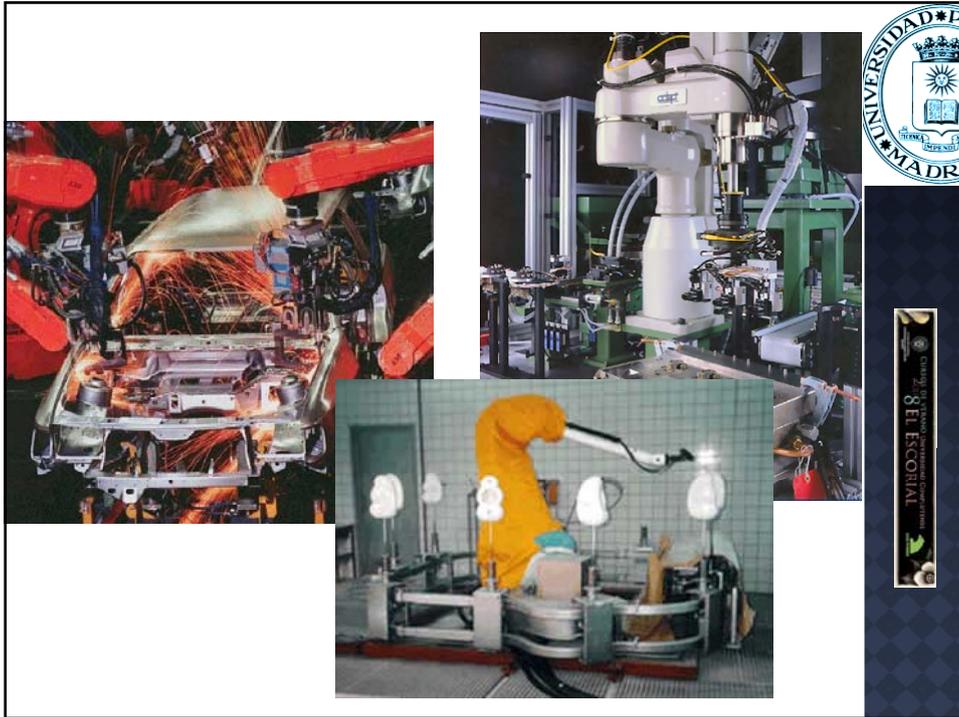
Curso de Verano Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL

## Estos eran "vehículos autónomos"



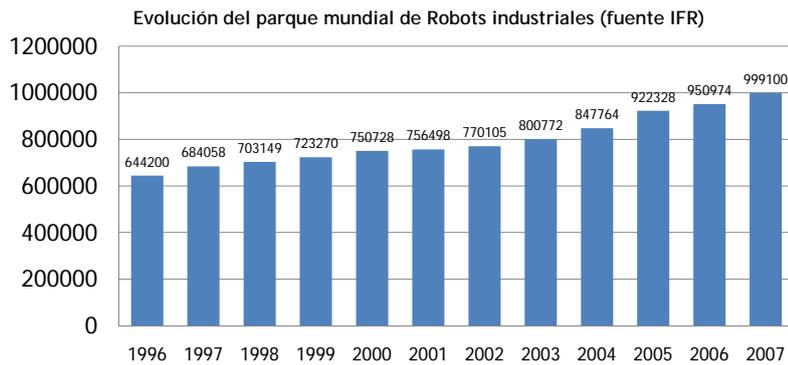
Curso de Verano Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL





## Estado actual de la Robótica Industrial

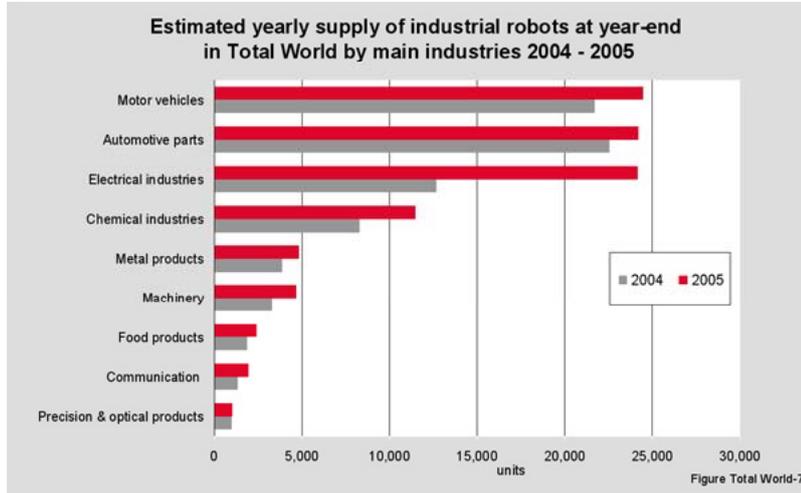
- Número total de robots:
  - **999.100** (aumento del 5% respecto del año 2006)
- El valor está casi estabilizado



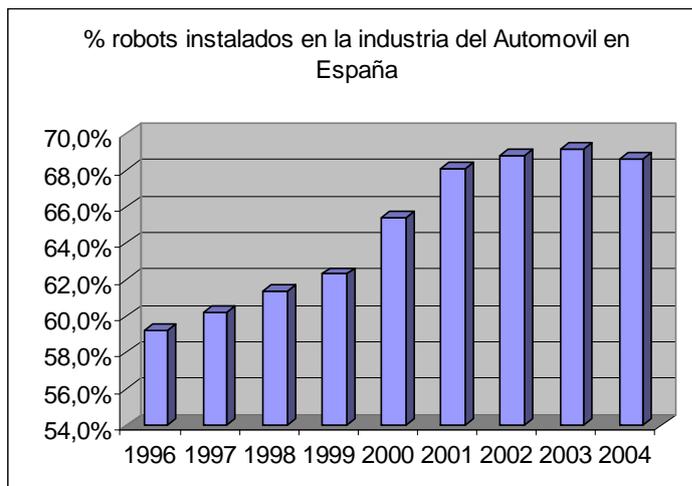
## Motivos de la estabilización

- Polarización en un sector (Automóvil)
  - Especialización (I+D) en las demandas concretas del sector en detrimento de otros sectores
  - Saturación de las necesidades (toda la producción de automóviles YA se encuentra robotizada)
  - Recesión en las ventas de automóviles

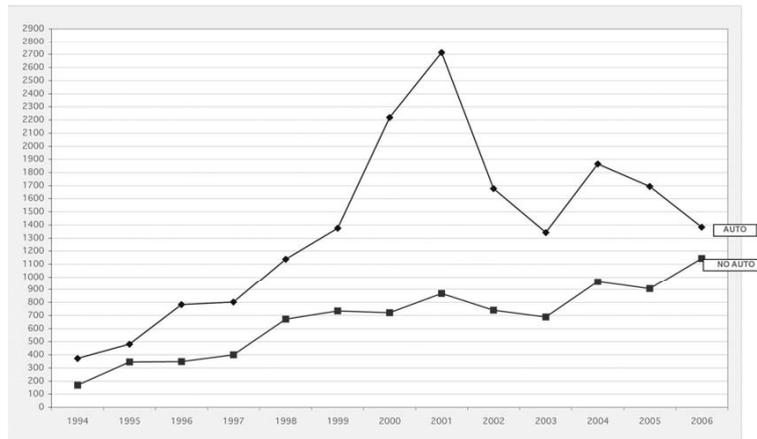
## La mayor parte en automovil



## España



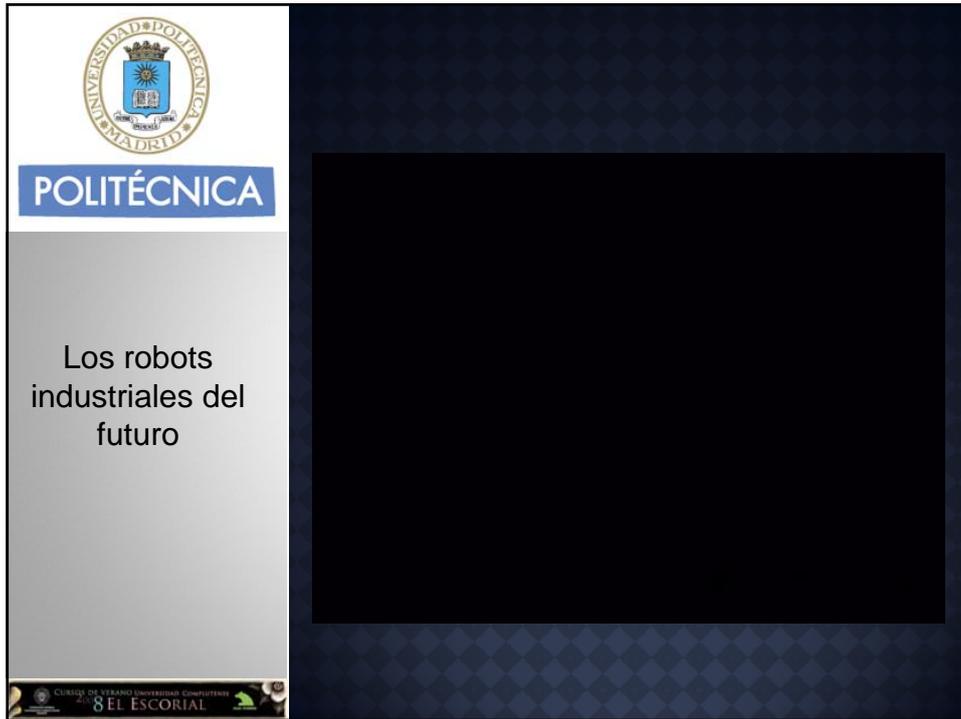
## Evolución de las ventas de robots en España



(fuente AER-ATP)

## A destacar

- Las aplicaciones de los robots industriales en el sector automóvil está saturado e incluso muestra cierta recesión
- Otros sectores industriales, como el químico, alimentación o pequeño taller, están en crecimiento
- En un futuro inmediato, serán los "otros sectores" los que tendrán mayor número de robots instalados
- Se precisa adaptar los robots industriales a estas otras industrias



UNIVERSIDAD \* P  
MADRID

POLITÉCNICA

Los robots  
industriales del  
futuro

CURSOS DE VERANO Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL

## Que deberán tener los nuevos robots industriales

- ◉ Facilidad de programación
  - “Enseñándole la tarea de manera interactiva”
- ◉ Capacidad de adaptarse a cambios en el entorno
  - Sensores (Fuerza, Visión 3D) en lugar de Utillajes
  - Portabilidad
  - Plug&Play → La “Black Robot”
- ◉ Seguridad
  - Compartir el espacio de trabajo con los humanos  
→ COWORKER
- ◉ Coste (50%)



## Que hay del "sueño"?



## Los nuevos robots

- A mitad de los años 80 se comienza la investigación en los Robots de Servicio
  - No productivos
  - Sustitución o colaboración con el humano para evitar riesgos o mejorar capacidades
- Porqué no antes?
  - Entorno de trabajo desconocido y cambiante
  - Interacción con humanos



## Reformulación del término Robot

- ◉ 1970: Robot Industrial
- ◉ 1980: Robot de servicios
- ◉ 2000: Robot personal



## De los robots industriales a los robots personales



## ¿Qué es un robot de servicio?

**Federación Internacional de Robótica (IFR):** *aquel que trabaja de manera parcial o totalmente autónoma, desarrollando servicios útiles para el bienestar de los humanos y equipos, excluyendo la manufactura.*



**Ejemplos:**

*Seguridad, entretenimiento, mantenimiento, limpieza, vigilancia, transporte, etc.*

23

## Qué diferencia un robot de servicio de uno industrial

- Reemplaza al humano para aumentar la productividad
- Muy rápido en su tarea
- Entorno y perfectamente conocido
- Se evita el trabajo simultáneo con humanos (...cobots...)
- Reemplaza al humano cuando sus capacidades están limitadas (precisión, fuerza, entorno)
- Con frecuencia más lento que el humano
- El entorno es desconocido (total o parcialmente)
- Fuerte interacción con humanos

## Robot personal o doméstico

- ◉ *Robot doméstico: Aquel robot destinado a ser usado por humanos sin formación técnica específica, al objeto de servirle como ayudante o colaborador en sus quehaceres o actividades diarias.*

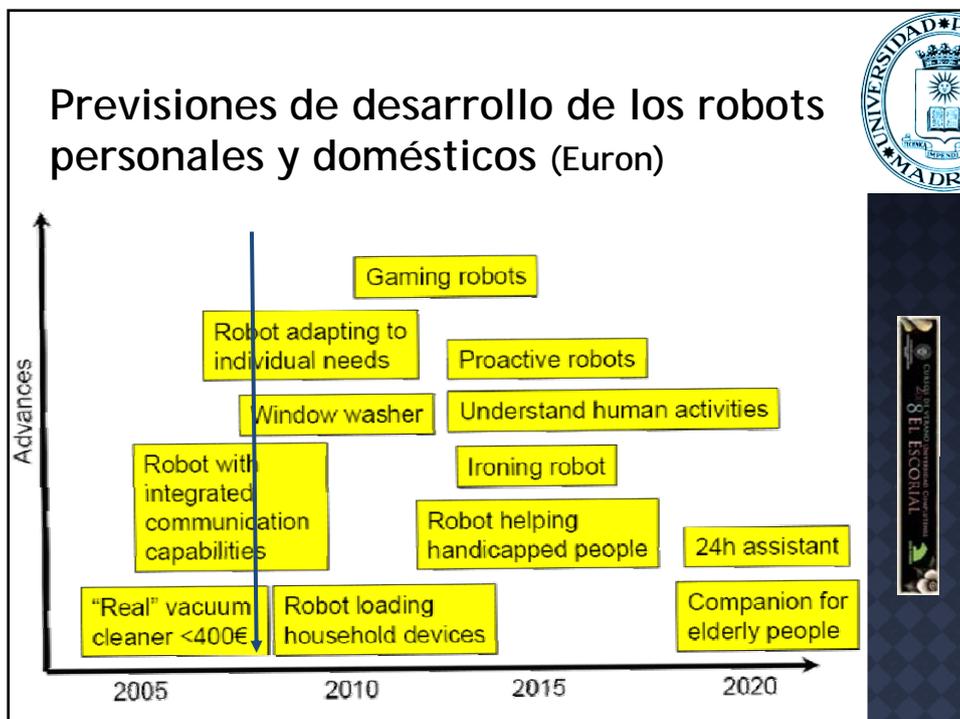
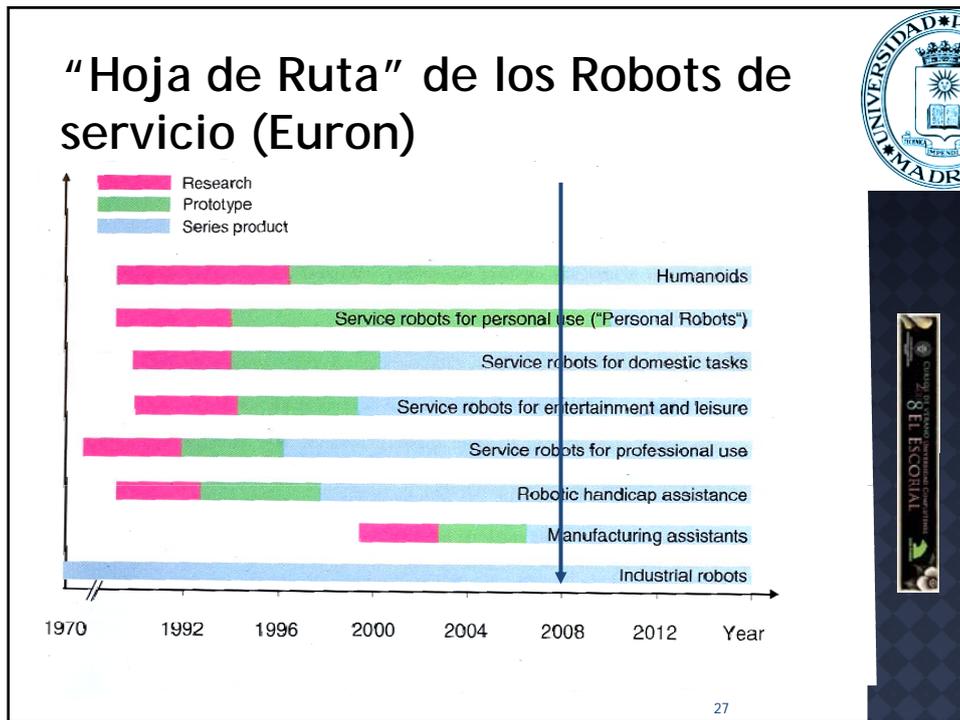


25

## Justificación de los Robots de servicio y personales

- Aumento de la productividad en sectores industriales poco automatizados (factores económicos)
  - Construcción
  - Agricultura
- Necesidad de automatizar trabajos en entornos peligrosos o en condiciones penosas:
  - Submarinos
  - Ambientes contaminados (radioactivos, ruidosos...)
  - Ambientes sucios (uberías, tanques)
  - Espacio
- Necesidad de alcanzar prestaciones que no es capaz de dar el ser humano
  - Necesidad de fuerzas elevadas (Construcción)
  - Necesidad de precisión elevada (Cirugía)
- Mejora de la calidad de vida
  - Personales
  - Asistenciales
- Compañía a humanos y diversión
  - Entretenimiento

26



## Estado de mercado actual ROBOTS PARA USO PROFESIONAL

- 31.600 Unidades para uso Profesional (año 2005)
  - Robots submarinos: 5680 (18%)
  - Robots de Limpieza: 17%
  - Robots para defensa, rescate y seguridad: 17%
  - Robots de construcción y demolición
  - Robots para instalaciones agrícolas (ordeñadores)
  - Robots médicos
  - Sistemas logísticos
  - Inspección
  - Relaciones públicas
- Previsión de la instalación de 34.000 nuevas unidades hasta el 2009 (principalmente en submarinos, defensa, rescate y seguridad, limpieza profesional y medicina)

29



## Estado de mercado actual ROBOTS PARA USO PERSONAL

- 1.9 MILLONES para uso personal y privado (año 2006)
- 1 MILLÓN para entretenimiento (año 2006)
  - Otros precios
  - Otros compradores
  - Otros canales de venta
- Robots domésticos para el hogar: Aspiradores (1.8 millones), cortacésped (79,000), entretenimiento, y ocio (juguetes, educación, hobby, etc.)
- Ayuda a discapacidad (pocas unidades, pero se prevé crecimiento)
- Transporte, Vigilancia doméstica
- Previsión de unos 5.6 millones de nuevas ventas hasta el 2009
  - 3.9 de domésticos :aspiradores, cortacésped, limpia-ventanas
  - 1.6 millones :robtos de entretenimiento y ocio (incluye juguetes).

30



## Clasificación Robots Personales (IFR)

- Tareas domésticas
  - Aspiradores
  - Cortacésped
  - Limpieza de piscinas
  - Limpieza de ventanas
- Entretenimiento
  - Juguetes
  - Entretenimiento
  - Ocio
  - Educación
- Asistenciales
  - Sillas de ruedas
  - Otras funciones asistenciales (aseo, atención personal)
  - Rehabilitación
- Transporte de personal
- Seguridad y vigilancia vivienda



## Clasificación Robots de Servicio (IFR)

- Exteriores
  - Agricultura
  - Ordeño
  - Bosque y silvicultura
  - Minería
  - Espacio
- Limpieza
  - Suelos
  - Ventanas
  - Tanques y tuberías
  - Depósitos
- Inspección
  - Alcantarillas
  - Tanques y tuberías
- Submarinos
- Construcción y demolición
  - Desmantelamiento nuclear
  - Ayuda a la construcción
- Logística
  - Mensajería
  - Correo
  - Logística en Fábrica
- Medicina
  - Diagnóstico
  - CAS
  - Rehabilitación
- Defensa, rescate y seguridad
  - Desactivador minas y explosivos
  - Lucha contra el fuego
  - Vigilancia y seguridad
  - UAV
  - Armamento
- Relaciones públicas
  - Hoteles y restaurantes
  - Robot Guía o cicerone
  - Marqueting





## Robot de inspección y vigilancia

- Tareas
  - Revisar estado de tuberías y conductos
  - Remover posibles obstrucciones
  - Vigilar infraestructuras abiertas (aeropuertos, centrales de energía, etc.)
  - Vigilar infraestructura cerradas (edificios, fábricas, etc.)
- Tipología
  - Robots terrestres de exteriores, autónomos o teleoperados, dotados de cámaras y otros sensores



Robot OFRO utilizado para vigilar el estadio olímpico de Berlín durante la copa del mundo de futbol 2006



**VERSATRAX 100**  
Robots de inspección

- Equipo portátil para Inspección de tuberías de diámetro desde 10 cm hasta 61 cm
- Se adapta a tuberías cilíndricas o conductos planos
- Puede salvar tubos verticales mediante sistema magnético
- diferentes diámetros
- Capaz de salvar esquinas
- Cordón umbilical
- Aplicaciones:
  - Conductos de aire,
  - Tuberías de gas, gasóleo, o químicas
  - Calderas
- Sumergible hasta 30 m
- Longitud de cable: 180 m
- Velocidad 10m/min
- Peso: 10 Kg
- Transporta una cámara pan-tilt a color



VT300  
Hasta 1980m



Cursos de Verano Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL



POLITÉCNICA

Imágenes de  
VERSATRAX  
100



Cursos de Verano Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL

**ASENDRO**  
Robot de vigilancia

- Plataforma 1 con 2 posibles módulos de misión
  - Reconocimiento (SCOUT)
  - Desactivación explosivos: EOD
- Tamaño adecuado para lugares estrechos (40 x 60 cm) , interiores y exteriores
- Telecontrolado por radio (2 km)
- Capacidades de navegación autónoma
- Velocidad de hasta 10 m/h
- Cámara color y térmica Pan-Tilt
- Micrófono ambiente
- EOD incorpora manipulador de hasta 5 kg
- Posibilidad de incorporar sensores NBQ

>>



POLITÉCNICA

Asendro en configuración  
SCOUT  
Robowatch



## Robot de rescate

- Tareas de rescate:
  - Búsqueda en el interior de edificios (derruidos), túneles, grutas, entornos agrestes, al objeto de localizar a víctimas o riesgos potenciales de manera rápida y sin riesgos
  - Reconocimiento y mapeado, cubriendo áreas más amplias que en "búsqueda" proporcionando información del entorno.
  - Movimiento de escombros, pesados pero con cierta delicadeza
  - Inspección de estructuras por interiores y exteriores, transportando los sensores adecuados, para evaluar riesgos potencial4es
  - Rescate de víctimas que precisen tratamiento médico aportando ayuda a los equipos médicos
  - Enlace de comunicaciones
  - Apoyo logístico (transporte) UAV
- Tipología:
  - Terrestres, aéreos, submarinos o acuáticos. Dotados de sensores para localizar víctimas, examinar visualmente o capaces de transportar algún elemento de ayuda



Imagen tras el Katrina tomada por un UAV VTOL



POLITÉCNICA

Imagen tomada desde UAV de ala fija tras el Katrina



CURSOS DE VERANO INGENIERIA COMPUTACIONAL  
2008 EL ESCORIAL



POLITÉCNICA

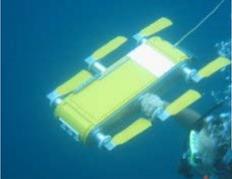
Robot de Inutkum en diferentes tareas de rescate y ayuda



CURSOS DE VERANO Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL

**RHEX**  
**Robot de exploración**

- Robot Móvil todo terreno
- Peso ligero (se puede transportar por una persona)
- Capaz de superar todo tipo de obstáculos y terrenos
- También puede actuar bajo el agua
- Telecontrolado por radio (600 m)
- Dispone de cámaras de video delante y detrás
- Tiene instrumentos de navegación (compas, GPS)
- Puede ser dotado con carga de pago



CURSOS DE VERANO Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL



POLITÉCNICA

RHEX  
Boston  
Dynamics



RHex

CURSOS DE VERANO Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL

UAV  
Vehículos aéreos autónomos

- o Diferentes plataformas
  - o Ala fija
  - o Ala rotativa (VTOL)
    - o Helicópteros
    - o Quadrotors
  - o Autosustentados
    - o Dirigibles
  - o Otros
    - o Parapentes
    - o Alas delta
- o Adecuados para misiones de inspección u observación con bajo costo
- o Diferencias entre uso civil y militar



CURSOS DE VERANO Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL



POLITÉCNICA

Sistemas autónomos de tierra mar y aire

Total Video Converter  
<http://effectmatrix.com>



## Robot de Agricultura Ganadería y Silvicultura



- Tareas en Agricultura
  - Agricultura extensiva de precisión
    - Toma de imágenes
    - Aplicación de productos
  - Invernadero
  - Manipulación de plantas en macetas
- Tareas en Ganadería
  - Ordeño robotizado
  - Esquilado
  - Salas de despiece
- Tareas en silvicultura
  - Robotización de maquinaria como grúas, taladoras, etc.
- Tipología de los robots
  - De todo tipo: Aéreos, terrestres o manipuladores



Cultivo de champiñón robotizado. Universidad de Warwick



Robot escalador para poda. Universidad de Wasada



**Robot de Ordeño DELAVAL  
VMS (Voluntary Milking System)**

● **Ventajas:**

- Al ganadero: Ordeñar 60 vacas dos veces al día siguiendo el método tradicional, lava las ubres y coloca una pezonerera 43.800 veces por año.
- Al ganado: La vaca se ordeña ella misma en cualquier momento. Las ubres no tienen que permanecer llenas durante horas. La higiene es mayor. La atmósfera en la cuadra es tranquila y pacífica → menos estrés

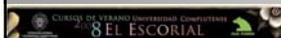
● **Funcionamiento:**

- Un brazo robótico localiza los pezones y coloca las pezoneras (uso de sensores)
- Se realiza un proceso de limpieza, estimulación y preordeño individual de los pezones con agua y aire.



POLITÉCNICA

Ordeñadora  
robotizada  
DELAVAL VMS



Plustech Oy (1995)  
John Deere

○ Robot Caminante para trabajos en silvicultura

- Corta, tala, carga
- Bajo impacto en la tierra bajo él
- Salva obstáculos y camina en cualquier dirección
- Supera desniveles



Cursos de Verano Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL



POLITÉCNICA

Robot para  
Silvicultura de  
Plustech

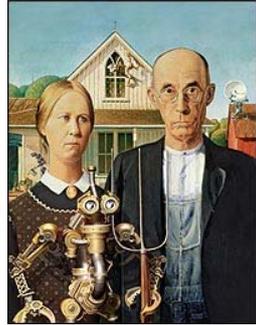
Cursos de Verano Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL

## Robots domésticos

- Uso en hogar para entretenimiento, formación o ayuda a las tareas domésticas
- Tareas:
  - Limpieza de suelo
  - Limpieza de ventanas
  - Limpieza de piscinas
  - Cortacésped
  - Motivación para enseñanzas técnicas
  - Juguetes robotizados
- Tipología y características
  - Producción en serie → Bajo coste
  - Seguridad
  - IHM adecuada
  - Interacción evolutiva



Robot aspiradora Roomba



**Un robot en cada casa**, Bill Gates  
*Investigación y Ciencia* Marzo 2007  
 El representante más destacado de la revolución de la informática personal pronostica que se acerca el auge de la robótica.



Robot limpiador de ventanas QUIRL (IPA)



Robot construido con LEGO



### La visión de Bill Gates "Un robot en cada casa"



FLOOR-CLEANING ROBOT

FOOD- AND MEDICINE-DISPENSING ROBOT

Lawn-mowing robot

LAUNDRY-FOLDING ROBOT

SURVEILLANCE ROBOT



### Robot friega suelos SCOOPA

- Robot de limpieza de Irobot
- Limpia en 4 fases: preparación, lavado, fregado y secado
- Incorpora sistema de detección de la suciedad adaptando su comportamiento
- Evita caer por escaleras
- Esquiva obstáculos
- Recarga automática
- Coste desde 400\$



POLITÉCNICA

SCOOPA  
Floor Washing  
Robots

Total Video Converter  
<http://effectmatrix.com>

Curso de Verano Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL

### Robot de compañía Paro

- Peluche robotizado
- Sensores de audio y tacto, capaz de reaccionar a estímulos.
- Utilizado en sesiones de terapia con niños autistas, discapacitados y ancianos ayudando a los pacientes a relajarse y a hacer ejercicio
- Mismos principios que la terapia con animales
  - Efectos psicológicos: relajación, motivación
  - Efectos fisiológicos: mejora de signos vitales
  - Efectos sociales: aumento de la comunicación.
- Estudios objetivos basados en medición de hormonas y de ondas cerebrales han demostrado su eficacia



POLITÉCNICA

Paro



### Robot juguete PLEO

- Cámara en la nariz
- Capaz de identificar imágenes u recordar cosas sobre ellas
- 14 motores
- Varios procesadores
- 38 Sensores de sonido, tacto y visión
- Adapta su personalidad
- Con SDK
- Capaz de aprender y modificar su comportamineto
- Muestra hambre, fatiga, enfado, cariño
- Amazon: 300 \$



POLITÉCNICA

PLEO

Total Video Converter  
<http://effectmatrix.com>

## Robot de para el ocio

- Tareas
  - Parques temáticos
  - Museos y salas de exposiciones
  - Cine
- Tipología de los robots
  - En casos aspecto humanoide o de animal
  - Capacidad e comunicación



## Robocoaster G1

- Robot industrial (KUKA) articular con 6 gdl dedicado a "simulador de vuelo"
- Capaz de transportar a 2 personas
- Instalado en Parque temáticos y ferias de atracciones
- Periferia incluida (valla de seguridad, acceso, programación)
- Adaptación al usuario mediante programación personalizada de los movimientos
- Definición personalizada de las secuencias de movimiento, velocidad y perfiles





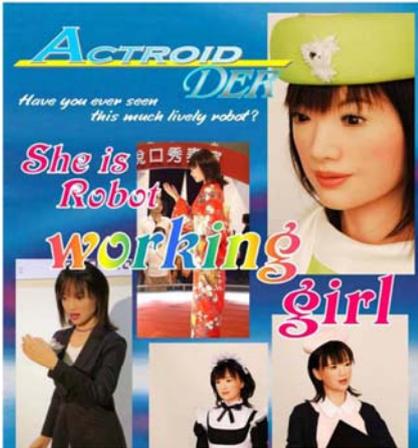
POLITÉCNICA

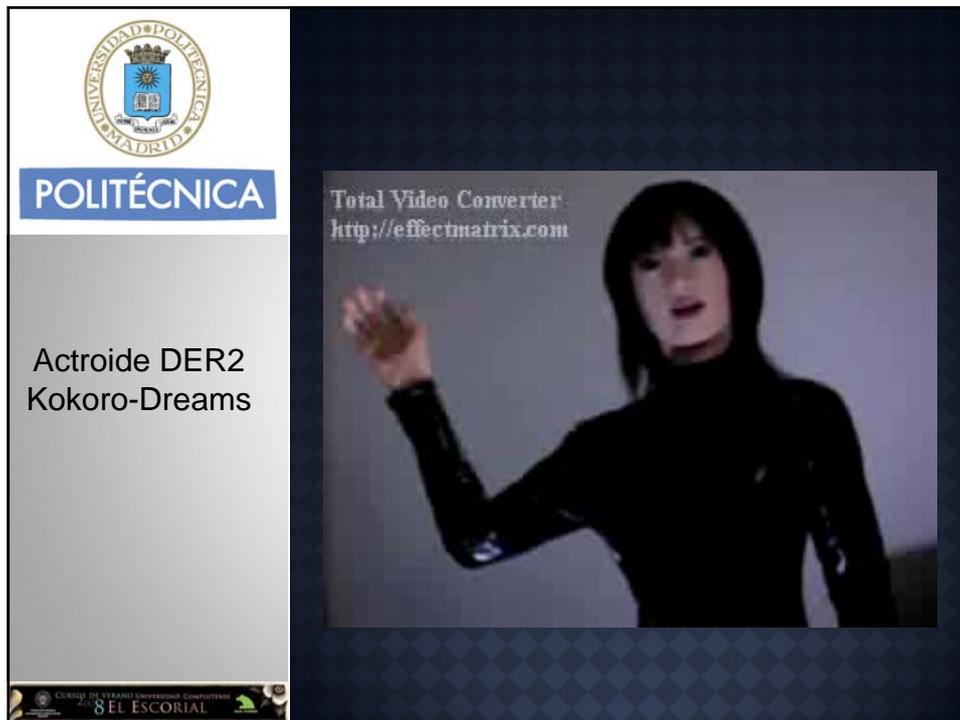
Robocoaster de  
KUKA Robotics



Actroides de  
KokoroDreams

- Robot humanoide de gran realismo
- Los primeros prototipos aparecieron en la Exposición Internacional del Robot en Tokio, Japón, en el año 2003
- Se han desarrollado diferentes versiones, en su mayor parte apariencia femenina
- Utiliza 42 accionamientos neumáticos (seguridad)
- Realiza expresiones realistas como el parpadeo, el habla, la respiración
- Aumenta el realismo con acciones propias de los humanos como parpadeo, habla, respiración, mantener el contacto visual
- Se le puede programar por aprendizaje (mediante sistemas visuales con marcadores)





UNIVERSIDAD \* POLITÉCNICA \* MADRID

POLITÉCNICA

Actroide DER2  
Kokoro-Dreams

Total Video Converter  
<http://effectmatrix.com>

CURSOS DE VERANO Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL

## Concursos de robots

- Formación tecnológica
- Motivación por la ciencia y la tecnología
- Trabajo en equipo
- Planificación del trabajo
- Resolución de problemas: Imaginación e Improvisación
- Priorizar el resultado a profundizar en conocimientos
- Visión de Proyecto





POLITÉCNICA

Algunos ejemplos de concursos de robots



<http://robot.watch.impress.co.jp/>

<http://effectmatrix.com>

<http://effectmatrix.com>

<http://effectmatrix.com>

CURSOS DE VERANO Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL



POLITÉCNICA

¿Preguntas?



**DISAM-UPM**  
**PRESENTA**  
**CYBERTECH 2001**

UN RETO TECNOLÓGICO PARA  
ESTUDIANTES DE INGENIERIA  
INDUSTRIAL

CON LA COLABORACIÓN DE  
**INDRA**

CURSOS DE VERANO Universidad Complutense  
2008 EL ESCORIAL