



Micro y nanorobots

# TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS MICROSISTEMAS Y MICRO- ROBÓTICA

Master en Robótica y Automática

E. Gambao

Universidad Politécnica de Madrid

SPAIN



# Contenidos

- 1.1 Introducción a los microsistemas y micro-robótica
- 1.2 Tecnología de microsistemas
- 1.3 Estructura de un microsistema
- 1.4 Técnicas de microsistemas
- 1.5 Desarrollos y aplicaciones de microsistemas
- 1.6 Micro-robótica



## Tema 1. Introducción a los microsistemas y micro-robótica

# 1.1 Introducción a los microsistemas y micro-robótica



# Los orígenes

- Invención del microscopio óptico (~1670s)
- Técnicas de fabricación de circuitos integrados (~1950s)
- La investigación de los micro-organismos (~1950s)
- Invención del STM (*microscopio de efecto túnel*) (~1980s)
- Interés de la comunidad robótica (~1990s)





## Tema 1. Introducción a los microsistemas y micro-robótica

# 1.2 Tecnología de microsistemas



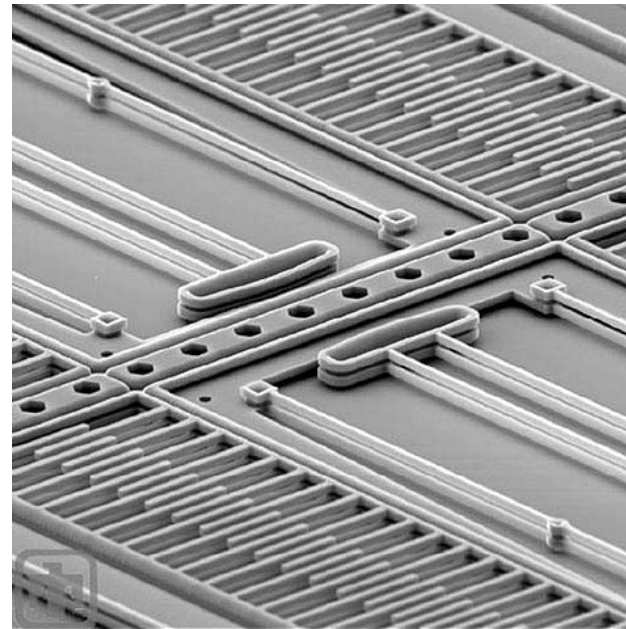
# Concepto de microsistema (MST)

- Microsistema: integración de sensores miniaturizados, actuadores y unidades de procesamiento de señal, que permiten al sistema completo medir, decidir y reaccionar.
- Integración de:
  - Mecánica
  - Electrónica
  - Control
  - Otros posibles elementos funcionales
- El objetivo sería fabricar elementos inteligentes monolíticos o chips integrados.
- Ventajas:
  - Reducción de tamaño y peso
  - Reducción de costes
  - Producción en masa
  - Bajo consumo energético
  - Múltiples aplicaciones



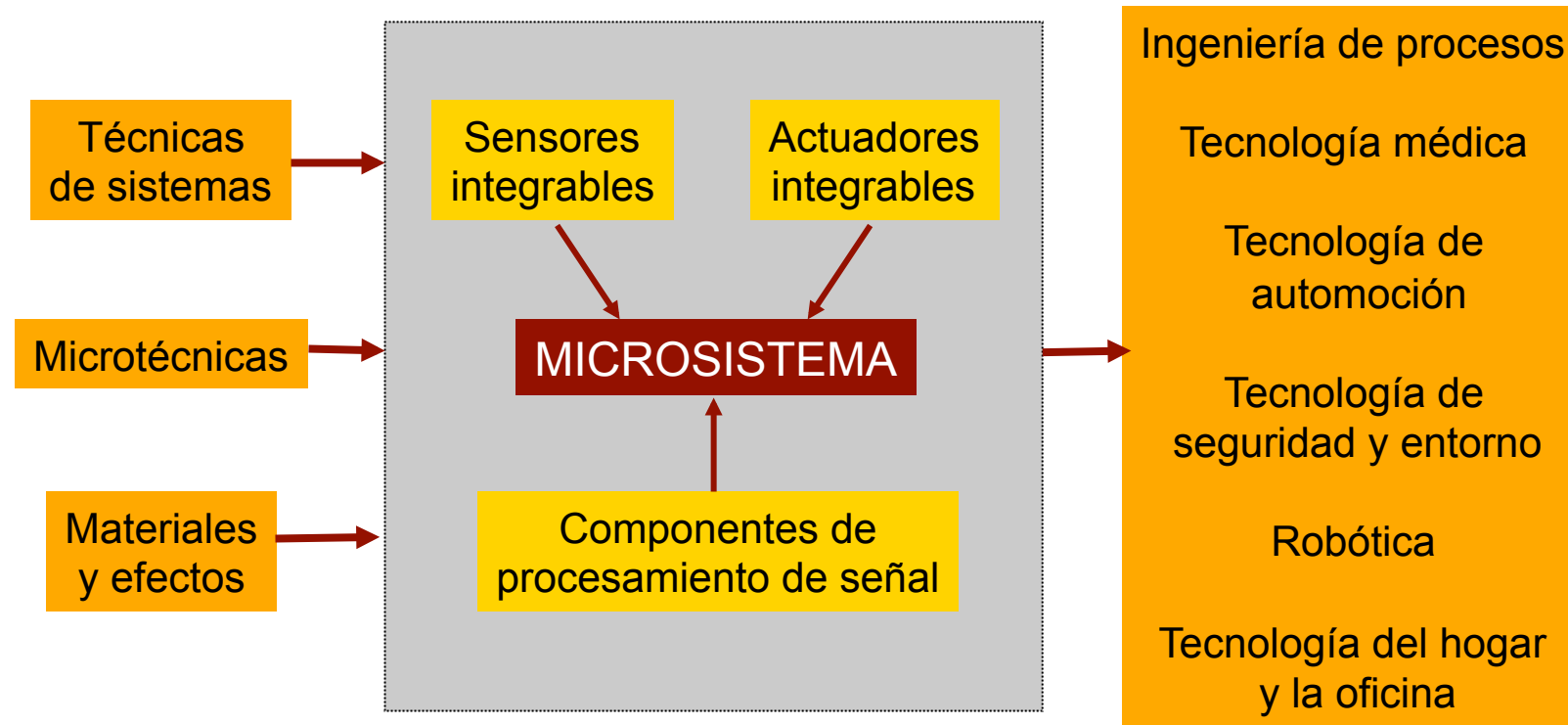
# Terminología

- MST: Microsystem Technology
- MEMS: Microelectromechanical Systems
- NEMS: Nanoelectromechanical Systems (Nanotechnology)
- Micro machines = MEMS





# Tecnología de microsistemas

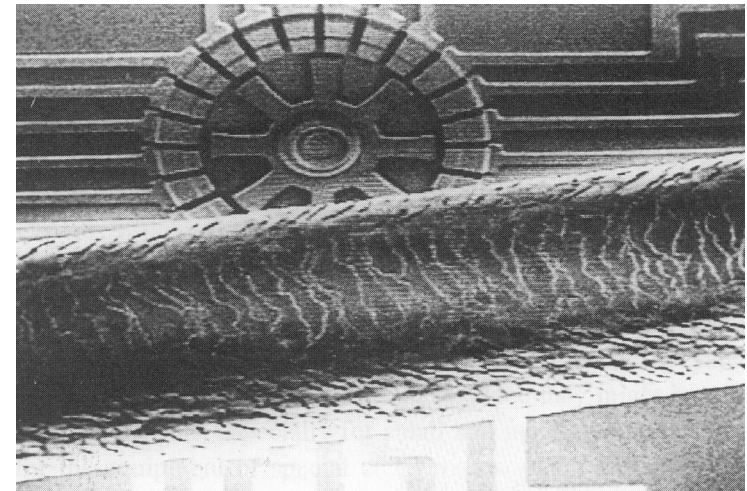






# Las dimensiones de un microsistema

- No hay acuerdo
- “unos pocos centímetros”
- “en el rango de los micrómetros”
- “un sistema en el que todas las funciones posibles están realizadas en un pequeño espacio y que contiene al menos un componente fabricado mediante micromecanizado”



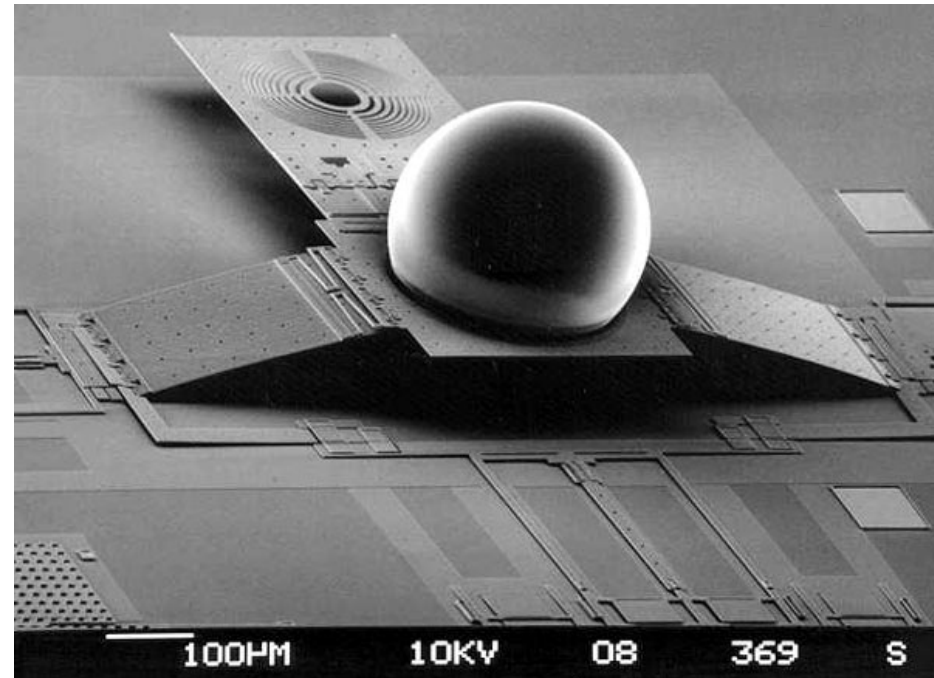
Pelo humano:  $\varnothing$  50/100  $\mu\text{m}$



# Ejemplos de microsistemas



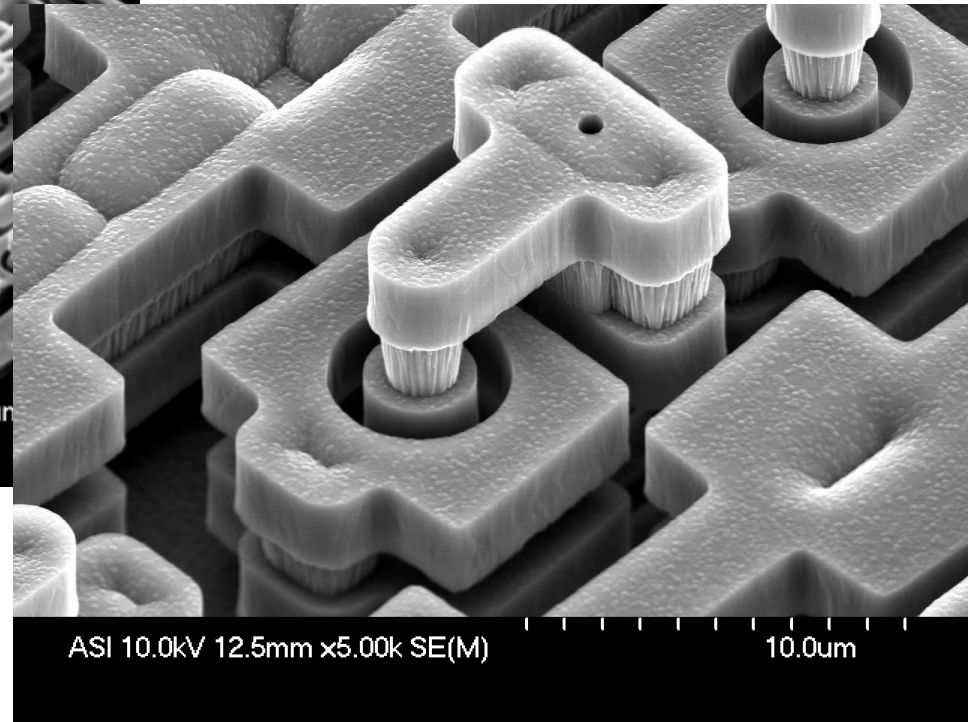
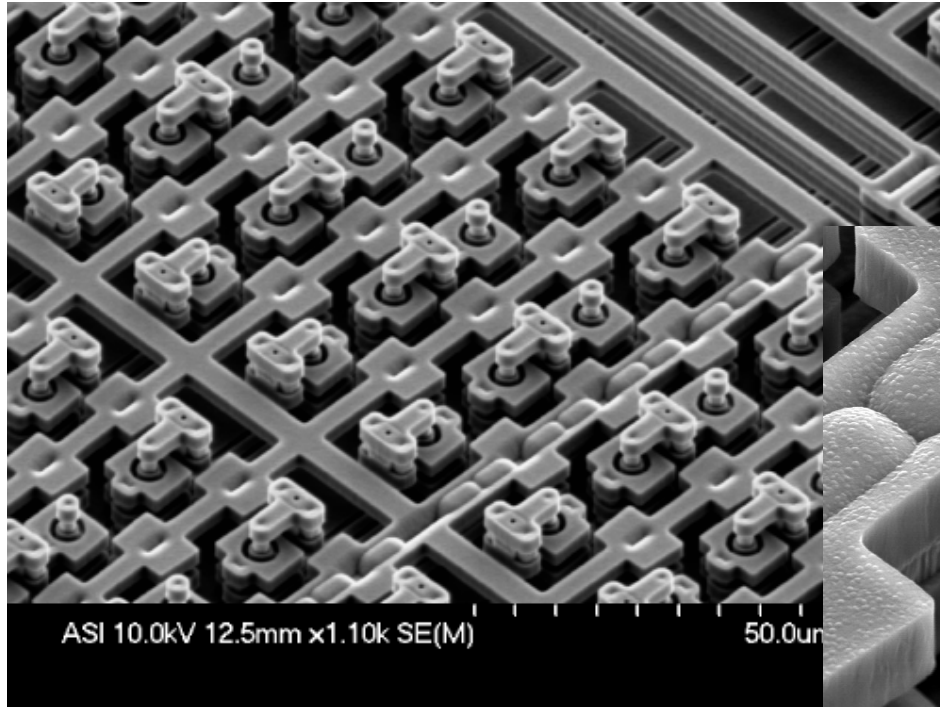
Micro-engranaje



Micro-lente

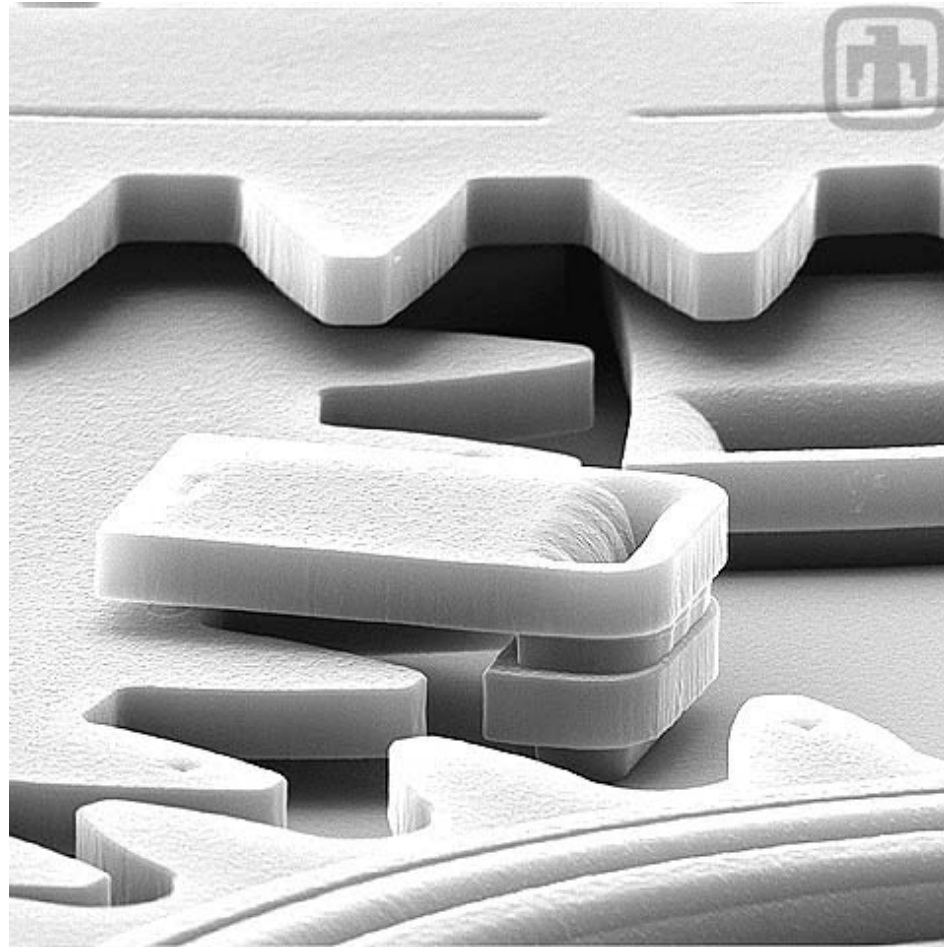


# Microactuadores



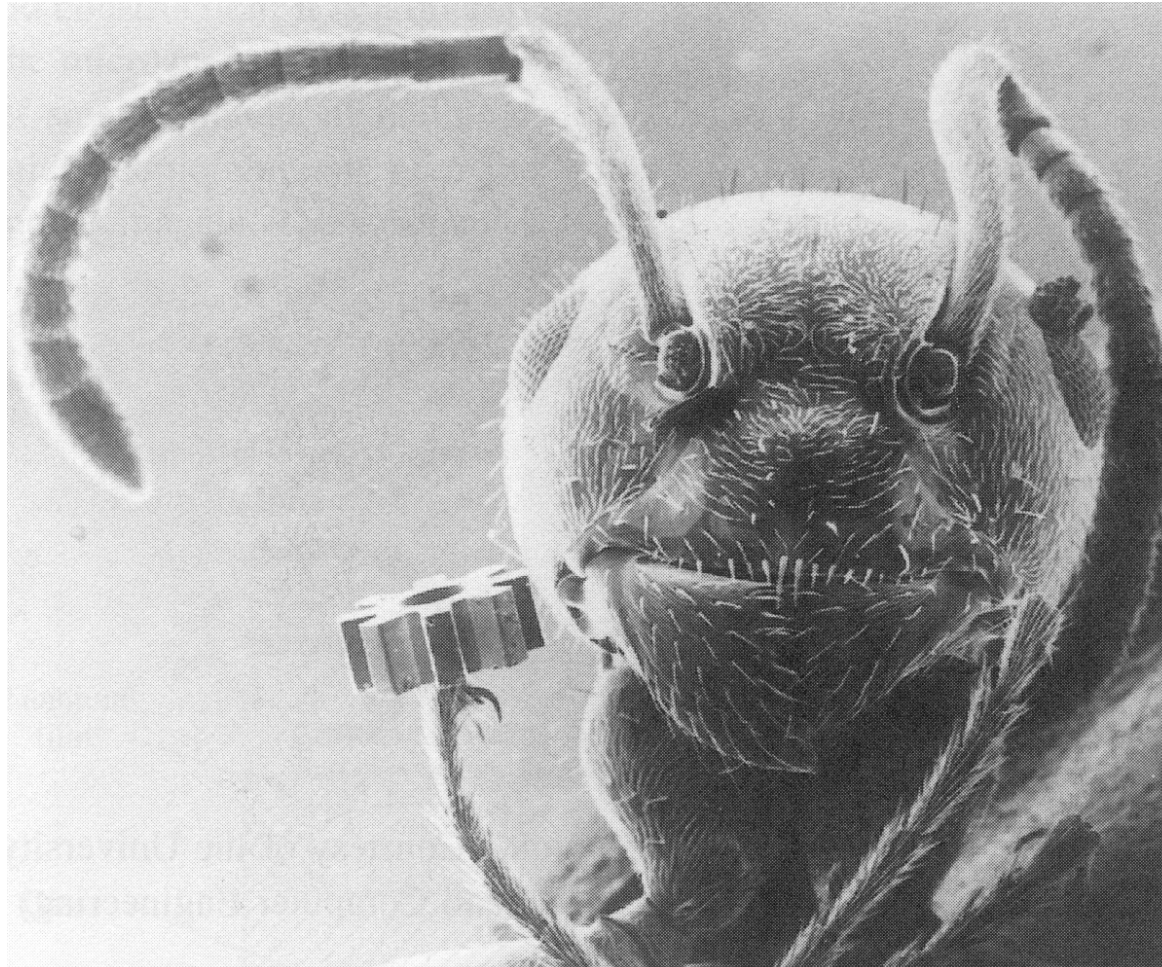


# Transmisión



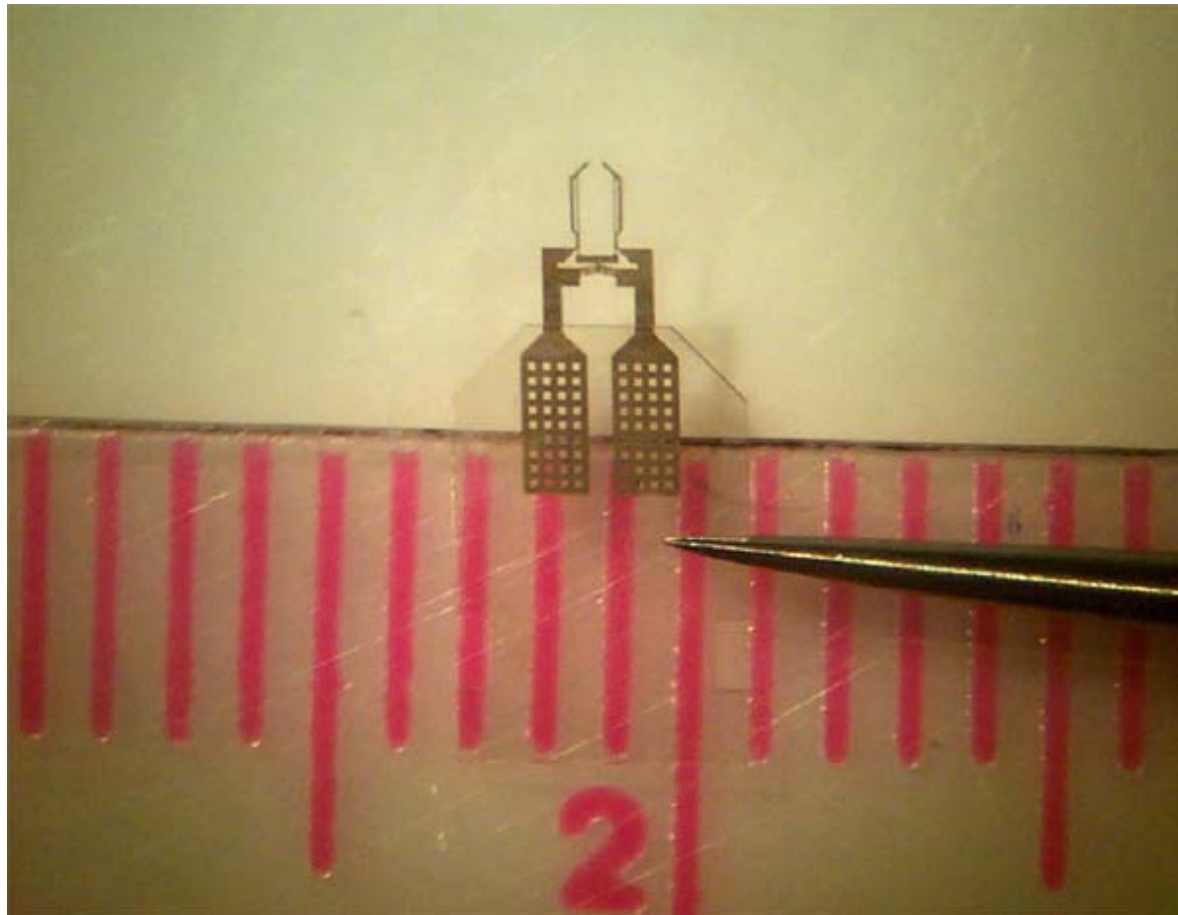


# Propulsor de microturbina



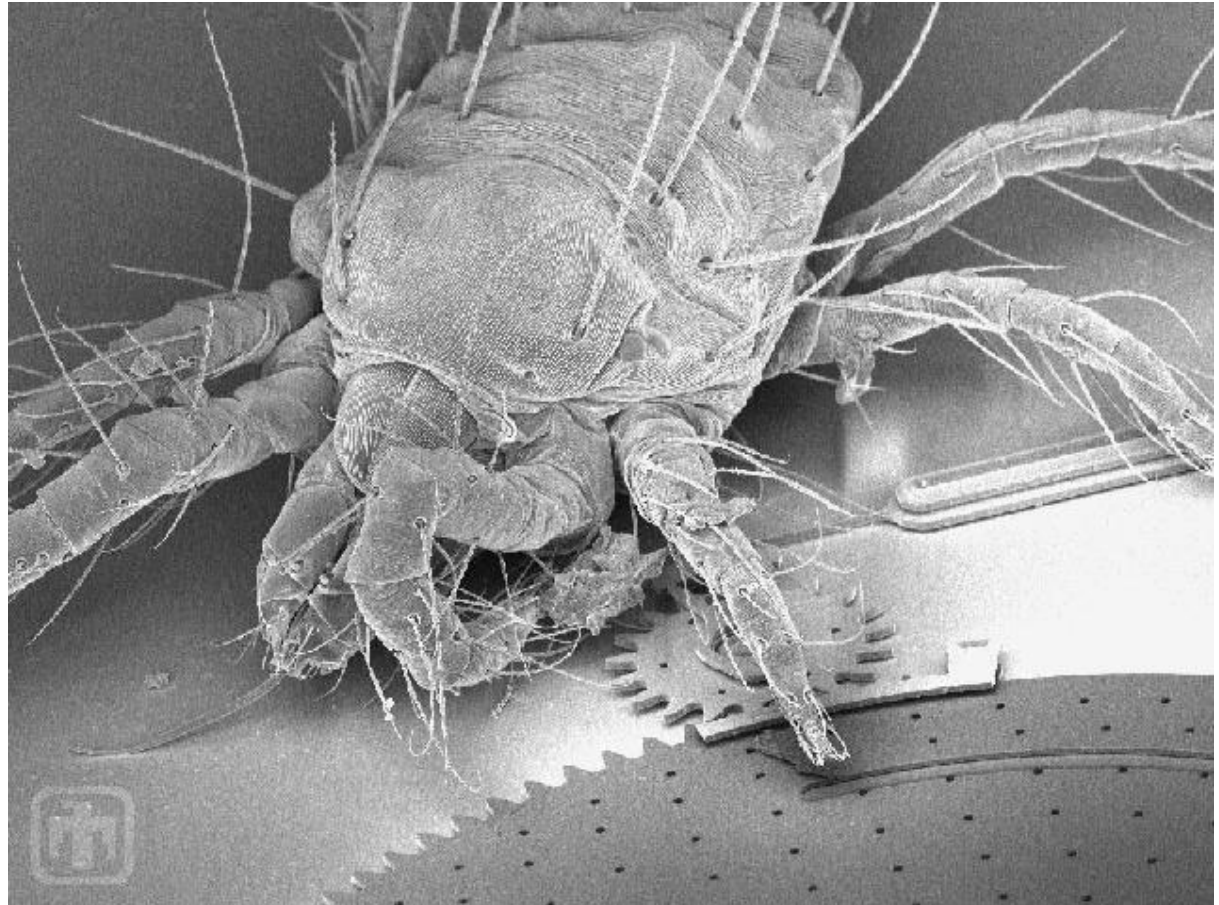


# Micropinzas



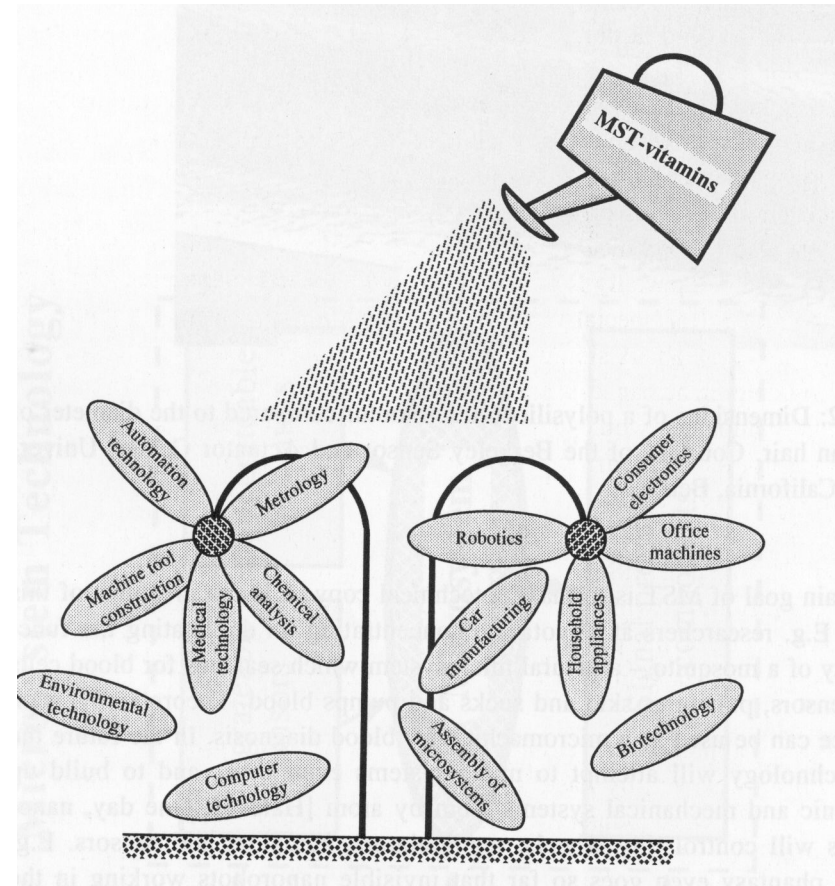


# Otros microsistemas





# Mercado potencial de los microsistemas







# ¿Qué son microsistemas?

- **Sistemas de tamaño muy reducido (micras)**  
(Respuesta evidente... y bastante acertada)
- **Sistemas con componentes de tamaño muy reducido**  
(No siempre es lo mismo que lo anterior)
- **Son los sistemas en sí, y también sus técnicas o procesos de diseño**  
(Mismo nombre para el fin y el medio)
- **Aglutinan gran variedad de aplicaciones y tipos de soluciones**  
(Cajón de sastre muy heterogéneo, lo único común es la reducción de tamaño)
- **Elemento predominante es el Silicio**  
(No es la única posibilidad, pero sí la más común, incluso cuando no se trata de componentes electrónicos)



# Definición de microsistemas

- **Sistemas** inteligentes miniaturizados que combinan sensores, actuadores y funciones de procesamiento de información. Estos sistemas son normalmente pluridisciplinarios, combinando dos o más elementos de naturaleza eléctrica, óptica, mecánica, química, magnética, etc. que pueden ser integrados monolíticamente o mediante cualquier tecnología híbrida multichip
- Conjunto de **técnicas y procedimientos** para diseñar sistemas en miniatura
- Una **forma de hacer la cosas**. La unión del muestreo y actuación mediante cómputo y comunicaciones para controlar parámetros físicos a una escala microscópica, cuyos efectos se pueden apreciar a escala macroscópica
- **Dispositivos y máquinas** fabricados usando técnicas comunes en la microelectrónica, normalmente para integrar funciones mecánicas, hidráulicas, etc. con funciones eléctricas
- Una **tecnología** para la fabricación de estructuras mecánicas sobre obleas de silicio usando técnicas de circuitos integrados.



# Lo que no son microsistemas

- Sistemas “pequeños”, una simple reducción de escala de sistemas macroscópicos pero sin cambio del sistema de fabricación ni de funcionamiento

Un sistema no puede ser micro y macro-sistema a la vez, sólo cambiando “un poco” el tamaño en cada implementación.

Un “mini-sistema” no es un micro-sistema.

- **Nanosistemas**

Un conjunto eutáctico (con orden molecular preciso) de componentes en la nanoescala (nanómetros) trabajando juntos para un propósito común.

La nanotecnología se refiere a la colocación “átomo a átomo”. Las leyes newtonianas no son aplicables en esta escala, pero sí en los microsistemas (millones de átomos permiten usar valores y propiedades “promediados”).



# Componentes o Sistemas

- Por ahora más que microsistemas hay micro-componentes
- Se fabrican microsensores o microactuadores, pero falta la verdadera integración en microsistemas completos
- Sustrato de Silicio: permite diseñar el controlador junto al elemento a controlar
- Incluso los “sistemas integrados” (controlador + elemento a controlar) por ahora son sólo sensores o actuadores



# Principales dificultades

- Compatibilidad de materiales
- Escalabilidad de los principios de actuación
- Dificultad de control (falta de algoritmos)
- Alto coste del proceso de producción
- Transformación de los resultados de investigación en aplicaciones industriales prácticas.
- Fuerzas electrostáticas y de tensión superficial dominan sobre fuerzas gravitacionales o inerciales.



# MEMS o no MEMS

- Como toda tecnología emergente y con futuro potencial está sujeta a cierto nivel de expectación y sobrevaloración
- Conforme evoluciona y los mercados finales se desarrollan se modera el optimismo con cierto realismo (fruto de conocer virtudes y limitaciones)
- Barrera psicológica a lo nuevo en el mercado ~15 años (1979 se demuestra el microacelerómetro, 1995 se usa en airbags)

Solución MEMS es atractiva si:

- permite **añadir funcionalidad** (p. ej. aplicaciones médicas)
- y/o proporciona sensible **reducción de coste** (p. ej. aplicaciones del automóvil)

Reducción de tamaño, aunque importante, raramente es suficiente

Elemento clave en la competitividad en coste es la fabricación en  
“lotes”

(grandes niveles de producción para justificar una sala limpia)

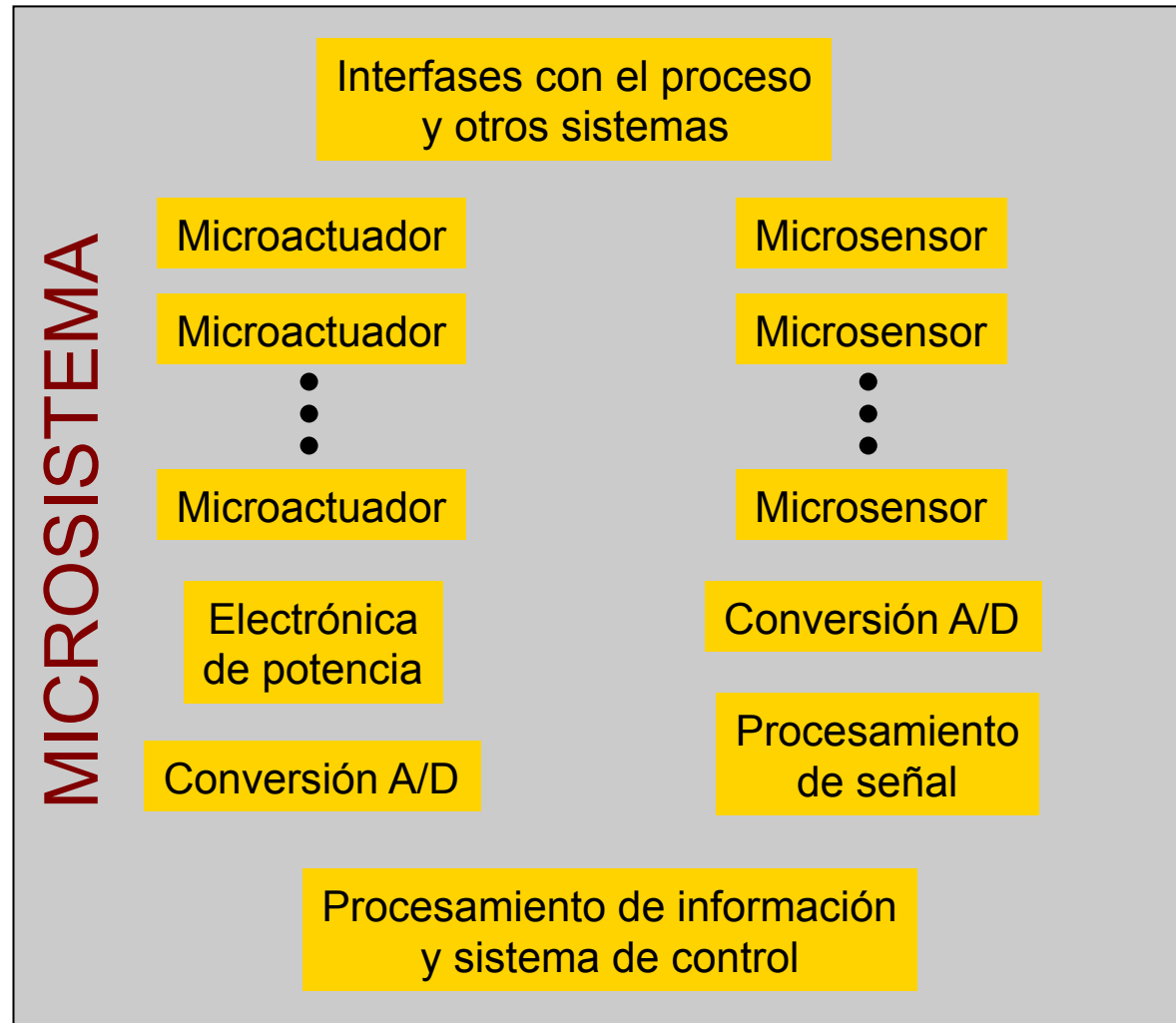


## Tema 1. Introducción a los microsistemas y micro-robótica

# 1.3 Estructura de un microsistema



# Componentes de un microsistema







## Tema 1. Introducción a los microsistemas y micro-robótica

# 1.4 Técnicas de microsistemas



# Técnicas fundamentales de microsistemas

## TÉCNICAS DE SISTEMAS

Conceptos de sistemas

Procesamiento de señales e información

Diseño de sistemas y simulación

Test de sistemas y diagnóstico

Tecnología de interconexión

Tecnología de empaquetado

Estandarización

## MICROTÉCNICAS

Técnicas de capas

Micromecánica

Microelectrónica

Micro-óptica

Fibra óptica

Micro-moldeo

Micro-fluídica

## MATERIALES Y EFECTOS

Metales, polímeros, silicio, Cerámica, cristal, cuarzo...

Fuerzas electrostáticas

Efectos piezoeléctricos

Campos electromagnéticos

Efecto magnético y magnetostriectivo

Efecto SMA

Efectos biológicos y químicos

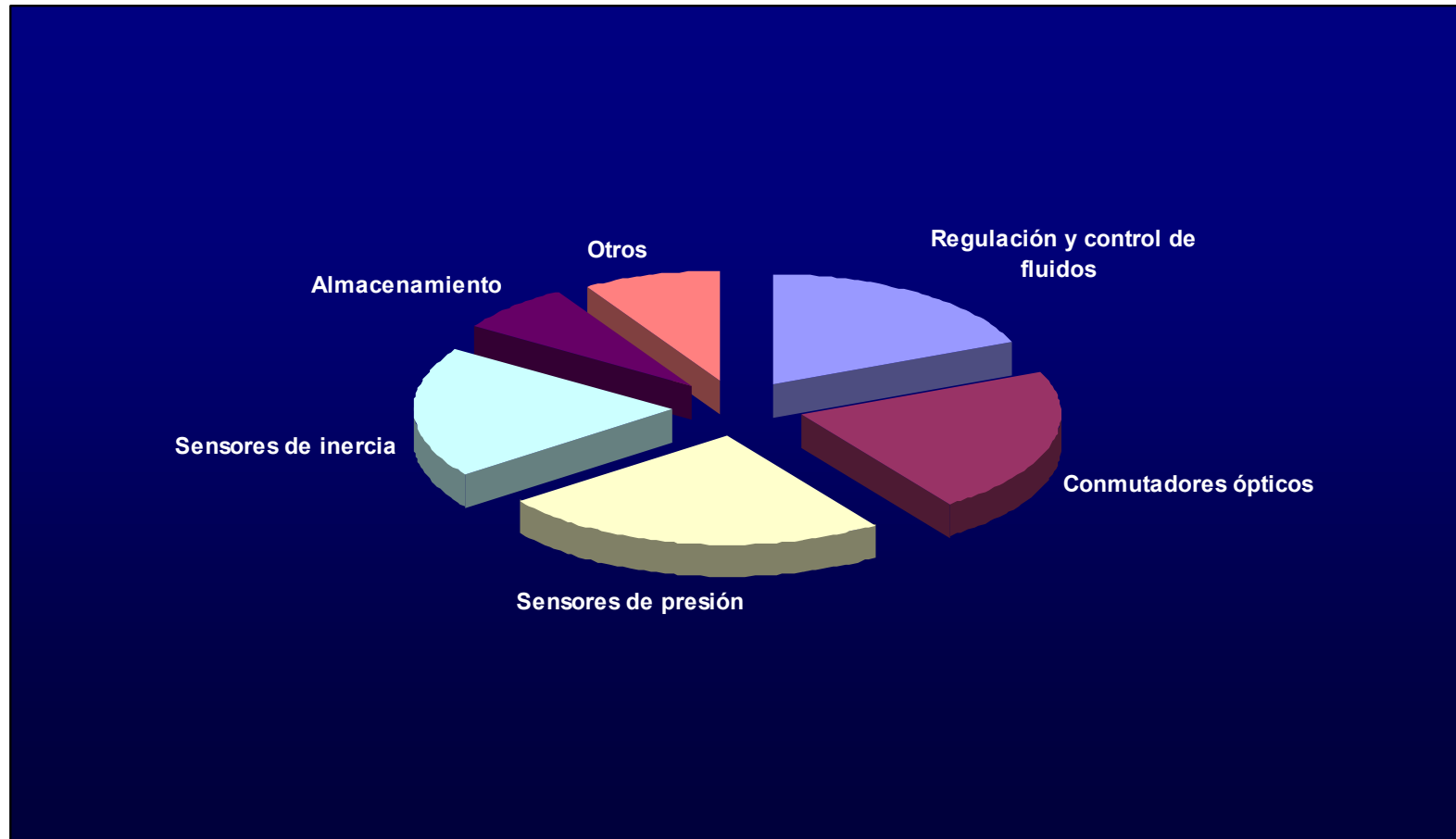


## Tema 1. Introducción a los microistemas y micro-robótica

# 1.5 Desarrollos y aplicaciones de microistemas



# Previsiones de mercado





## Tema 1. Introducción a los microsistemas y micro-robótica

# 1.6 Micro-robótica



# Micro-robots

- Sistemas complejos que utilizan microactuadores y microsensores y con capacidad de control e inteligencia.
- 2 campos de trabajo en MST:
  - Manipulación robótica de objetos con dimensiones características en el rango de milímetros o micrómetros (**micro-manipulación**)
  - Diseño y desarrollo de agentes robóticos en el rango de milímetros o micrómetros (**micro-robots**)
- Ambos campos requieren la adquisición de nuevos conocimientos en física, ciencia de los materiales y biología. Nuevo punto de vista de la **ingeniería**