



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**

“MATERIALES INTELIGENTES”

MATERIALES

Prof. Titular: Dra. Ing. María J. Santillán

Prof. Adjunto: Dr. Ing. Claudio Careglio

MATERIALES INTELIGENTES

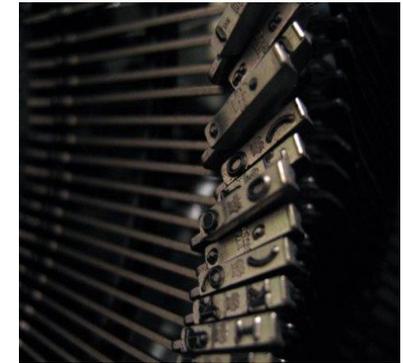
Capta Señales



Las procesa



Genera Acción



- **Son integrados con sensores, microprocesadores y controladores.**

Generación de materiales derivadas de la nanotecnología, cuyas propiedades pueden ser controladas y cambiadas según demanda.

MATERIALES INTELIGENTES



Los materiales inteligentes revolucionan la forma de concebir la síntesis de materiales al estar diseñados para:

- responder a estímulos externos.
- Extender su vida útil.
- Ahorrar energía o simplemente...
- Hacer más confortables la vida del ser humano.

. El desarrollo de materiales "inteligentes" los hará auto-replicantes, auto-reparables e incluso, si es necesario, autodestructibles, reduciéndose con ello los residuos y aumentando su eficiencia

MATERIALES INTELIGENTES

Generación de materiales derivadas de la nanotecnología.

“Un material inteligente es aquel que cambia/controla sus propiedades ante una alteración del entorno”.

**Nuevo paradigma en la ingeniería → los materiales estructurales serán reemplazados por materiales funcionales →
INTELIGENTES**

MATERIALES INTELIGENTES

La inteligencia es función directa de:

- Grado de autonomía del agente en el control de su conducta
- Grado que se alcanza los objetivos
- Dificultad inherente de los objetivos
- Complejidad del ambiente

...y es función inversa de la cantidad de recursos invertidos por el agente!!!

MATERIALES INTELIGENTES

Grados de Inteligencia

- Un material puede ser inteligente en el sentido de que puede dar la misma respuesta ante un particular cambio.
- Otros con capacidad de aprendizaje.
- Se desea que un material inteligente tenga respuestas abruptas y pronunciadas.
- La inteligencia tiende a ser una cuestión de grados.

MATERIALES INTELIGENTES

Sistemas Inteligentes: Pasivos y Activos

Sistema pasivo responde a algún cambio externo sin asistencia externa.

– una resistencia.

• **Sistema activo** responde a un estímulo externo más una señal interna.

– un transistor.

MATERIALES INTELIGENTES

Sistemas Pasivos y Activos

- Muchos materiales inteligentes exhiben mecanismos de reparación.
- Óxidos compuestos de tungsteno, plata carbón, cerámica y acero son usados en cerámicos especiales → boquillas de cohetes.
- => composición inteligente que realiza funciones termomecánicas.

Ejemplos

- ZnO al recibir un alto voltaje pierde resistencia eléctrica.
- Titanato de Ba aumenta la resistencia cerca de los 130 °C para detener un oleaje de corriente.

MATERIALES INTELIGENTES

Vs. Estructuras Inteligentes . . .

- **Material Inteligente:** si se divide mantiene sus propiedades.
- **Estructura Inteligente:** si se divide en dos pierde la propiedad que da la “inteligencia”.
 - Sensor: Aparato detector.
 - Actuador: Aparato de control.

MATERIALES INTELIGENTES

Compuestos muy inteligentes

- Diversas propiedades se pueden ajustar: frecuencia de resonancia, Impedancia acústica, amortiguamiento mecánico, acoplamiento electromecánico e impedancia eléctrica, propiedades mecánicas.....

Super materiales (*super materials*) → extraordinarias propiedades. La capacidad de crear componentes con precisión atómica.

MATERIALES INTELIGENTES

Compuestos muy inteligentes

- Bajo presión, las moléculas se alinean y se endurece notablemente (modulo de Young).
- → Sistemas ópticos, microscopios, tubos de scattering .
- Manifiesta no linealidad en semi conductores → distorsión ley de Ohm $V=IR$.

MATERIALES INTELIGENTES

Son capaces de responder de manera reversible ante la presencia de un estímulo cambiando sus propiedades



sensor y actuador

“Un material inteligente es aquel que posee sensores de reconocimiento del estímulo, “actuadores” que alteran sus propiedades físicas en tiempo corto y mecanismos de control que le permiten reaccionar siempre de la misma manera. Además este debe volver a su estado original después de cesado el estímulo.”



MATERIALES INTELIGENTES

Clasificación

- Materiales con memoria

cambian ciertas propiedades físicas (forma) al someterse a un campo eléctrico y/o magnético.

- Aleaciones
- Polímeros

- Materiales electro-magneto activos



consiste en una relación causa-efecto entre la deformación (cambio de forma) de manera controlada y un estímulo eléctrico/magnético.

- Materiales foto-cromo activos

experimentan cambios de diferente naturaleza cuando se someten a la acción de la luz. En algunos casos pueden producir luz bajo ciertos estímulos o cambiar el color



MATERIALES INTELIGENTES

Clasificación

- Materiales con memoria



- Materiales electro-magneto activos

↓
Piezoeléctricos



- Materiales foto-cromo activos



MATERIALES INTELIGENTES

Fluidos electroreológicos

Líquidos que cambian su estado en presencia de un campo electromagnético.

- Pueden ser congelados y fundidos a voluntad.
- Uso importante: discos de embrague
- Propiedades pueden ser controladas por agentes externos.



MATERIALES INTELIGENTES

Materiales Magneto-electro activos

- Materiales piezoeléctricos.
 - Reaccionan ante un impulso eléctrico con una deformación y viceversa.
 - Cristal de cuarzo en señales de radio y relojes electrónicos.

Dos grupos

- Naturaleza piezoeléctrica primigenia: cuarzo, turmalina.
- Ferroeléctricos: tantalato de litio, nitrato de litio, berlinita (monocristales y cerámicas)
- Polímeros polares

MATERIALES INTELIGENTES

Materiales Foto/cromo activos

Cristal fotocromático (1964).



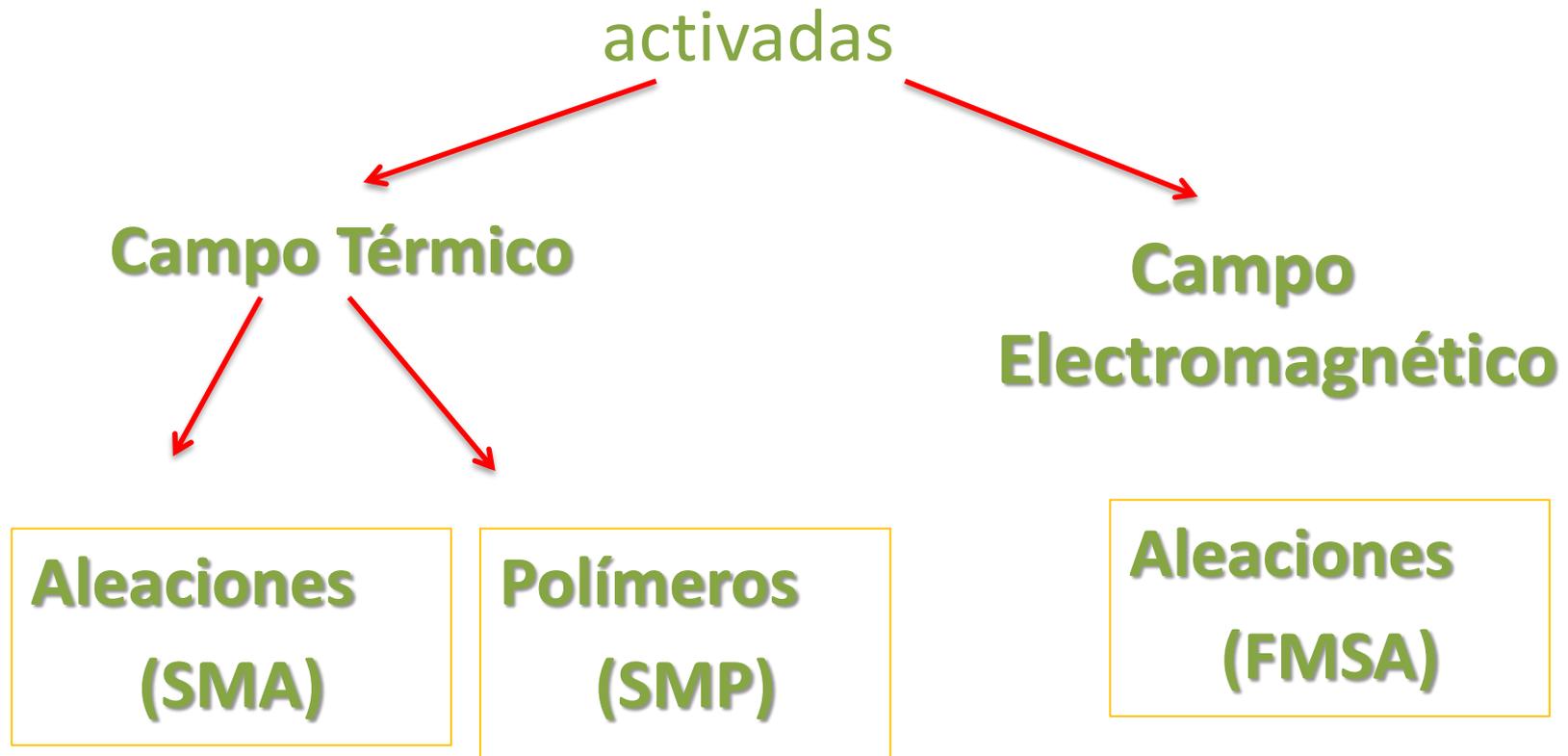
- El efecto consiste en una reacción de la radiación UV con Ag^+ que inmoviliza los electrones.
- Átomos Ag bloquean la luz incidente.
- Sin la Luz UV \rightarrow Ag se revierte a Ag^+ (reacción energética favorable).

MATERIALES INTELIGENTES

Materiales Fotostrictivos

- Transforman energía óptica en mecánica
- Destellos de luz causan que el material se expanda/contraiga.
- → El caminante”

Materiales con memoria



MATERIALES CON MEMORIA

SMA (Shape Memory Alloys)

- Capacidad de recuperación ~ 8,5%



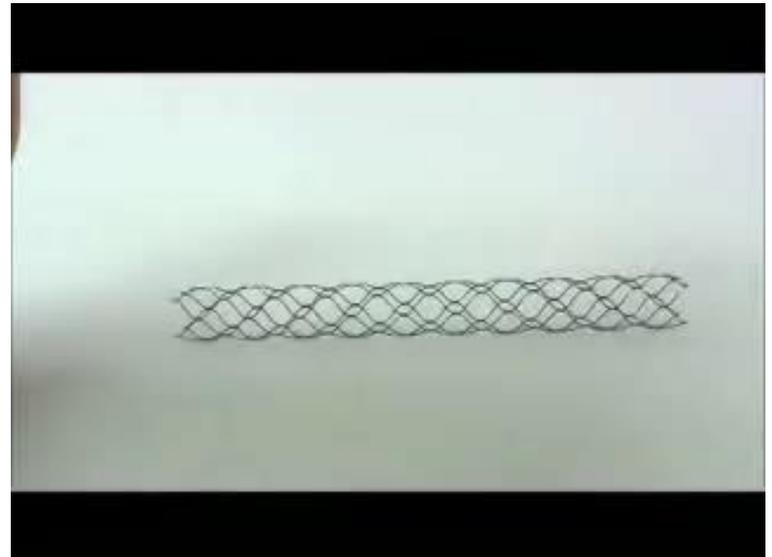
Ni Ti

- Generar tensiones 1 orden de magnitud superior

- Peso /Potencia superior

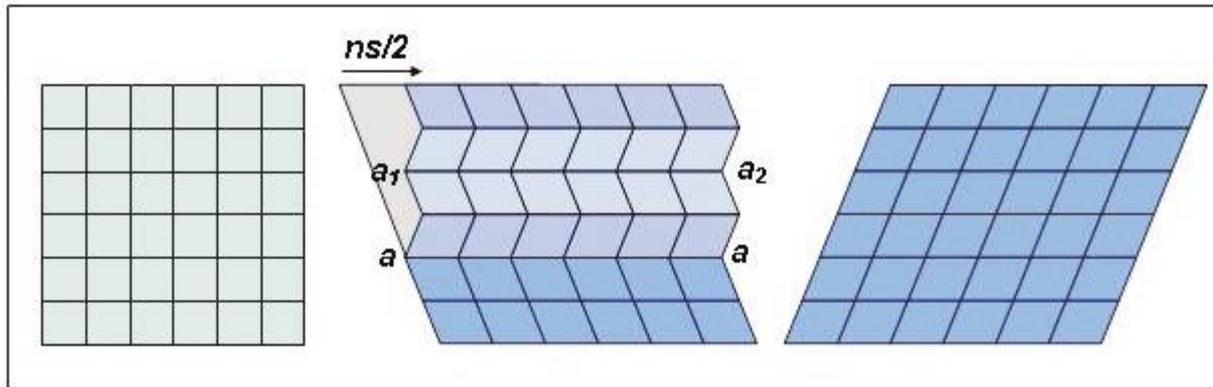
- Carácter no magnético

- Si la inclinación ocurre en una misma dirección, la aleación sufre una deformación espontánea.
- En la práctica ocurre en toda las direcciones, las cuales se cancelan y mantienen la forma inalterada.

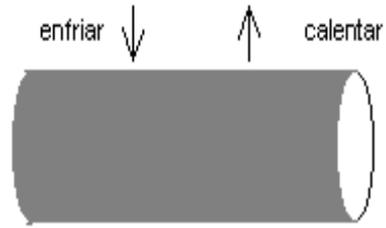
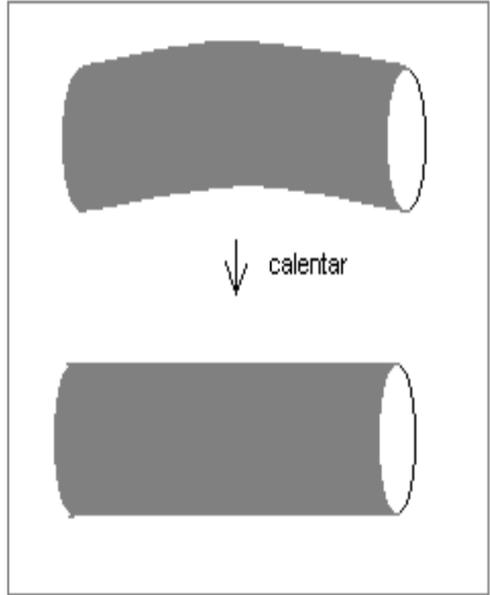
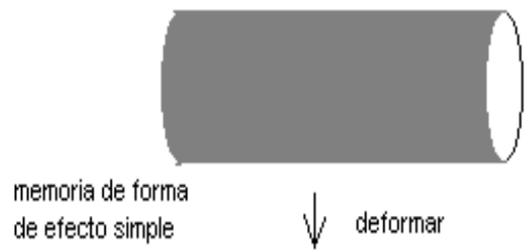


Aleaciones con memoria de Forma

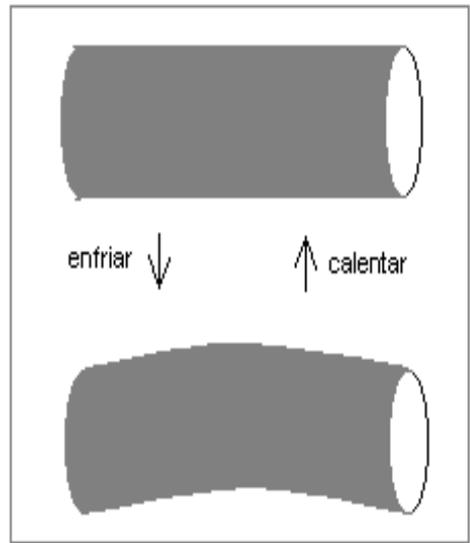
- Origen :cambio en la estructura cristalina que ocurre para minimizar energía de la red.
- El cambio de estructura no ocurre por difusión de átomos, sino por deformación de la red.



El material recupera su forma gracias a una transformación martensítica



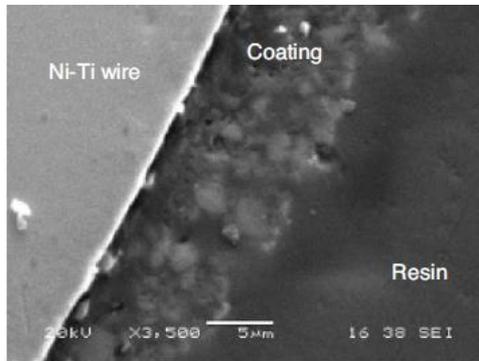
memoria de forma de doble efecto



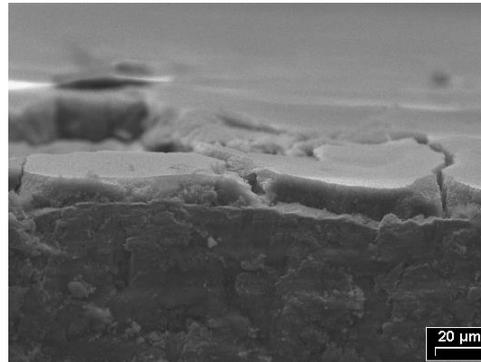
enfriar ↓ ↑ calentar

Aleaciones con Memoria

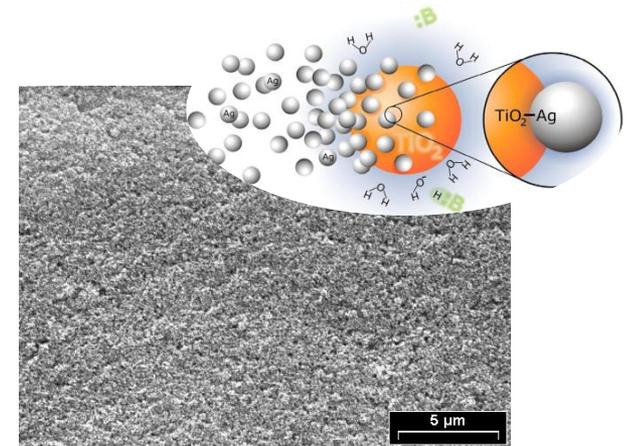
Biomateriales



Krauss et al. SCT (2006)



Santillan et al. KEM (2009)



Santillan et al. SCT(2010)

Trabajos en colaboración al Departamento de Materiales - Imperial College London (Reino Unido) e Instituto de Biomateriales - Universidad de Erlangen-Nuremberg (Alemania)

Polímeros con Memoria

SMP (Shape Memory Polymer)

Polímeros que en respuesta a pequeños cambios en su entorno, como temperatura, pH, luz, campo eléctrico o magnético, concentración iónica, moléculas biológicas, etc. sufren cambios drásticos en sus Propiedades

Polímero	Estímulo	Respuesta
termosensibles	Temperatura	Tension/volumen
fotosensibles	Intensidad de luz	Tension/propiedad optica
magnetoactivos	Campo magnetico	Tension/luz/color
electrosensibles	Campo electrico	Tension
multi-sensibles	Mas de uno	Tension/volumen

Polímeros inteligentes

Clases

- polímeros reticulados
- copolímeros en bloque.
- redes interpenetradas.
- Polímeros con memoria de forma.

Polímeros inteligentes

Redes Interpenetradas (INP)

- 2 o mas sub-redes de polímeros

- **Identifico**
 - No fluyen
 - En medio acuoso se hinchan pero no se disuelven

Ej: Chitosan/metacrilato
Chitosán/policaprolactona

Trabajos en colaboración con Grupo de Polimeros Avanzados- PLAPIQUI. (Argentina)

Polímeros inteligentes

Polímeros con memoria de forma (SMP)



Ej: poliuretano
poliesteres

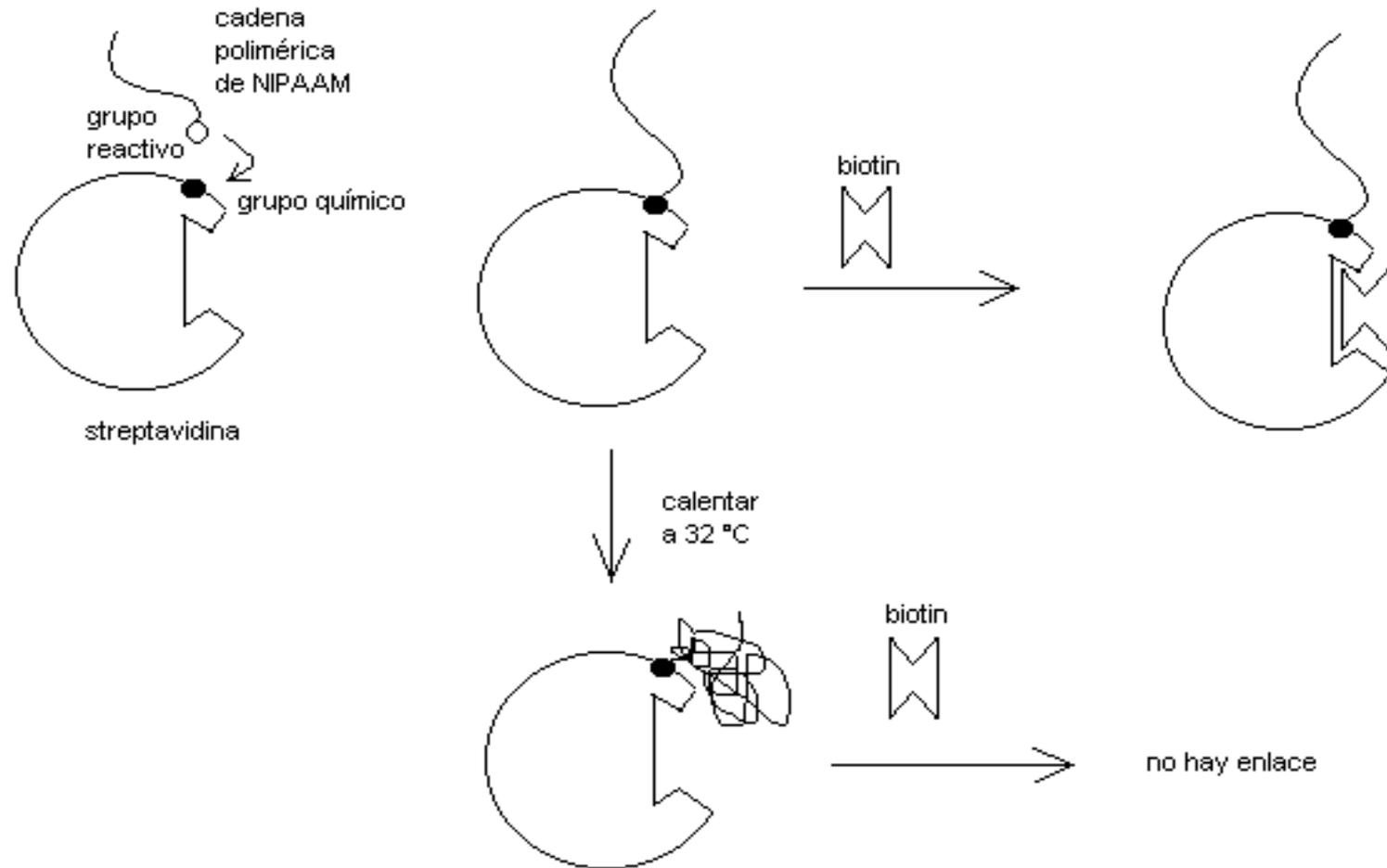
Caliente → Autoreparación de polímeros semicristalinos
diseñados

Polímeros inteligentes

Sustratos de cultivos: Cambio de topografía

- La mayoría de los tejidos del cuerpo :
 - » Iris
 - » Huesos
- Materiales suaves y blandos => Modificados drásticamente
- Mejor estudio de Polímero es NIPAAM (N-isopropylacrylamide)
 - Cadenas NIPAAM solubles en soluc. frías, al calentar colapsa y precipita.
 - Compuesto por grupos solubles e insolubles.
 - Enlace energéticamente favorable.
 - Temperatura de solución crítica mas baja → la mayoría de los enlaces se deshacen con el agua.
 - Uso para control de habilidad de una proteína para unirse con pEq molécula.
 - Geles basados en NIPAAM responden a cambios de Temperatura.

Polímeros inteligentes



Desarrollos Futuros

- Integración y miniaturización de los sensores y actuadores electrocerámicos. => Automatización.
- La integración con resistores y capacitores incrustados en desarrollo.
 - Cintas y pantallas de impresión
- Varistors, sensores qcos, termistores y transductores puedan ser fabricados de forma que cumplan con Inteligencia.
- Chips de Silicona
 - Paq multifuncional sería peq, robusto, barato y refractario
 - Soporta altas temperaturas.

Desarrollos Futuros

- Cu y Pt tienen conductividad alta, pero puntos de fusión a temp bajas.
 - Alterar con cerámicos y hacen más cara fabricación.
- Confiabilidad (Estudiar quiebre eléctrico y mecánico).
- Sistemas Inteligentes para ambientes hostiles.
- Medicina regenerativa