



POLITÉCNICA

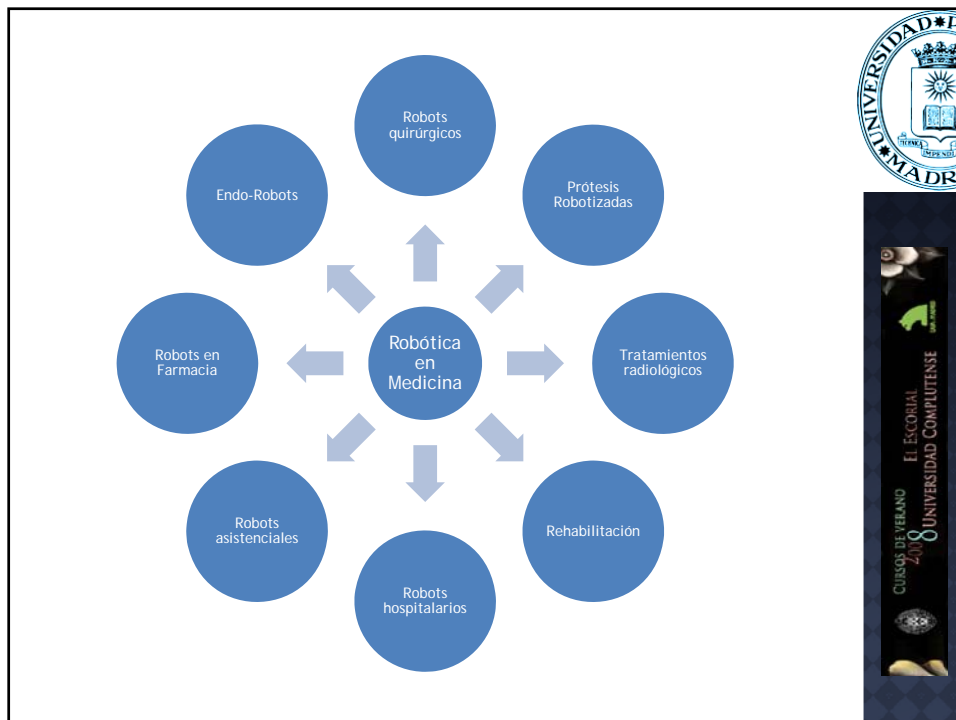


Robótica en Medicina

Antonio Barrientos
Universidad Politécnica de Madrid



1



Robots quirúrgicos

- **Objetivos**
 - Aumento de la capacidad de manipulación humana
 - Aumentar la precisión en el posicionamiento de instrumentos
 - Disminución del temblor, selección precisa de la zona de corte
 - Incorporar ayudas informáticas al proceso
 - Eliminación de fatiga o factores psicológicos que afectan negativamente la realización de una operación
 - Poder trabajar a distancia (Aplicaciones espaciales, bélicas, etc.)

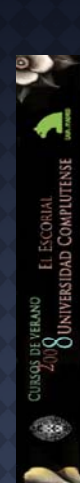
Cirugía mínimamente invasiva

- Ayudas Laparoscopia
- Ayuda integral

Cirugía guiada por imagen

- Cirugía traumatólogica

3

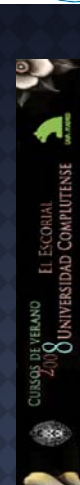


Cirugía Guiada por imagen

- Robot autónomo
- Repetición precisa de las acciones preprogramadas
- Fase de planificación (CAD)
 - En base a imagen médica y con ayuda de ordenador
- Fase de ejecución (CAM)
 - Mediante el uso de un robot



4



ROBODOC

- Sistema robotizado para ayuda de operaciones de cadera
- Desarrollado por Integrated Surgical System Inc. (California) 1992 para "Total Hip Arthroplasty "
- En la actualidad comercializado por CUREXO
- Utilizado para vaciado de hueso en prótesis de cadera y rodilla
- Mas de 20.000 operaciones
- Dos componentes
 - ORTHODOC Preoperative Planning Workstation: Sistema de planificación prequirúrgica
 - ROBODOC Surgical Assistant: Robot para cirugía
- Precio aprox. 500.000 EUR
- En la actualidad (2008) en las fases finales de aprobación de la FDA



5



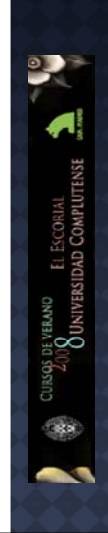
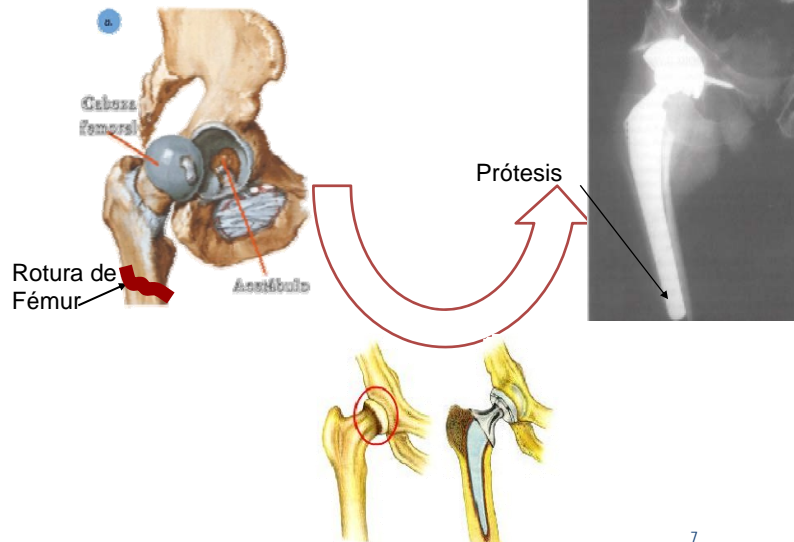
ESPECIFICACIONES ROBODOC

- Planificación previa basada en Tomografía Computerizada.
- Localización de dianas de control sobre el paciente y recalibración de los movimientos del robot.
- Control de la fuerza del robot.
- Capacidad de ser manejado por personal médico (no técnico).
- Calidad de la cavidad realizada independiente del entrenamiento del equipo humano.
- Capacidad de detectar situaciones de riesgo para el paciente.
- Sistema capaz de ser fabricado en serie.

6



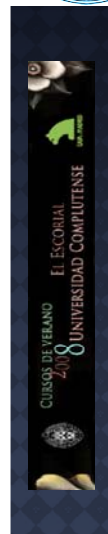
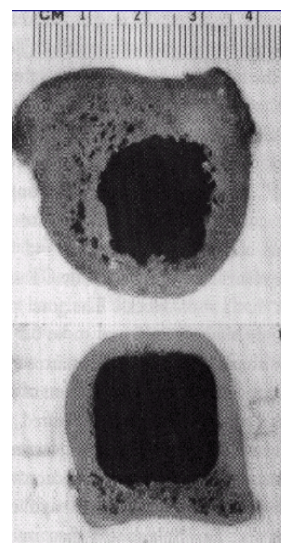
Implante de cadera



VENTAJAS ROBODOC

(Argumentadas por Integrated Surgical System ISS)

- Precisión del ajuste del 98%
- No es necesario cementación
- Minimización de micromovimientos entre implante y hueso (origen de creación de membranas fibrosas entre ambos con riesgos de infección)
- Alineamiento exacto de la prótesis en su eje. Se evitan microfisuras o fracturas durante la implantación



COMPONENTES

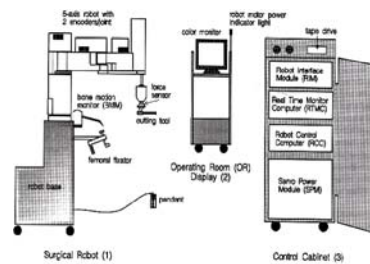
ORTHODOC

- Computador
- Base de datos de prótesis
- Datos de imagen médica

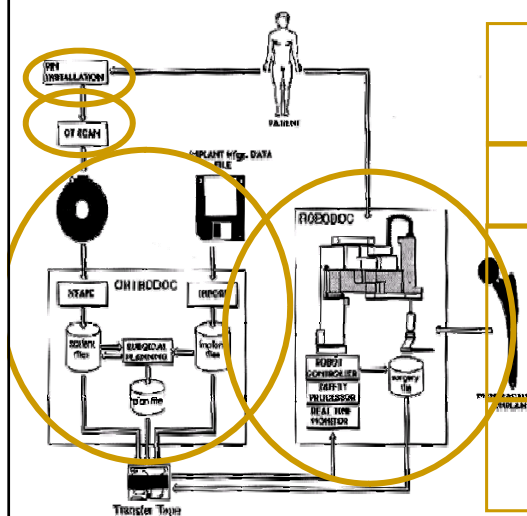


ROBODOC

- Robot SCARA de 5 gdl, equipado con Fresa de alta velocidad
- Monitor de sala con Pendant
- Armario de control



FASES ROBODOC



Implantación de pins

Se implantan 3 pequeños discos de Titanio en Fémur y cadera. Estos sirven de marco geométrico de referencia para la planificación y preparación del vaciado del fémur

Realización de CT

Se toman datos como Longitud de Fémur, Densidad del Hueso, Ángulo de la cabeza del Fémur.

Planificación auxiliada del sistema gráfico 3D ORTHODOC

Los datos de CT se transfieren al sistema ORTHODOC. El operador selecciona la prótesis más adecuada para el paciente (base de datos del fabricante) con una precisión de 0.1 mm y 0.1 grados y posiciona la prótesis en el hueso.

Realización de la operación con ROBODOC

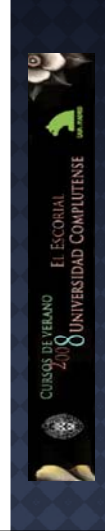
Los datos del paciente son transferidos al sistema ROBODOC que realiza el vaciado del fémur



SISTEMA DE SEGURIDAD OFF_LINE ROBODOC

- ORTHODOC: Verificación de datos de CT
 - Coherencia de datos CT, Pin, y localización del implante
- ROBODOC: Verificación datos recibidos
 - Integridad de los datos (datos corrompidos)
 - Racionalidad de los datos
 - Detección de errores de procedimiento fijados por el usuario

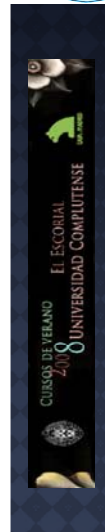
11



SISTEMA DE SEGURIDAD ON_LINE ROBODOC

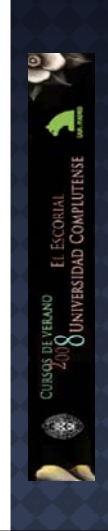
- Procesador independiente
- (DSP) directamente conectado a todos los componentes ligados a la seguridad
 - Encoders redundantes · Sensor de fuerza · Control de movimiento del hueso
- Capacidad de desconectar la potencia al robot y fresa (relé)
- Analiza los datos de Fuerza y Posición y los compara con los previstos (tolerancia)
- Las excepciones tienen 2 niveles de tratamiento:
 - Pausa: Se para el robot y desactiva la fresa. Se muestra menú con opciones de recuperación
 - Stop: Se corta la potencia de robot y fresa. Se muestra una pantalla de error
- Monitorización de movimiento de hueso: Palpador (con muelle precargado) en contacto con el fémur (proximal). Mide desplazamientos en 3D con respecto a la base del robot. Si se sobrepasa un determinado desplazamiento se para el proceso y se pide una recalibración de los pines de referencia.

12



ESTADO ACTUAL DE ROBODOC

- Mas de 3000 intervenciones
- 15 sistemas instalados en Alemania y 2 en Austria
- Excelentes resultados del seguimiento a corto plazo (3 años) (ausencia de fracturas, rechazos)
- Por obtener resultados a largo plazo (mayor duración del implante)
- Inconvenientes: Mayor duración de la operación, necesidad del implante de pines.



13

POLITÉCNICA

ROBODOC

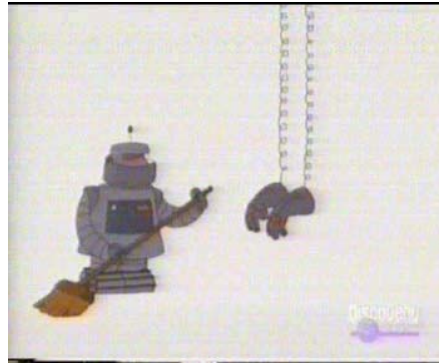
Total Video Converter
<http://effectmatrix.com>

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

14

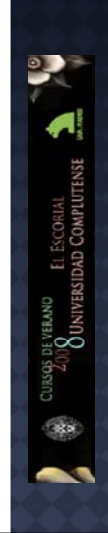
Cirugía Mínimamente Invasiva

- Tele-robot
- Técnicas inicialmente desarrolladas para su uso sin robots. El uso de los robots las ha hecho más eficaces
- Otras aplicaciones :
Entrenamiento de cirugía mínimamente invasiva (uso de mismas tecnología RA, RV,Hapticos)



TELE-ROBOT vs ROBOT AUTÓNOMO

15

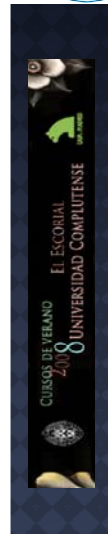


Da VINCI

- Sistema de Telerobots hápticos con visión 3D desarrollado por Intuitive Surgical Inc. para cirugía laparoscópica
- Primera utilización en extracción de vesícula
- El cirujano maneja a distancia dos robots y una porta endoscopio



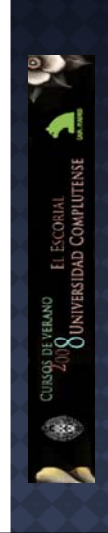
16



CARACTERÍSTICAS da VINCI

- Combina micromanipulación con visión 3D
- El cirujano tiene el control total sobre los movimientos del robot y siente las fuerzas de contacto del robot y sus herramientas con los tejidos
- La imagen es transmitida en modo entrelazado sin comprimir y es presentada no entrelazada. Se superponen textos y gráficos y se mejora la iluminación
- Aprobado por la FDA para su uso en:
 - Laparoscopia en general
 - Cirugía de torax
 - Prostatectomía (laparoscopic radical prostatectomies)
- Utilizado en Europa desde el 1998 en:
 - Cirugía cardíaca
 - Cirugía de vesícula
 - A principios del 2006: 354 instalaciones (265 en EE.UU., 64 en Europa y 25 en el resto del mundo)

17



VENTAJAS da VINCI (MIS)

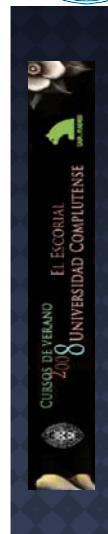
GENERALES DE MIS

- Reduce trauma operatorio
- Menor anestesia
- En general menor pérdida de sangre y necesidad de transfusiones
- Menores molestias postoperatorias
- Menor riesgo de infección
- Menor estancia hospitalaria
- Recuperación más rápida
- Menor cicatriz, mejor "estética"

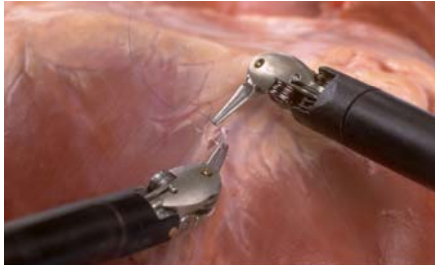
PARTICULARES

- Simplifica las técnicas de cirugía mínimamente invasiva (MIS). Los procedimientos rutinarios pueden ser realizados de manera más rápida y fácil. La sensación percibida por el cirujano es muy similar a la de cirugía abierta.
- Hace accesibles procedimientos MIS complejos. Algunas técnicas adaptadas a la MIS son muy complejas y solo son realizadas por un número reducido de expertos. Da Vinci hace accesible estos procedimientos a un mayor número de cirujanos.
- Hace accesible procedimientos MIS a un mayor número de especialidades quirúrgicas. Determinadas operaciones que todavía no pueden ser realizadas con técnicas MIS, pueden ser realizadas con da Vinci a través de incisiones de 1 cm.

18



COMPONENTES da VINCI (1)



19

COMPONENTES da VINCI (2)



● Equipo In-situ (robots)

Consta de 2 brazos de robot y un brazo de endoscopio. Estos reproducen fielmente los movimientos del cirujano. El laparoscopio pivota en el interior de la incisión (1 cm)



20

COMPONENTES da VINCI (3)

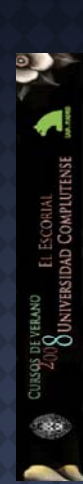


◉ Instrumentos EndoWrist™
Hay toda una gama de instrumentos para ser adaptados a los brazos del robot. Están diseñados con 7 gdl y con maniobrabilidad similar ala de la muñeca humana. Cada instrumento está destinado a una misión específica (manipulación de tejidos, suturar, etc.) La sustitución se realiza mediante acoplamiento rápido.

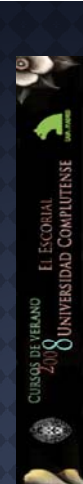
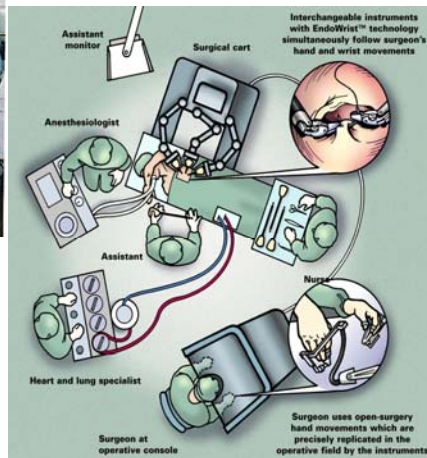
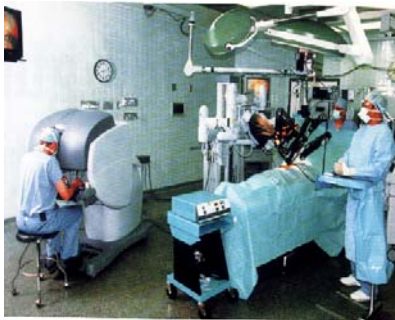
son mejor
sincroniz

luz,

21



ESCENARIO da VINCI





POLITÉCNICA

da VINCI



23

Prótesis y ortosis

- **Objetivos**
 - Sustitución de miembros humanos perdidos por prótesis de funcionalidad equivalente
 - Complementar la funcionalidad de los movimientos de miembros
- **Prótesis (manos, brazos, piernas).**
 - Sustitución completa de un miembro amputado por un sistema mecánico actuado
- **Ortosis (exoesqueletos).**
 - Amplificadores de fuerza
 - Apoyo pasivo
- **Otros (órganos)**
 - Implante cloquear
 - Ojos artificiales

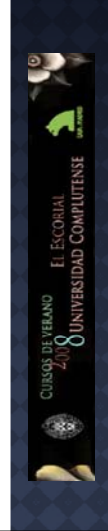


CURSOS DE VERANO
2008 EL ESCORIAL
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

24

Control de la prótesis

- Mecánico: Movimiento de otros músculos
- Mioeléctrico: Uso de señales de otros músculos
- Neurológico: captación de señales de los nervios



25




POLITÉCNICA

Brazos Protésicos


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





POLITÉCNICA

Mano Protésica



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

CURSOS DE VERANO 2008 EL ESCORIAL UNIVERSIDAD COMPLUTENSE CARR MADRID

27



POLITÉCNICA

Ojo artificial



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

CURSOS DE VERANO 2008 EL ESCORIAL UNIVERSIDAD COMPLUTENSE CARR MADRID

28

Radiocirugía Robótica CyberKnife

- Emisor Gamma montado en un brazo robótico capaz de desplazarse alrededor del paciente en todas direcciones y de sincronizarse con su respiración.
- El sistema “aprende” el movimiento del tumor causado por la respiración y mueve dinámicamente el haz de tratamiento de modo que los parámetros de radiación se mantienen constantes.
- Para el tratamiento de zonas extracraneales se colocan marcadores radio-opacos (marcas fiduciales) para definir la posición del tumor. Mediante dos aparatos de Rayos X ortogonales se controla en tiempo real la posición del tumor.
- El sistema de seguimiento respiratorio “Synchrony” relaciona el movimiento de las marcas fiduciales con el patrón respiratorio registrado continuamente por sensores externos de fibra óptica colocados en la piel.
- Seguimiento, detección y corrección permanente en función de los cambios de posición y del movimiento del tumor.



CyberKnife. Datos

- Desarrollado en la Universidad de Stanford (EE.UU.)
- Aprobado por FDA en 2002
- Instalado en el Hospital Ruber Internacional 2006-2007.
- cuenta con el primer aparato de radiocirugía robótica de España
- 82 equipos en todo el mundo:
 - 51 en los Estados Unidos de América,
 - 25 en Asia (17 de ellos en Japón)
 - 8 en Europa (4 en Italia, 1 en Holanda, 1 en Alemania, 1 en Grecia, 1 en España).
- Se estima que serían necesarios unos 2.000 robots para cubrir las necesidades actuales.
- Tratamiento de:
 - Metástasis y tumores en columna.
 - Tumores en laringe, nasofaringe, lengua.
 - Cáncer de mama (como sobreimpresión posterior a la radioterapia convencional o tratamiento hipofraccionado tras cirugía conservadora).
 - Cáncer de pulmón y metástasis pulmonares.
 - Tumores en hígado, páncreas o riñón.
 - Cáncer de próstata, de cervix uterino, recidivas y metástasis pélvicas.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

POLITÉCNICA

CyberKnife

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

31

Rehabilitación

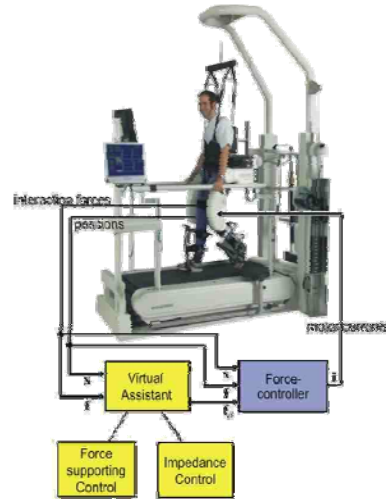
- Ayudas a la fisioterapia
- Rehabilitación del movimiento de extremidades
 - Marcha
 - Brazos
 - Manos
- Beneficios
 - Reeducción sistema nervioso
 - Control exacto de la amplitud, velocidad y fuerza a oponer al movimiento
 - Seguimiento de un programa de rehabilitación establecido
 - Control del progreso del paciente

CURSOS DE VERANO
2008 EL ESCORIAL
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
GUA MADRID

32

Lokomat

- El paciente queda suspendido en un arnés sobre una cinta de marcha. Sus piernas quedan recubiertas por la ortosis robotizada que mueve, de acuerdo las órdenes del sistema de control, las piernas del paciente.
- Se basa en el hecho de que la marcha responde a un patrón repetitivo en el que intervienen cerebro y espina vertebral.
- El sistema consigue que el sistema nervioso entrene a otras neuronas en la marcha, sustituyendo a las dañadas.
- Esta función es realizada por fisioterapeutas, pero con importantes limitaciones de tiempo y de desarrollo de los patrones precisos.
- Adicionalmente, el movimiento estimula el tono muscular y la circulación, así como la salud de los huesos implicados, disminuyendo riesgo de fracturas.
- Aprobado por la FDA en marzo del 2002.



33



POLITÉCNICA

Lokomat



34

ROBOTS PARA TELE-REHABILITACIÓN

- Ayudas a la fisioterapia El paciente dispone en su domicilio de un PC conectado vía Internet con otro en la clínica.
- Además dispone de un guante con realimentación háptica "Rutgers Master," , webcam y micrófono.
- Se simulan tareas manipulativas y de fuerza para la mano mediante fuerzas virtuales

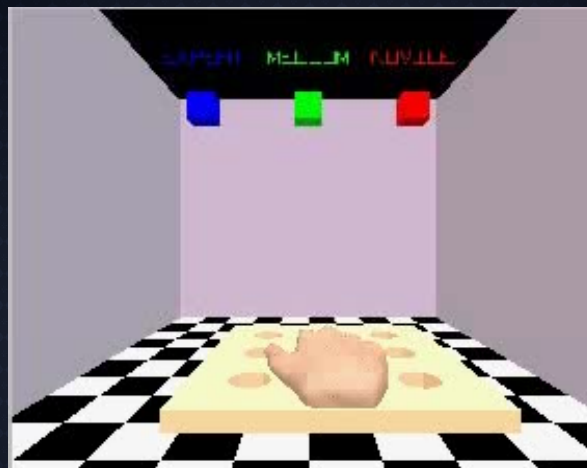


35



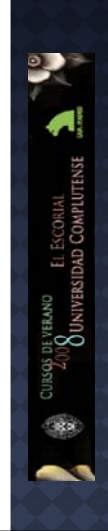
POLITÉCNICA

Tele-rehabilitación



Robots hospitalarios

- **Funciones**
 - Eliminación de tareas monótonas y de escasa motivación en hospitales
 - Servir comida a pacientes
 - Transporte de medicamentos
 - Historiales médicos
 - Transporte de muestras para análisis
 - Realización de visita médica remota
- **Características**
 - Robot móvil autónomo
 - Se mueve en un entorno compartido con pacientes y personal sanitario
 - Fácil interfase
 - Capacidad de comunicación con otros sistemas del edificio (ascensores)



37



POLITÉCNICA

Robot hospitalario Helpmate



38

Robots asistenciales

- Sillas móviles con mandos alternativos (capacidades aumentadas: escaleras..)
- Brazos robóticos asistenciales
- Ayuda para pasar de silla a cama
- Guiado de ciegos
- Andadores inteligentes
- Atención a personas mayores y dependientes



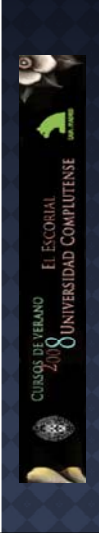
POLITÉCNICA

Un robot asistencial



ROBOTS ASISTENCIALES

- **Care-O-Bot**
 - **EN DESARROLLO**
 - **Robot móvil con brazo manipulador**
 - Responde a la voz
 - Comunicación con servicios asistenciales y ciudadanos
 - Acerca comida y bebida
 - Control temperatura, luz, alarmas, etc.
 - Ayuda personal (vestirse, andar, levantarse)
 - Monitorización de constantes vitales y gestión de alarmas médicas



POLITÉCNICA

Care-O-Bot

Robot en Farmacia

- Gestión del "almacén de farmacia"
 - Robot convencional (equivalente a otros sectores)
 - Entradas y salidas
 - Caducidad



43



POLITÉCNICA

Robot de Farmacia

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

Endo Robots

- Robots que operan dentro del cuerpo
- Tamaños muy reducidos
- Endoscópias
- Capaces de "navegar" por el cuerpo



Cápsula Endoscópica

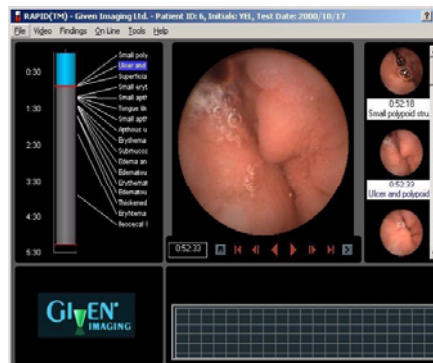
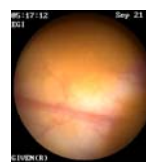
Sistema basado en una endocámara encapsulada y tragable que proporciona imágenes de vídeo en color mientras se desliza suavemente a través del tracto digestivo y se excreta de forma natural.

Procedimiento

Los pacientes ayunarán inmediatamente después de su cena. Antes de tragar la cápsula, el paciente se colocará el cinturón que soportará la registradora y la batería y la enfermera o el Gastroenterólogo situarán la antena sobre el paciente.

La cápsula se mueve a través del tracto digestivo naturalmente ayudada por la actividad peristáltica de los músculos gastrointestinales. La cápsula se excreta normalmente sin ningún esfuerzo después de completar su viaje.

El vídeo es volcado desde la registradora a la estación de trabajo RAPID que procesará el vídeo. El software también proporciona un diagrama de localización del avance de la cápsula a través del intestino delgado. El médico puede también crear informes para ser visualizados o impresos.



POLITÉCNICA

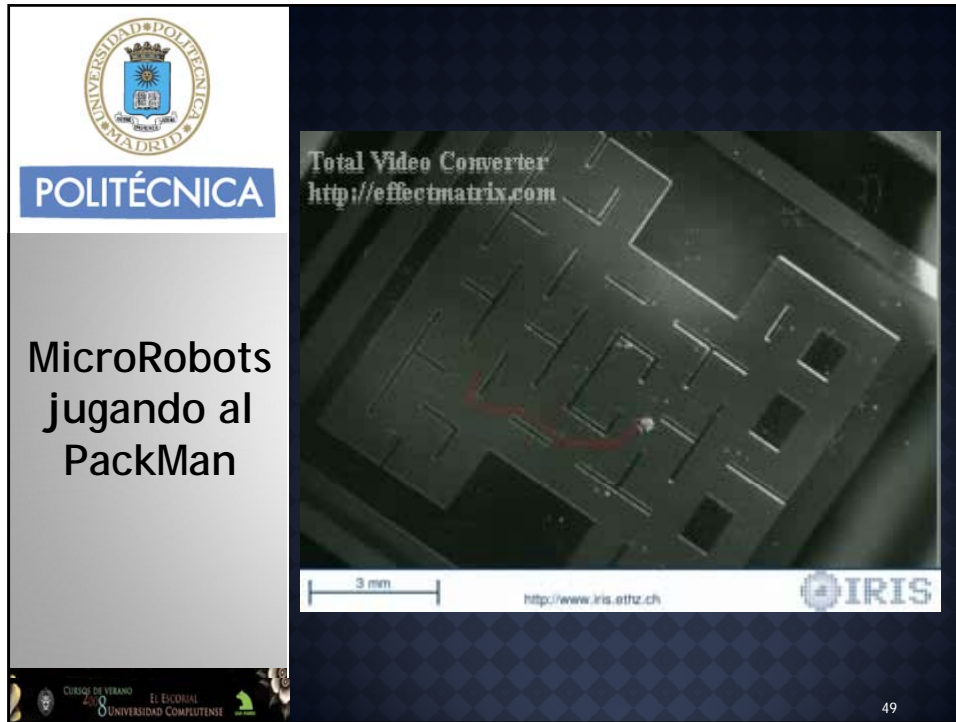
Cápsula endoscópica

47

Micro Robots

- Tamaño de micras
- Aún en fase de Investigación
- Logros destacados, pero no en robótica
- Futuro por descubrir

48



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

POLITÉCNICA

MicroRobots jugando al PackMan

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

3 mm <http://www.iris.ethz.ch> IRIS

CURSOS DE VERANO 2008 EL ESCORIAL UNIVERSIDAD COMPLUTENSE CARR MADRID

49



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

POLITÉCNICA

¿PREGUNTAS?

CURSOS DE VERANO 2008 EL ESCORIAL UNIVERSIDAD COMPLUTENSE CARR MADRID

50