

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA

# MÁQUINAS ADAPTATIVAS

El filtro de Wiener y el perceptrón

Carolina Castañeda | Walter Wabe

Henry Tenorio | Daniel Flores

CI-2657 Robótica



# AGENDA

1 MÁQUINAS ADAPTATIVAS

2 EL FILTRO DE WIENER Y EL PERCEPTRÓN

3 ¿APLICACIONES?

4 CONCLUSIONES

5 BIBLIOGRAFÍA

# ¿Máquinas adaptativas?

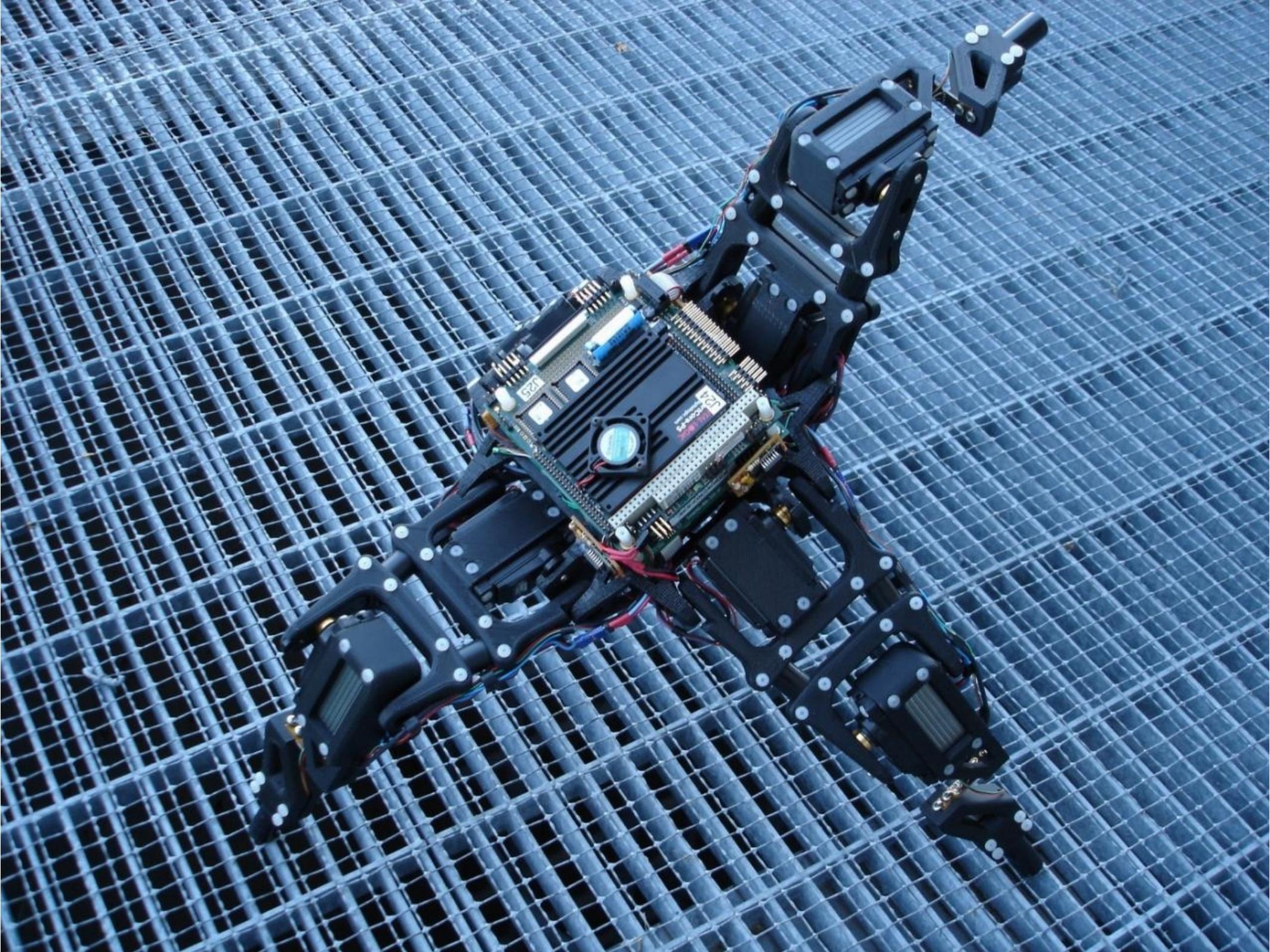
**Adaptar** (Del lat. adaptāre).

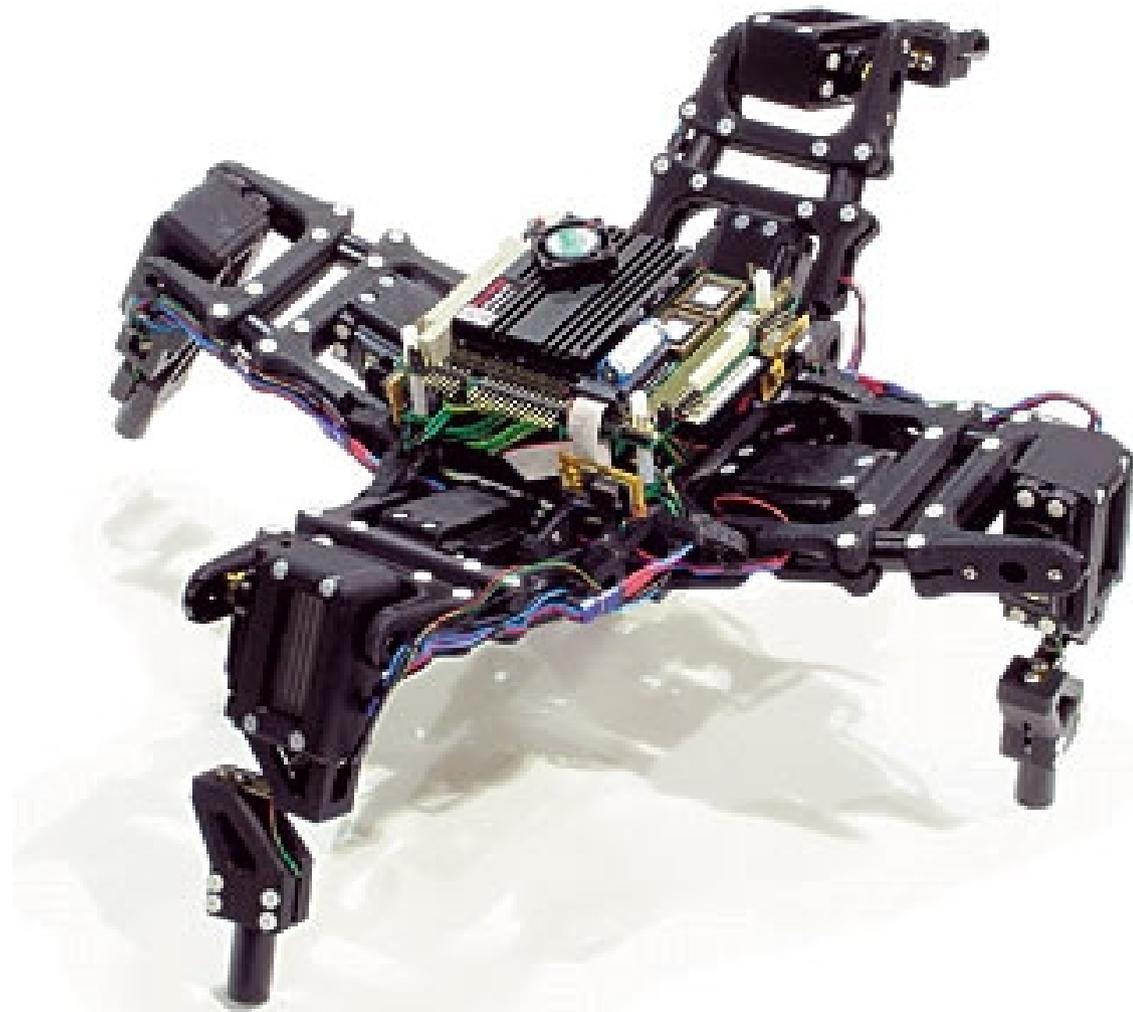
2. tr. Hacer que un objeto o mecanismo **DESEMPEÑE** funciones **DISTINTAS** de aquellas para las que fue **CONSTRUIDO**.

5. prnl. Biol. Dicho de un ser vivo:

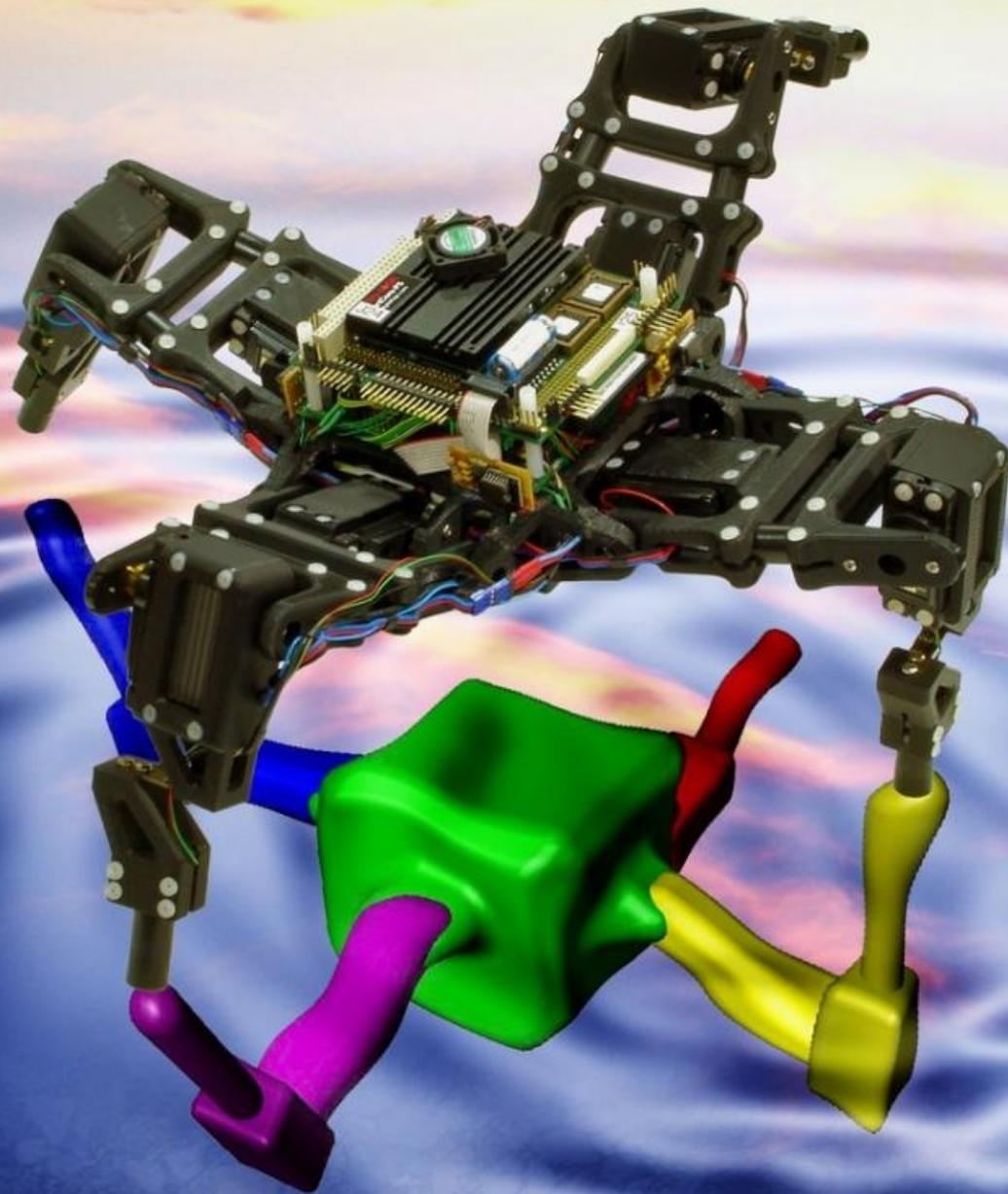
**ACOMODARSE** a las **CONDICIONES** de su entorno.







Robot estrella de mar de cuatro patas **INFIERE** sobre sus propias capacidades, conocidos ahora como **ROBOT AUTO-MODELADOS.**



1. Movimientos **aleatorios** + medidas de la forma en que se **inclina**.
2. Generación de muchísimas **hipótesis** acerca de lo que su estructura podría ser:  
Vuelve a **move** y **recopila** más datos para determinar modelos **potenciales**  
Se comporta en consecuencia.
3. Se **eliminan** aún más modelos menos útiles hasta que un modelo exacto se encuentra
4. Se espera (inspirado en evolución darwiniana).





Ingeniero mecánico **HOD LIPSON**



Morphology, Evolution & Cognition Laboratory (MECL)

UniverSity of Vermont

意図のやりとり

身体イメージ

# Yukie Nagai, Ph.D.

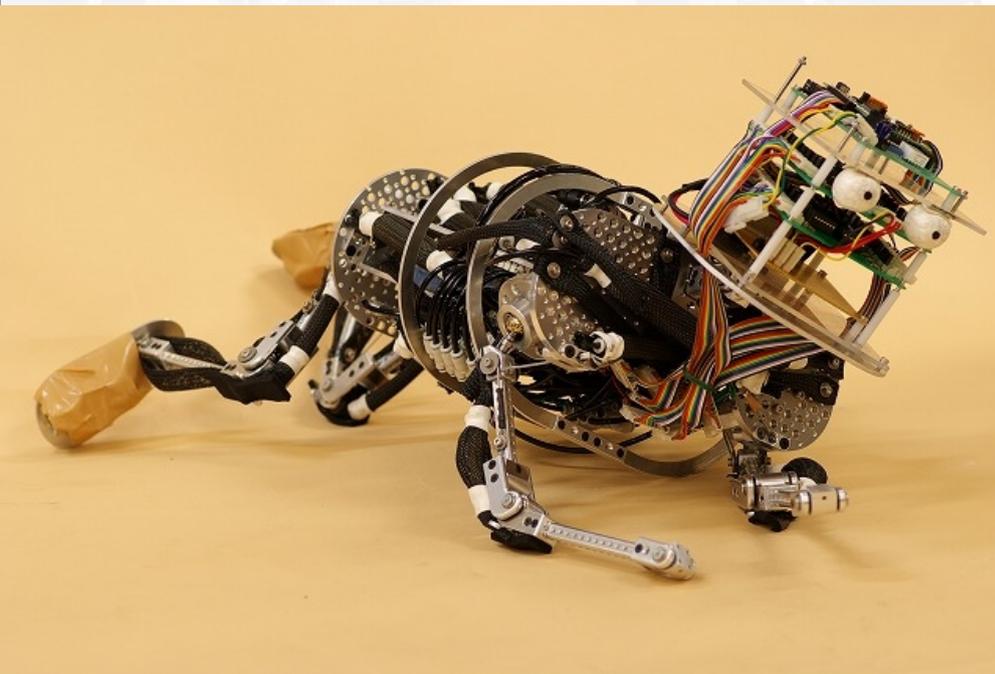
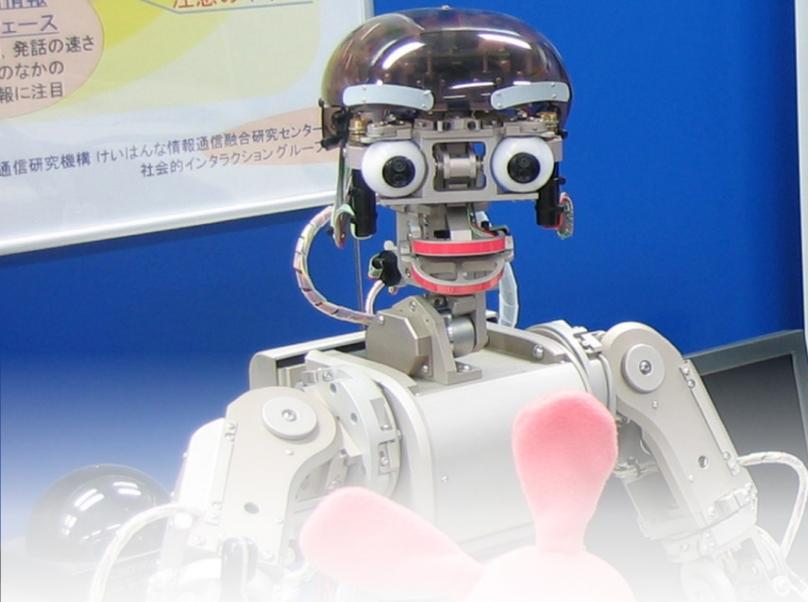
Graduate School of Engineering  
Osaka University, Japan

自分の身体イメージは  
状況に合わせて  
変更可能である  
ことに注目

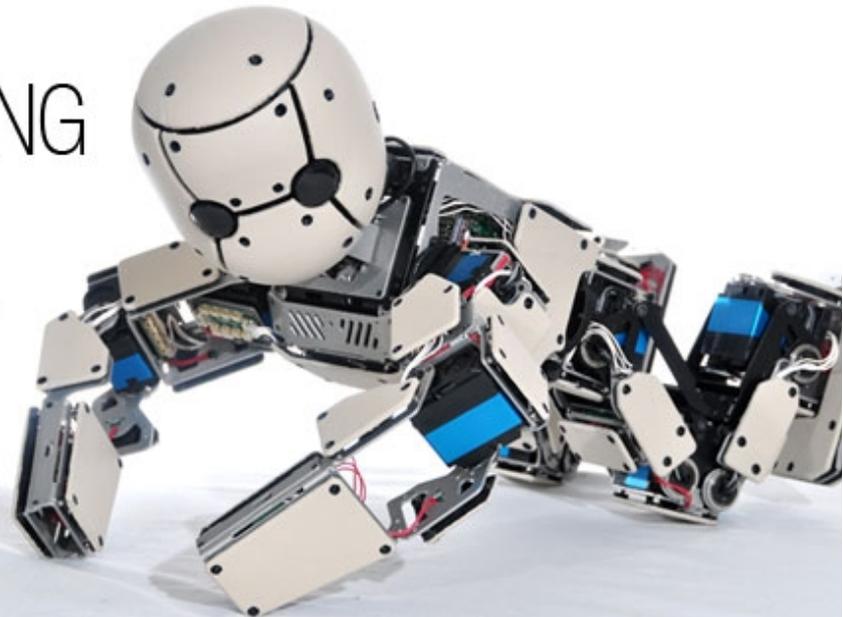
共感的  
アクション  
の  
情報  
エース  
発話の速さ  
のなかの  
報に注目

注意のやりとり

通信研究機構 けいはんな情報通信融合研究センター  
社会的インタラクショングループ



LEARNING  
TO  
CRAWL



<http://cnr.ams.eng.osaka-u.ac.jp/~yukie/research-eg.html>

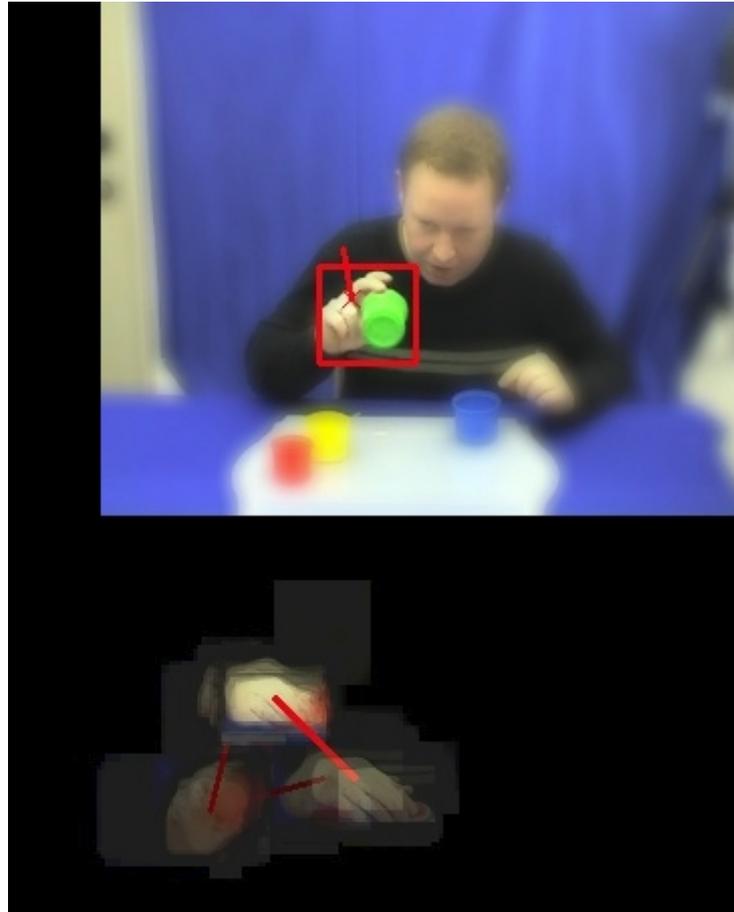


Examinando la **continuidad** en las acciones clave para **abstraer** información del movimiento...

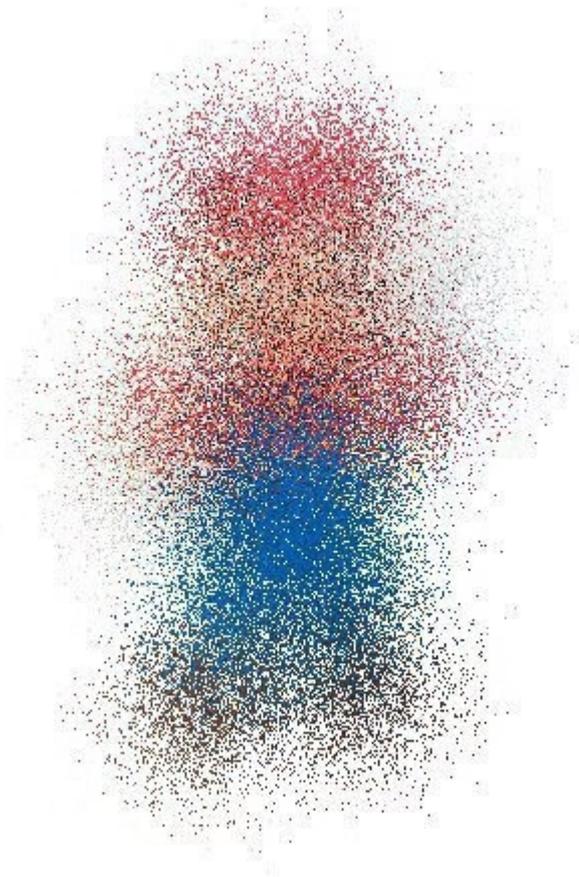
Ignorar  
**ruido**



Filtros adaptativos



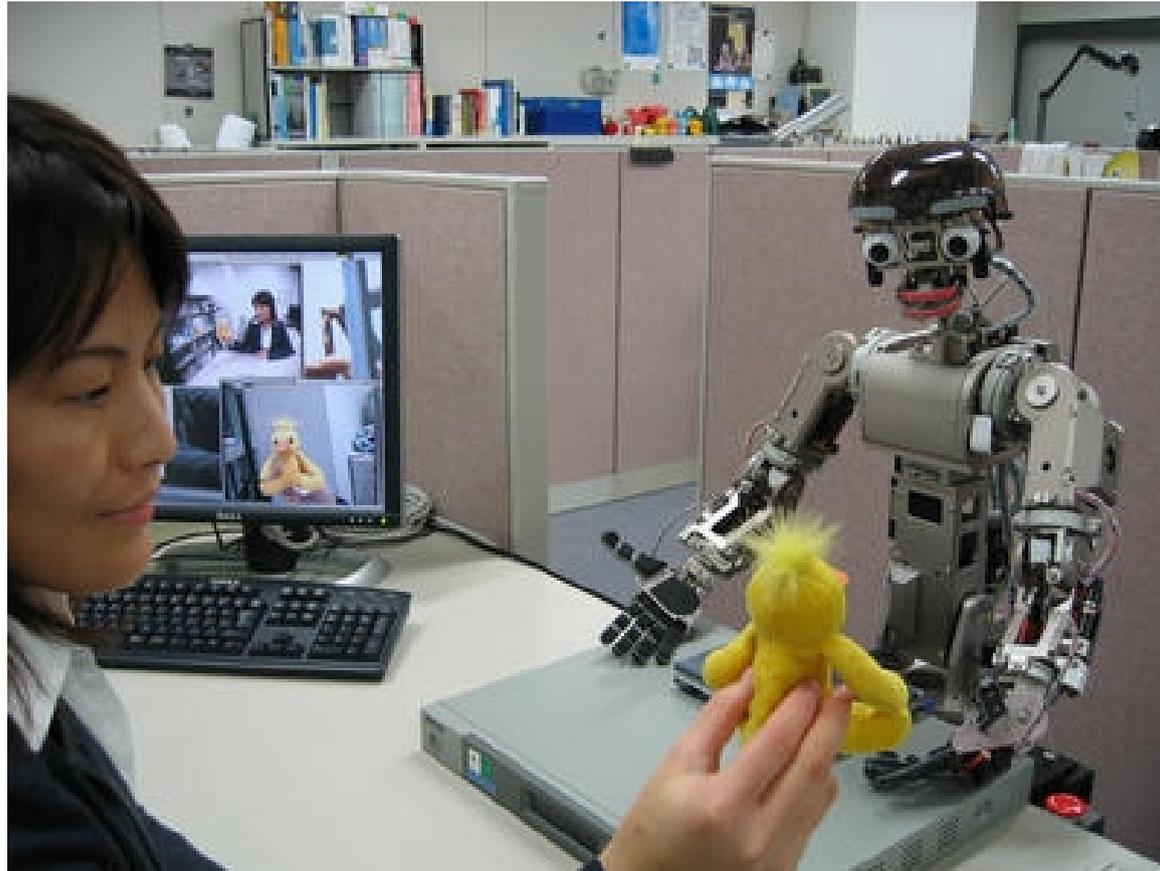
Mantener  
**atención**  
en lo  
**importante**

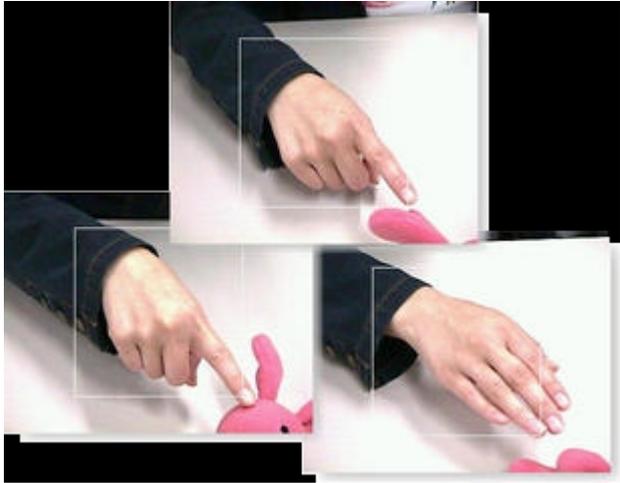


Ignorar expresiones  
exageradas



# Examinando la atención articulada

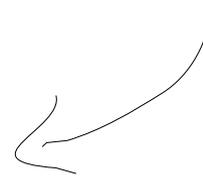




gestos con dedos

mirada de abajo a arriba

Enseñanza tipo padres



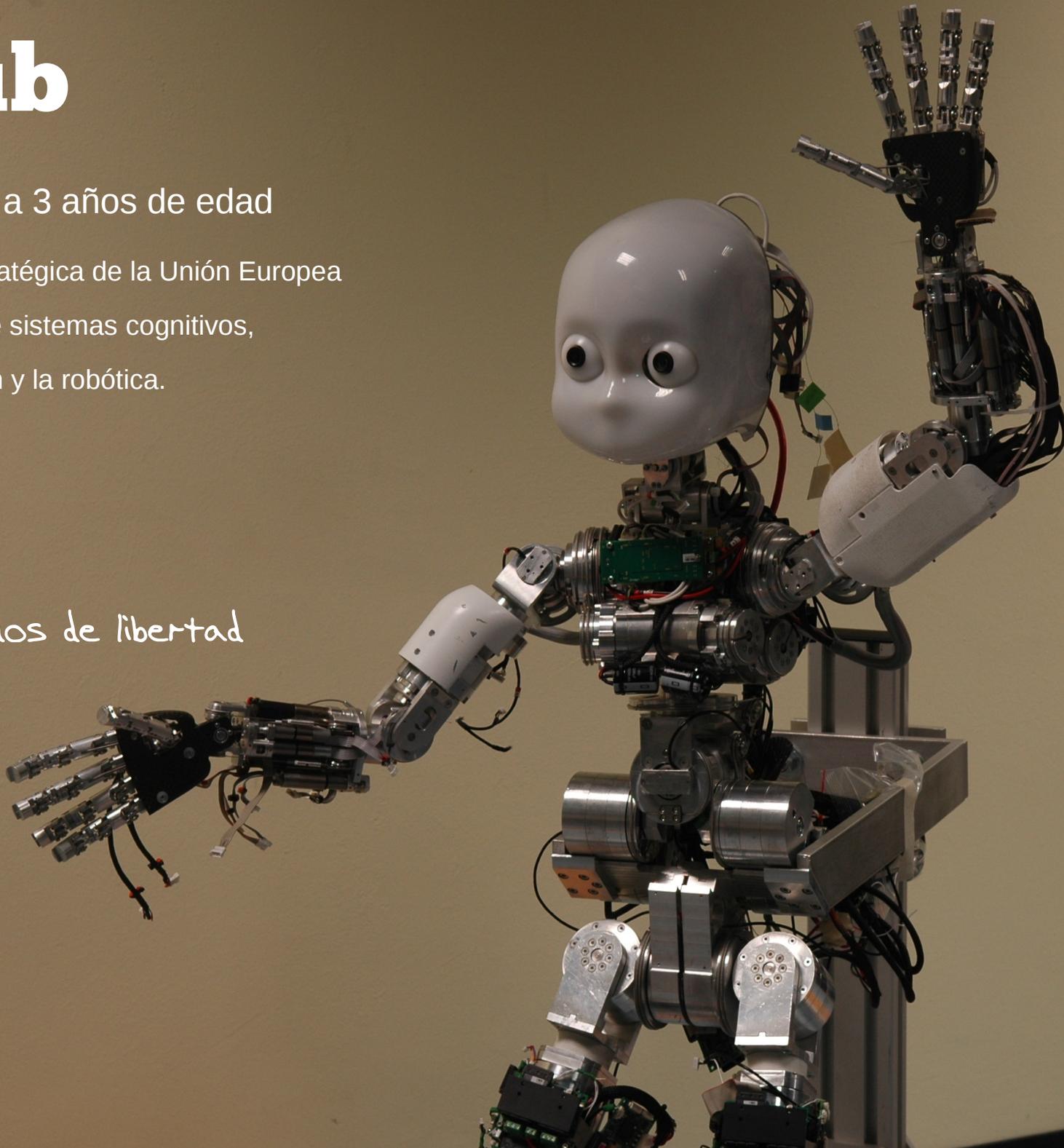


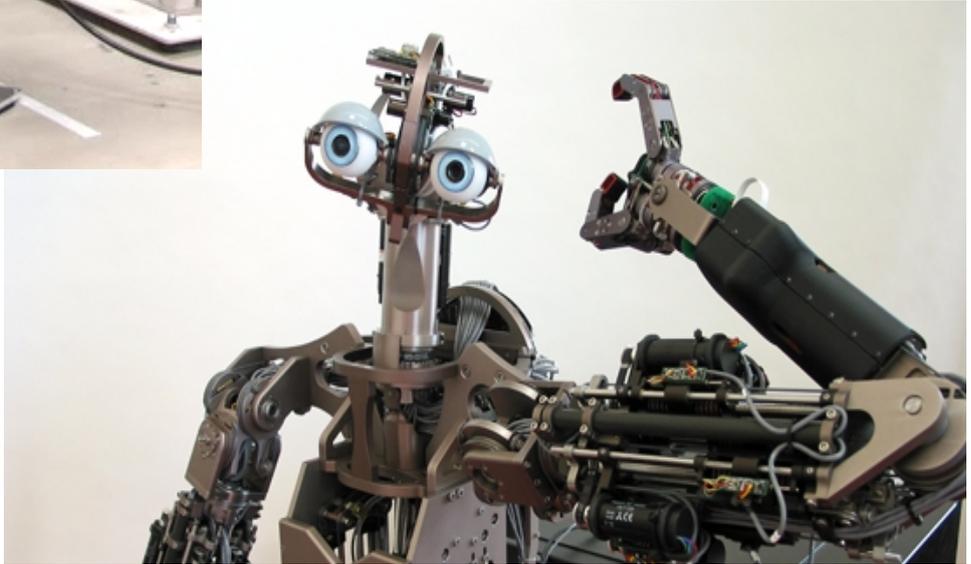
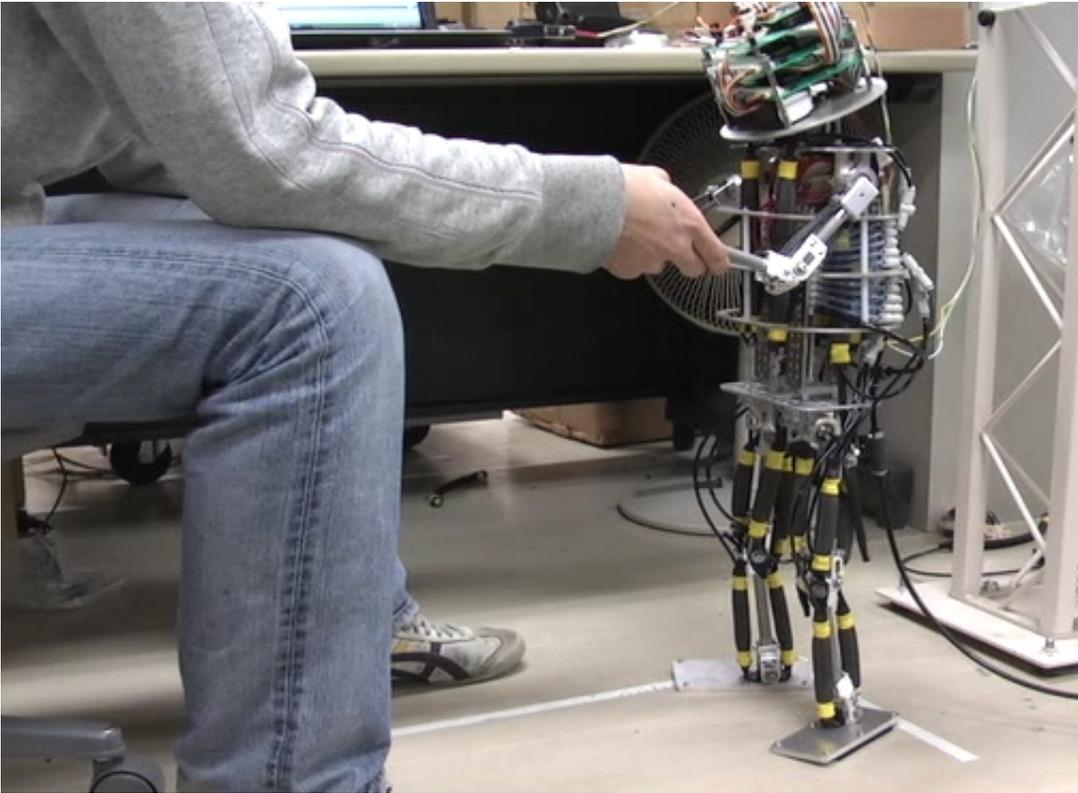
# iCub

Niño de 2 a 3 años de edad

Apuesta estratégica de la Unión Europea  
en el área de sistemas cognitivos,  
la interacción y la robótica.

53 grados de libertad



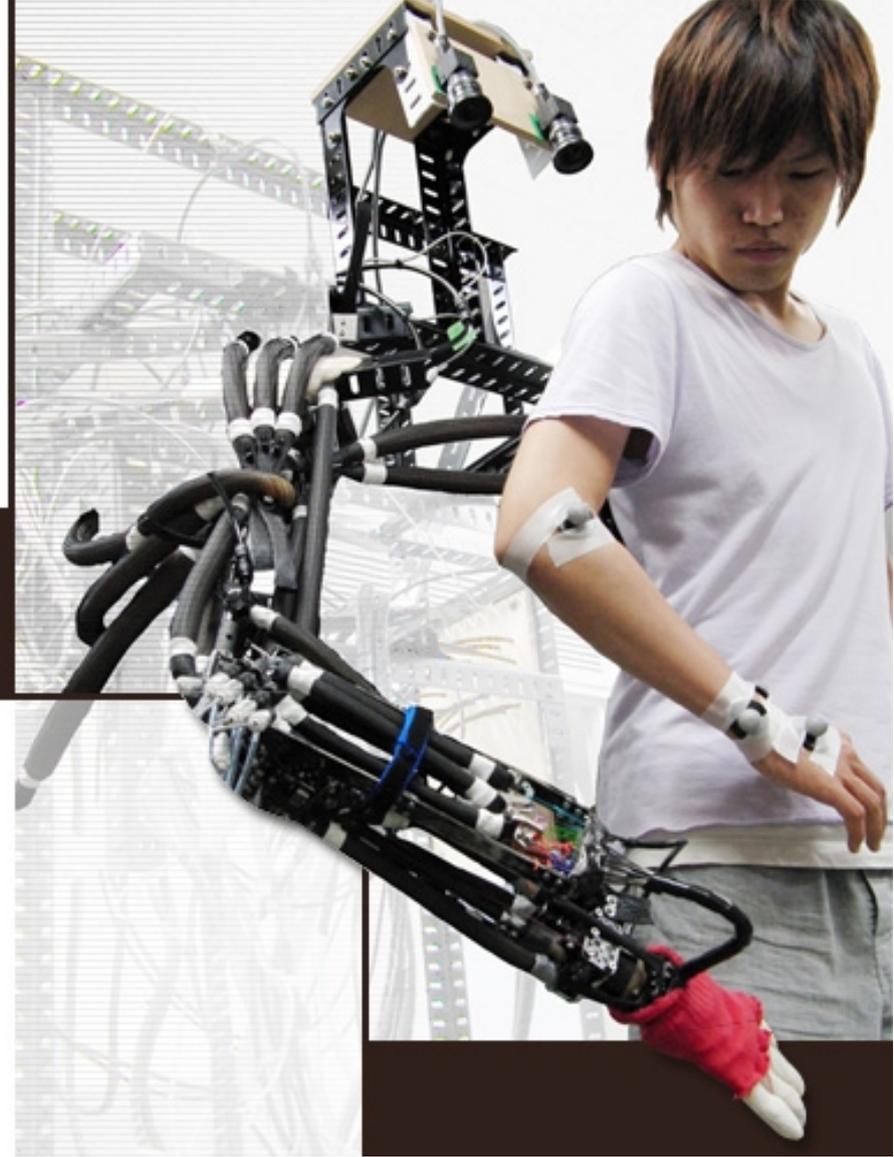


# Hiroshi Ishiguro



# MOVIMIENTO HUMANO

- REFLEJOS (MÚSCULOS BIARTICULARES)





# EL FILTRO DE WIENER



# DEFINICIONES IMPORTANTES

**Filtros lineales:** Mediante un filtro lineal se puede obtener el contenido de una banda de frecuencia de una señal, esto si la señal es coherente con otra señal de la misma banda.

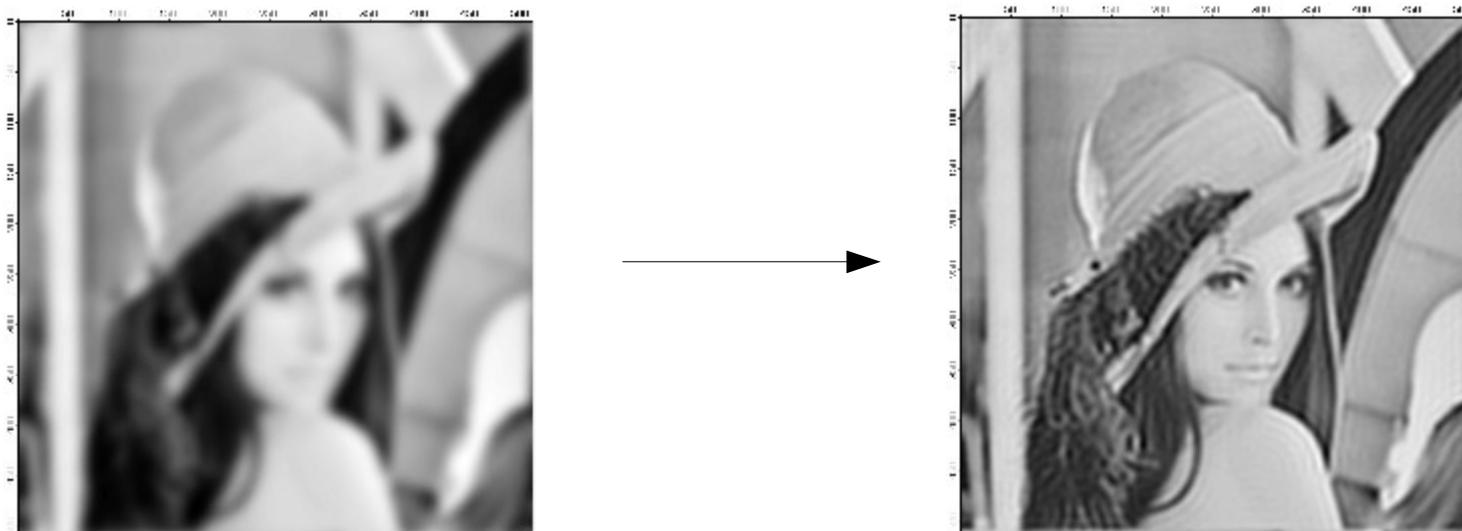
**Filtros adaptativos:** Es un dispositivo que intenta modelar la relación entre señales en tiempo real de forma iterativa.

**Respuesta impulsional:** Respuesta o salida obtenida de un sistema, frente a una señal muy breve o impulso, en la entrada.

# DEFINICIÓN FILTRO DE WIENER

El filtro de Wiener es uno de los filtros lineales óptimos más importantes. Fue propuesto por el matemático estadounidense Norbert Wiener.

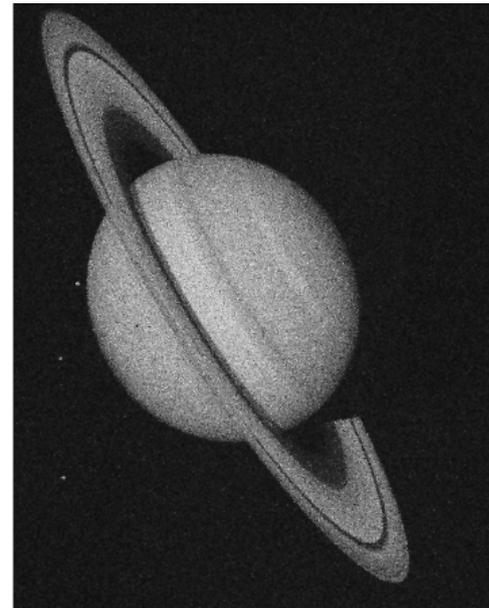
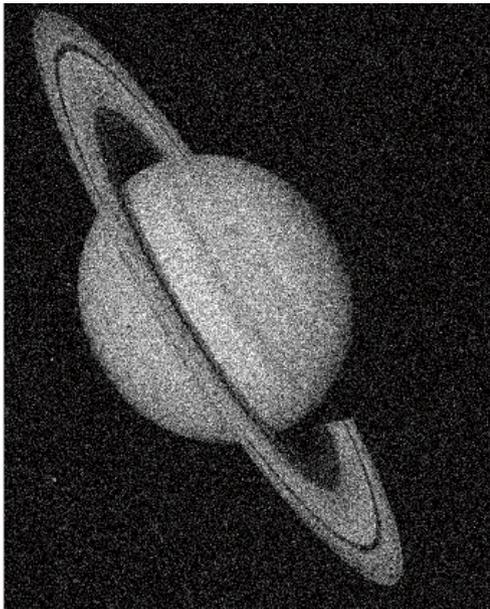
Su propósito es reducir el ruido presente en la señal de entrada, de este modo la señal de salida del filtro se aproxima lo más posible a una señal deseada, es decir sin ruido.



# INTRODUCCIÓN A LOS FILTROS DE WIENER

Los filtros de Wiener son los mejores filtros que se pueden utilizar para predicción, estimación, interpolación, filtrado de señal y ruido.

Para diseñar estos filtros es necesario tener un conocimiento previo de las propiedades estadísticas de la señal de entrada.



El problema de no tener el conocimiento apropiado radica en que generalmente este conocimiento no se puede obtener, entonces se pueden usar en su lugar filtros adaptativos.



# DESCRIPCIÓN (1)

La entrada del filtro de Wiener debe ser una señal  $x(n)$ , corrupta por un ruido  $r(n)$ .

La salida  $y(n)$  es calculada a través del filtro de respuesta impulsional  $h(n)$  utilizando:

$$y(n) = h(n) * [ x(n) + r(n) ]$$

La finalidad del filtro de Wiener es determinar una respuesta impulsional  $h(n)$ , que ocasione el error  $e(n)$  lo más pequeño posible.

# DESCRIPCIÓN (2)

El error es definido como:

$$e(n) = x(n+\alpha) - y(n)$$

$\alpha$  = retraso del filtro de Wiener

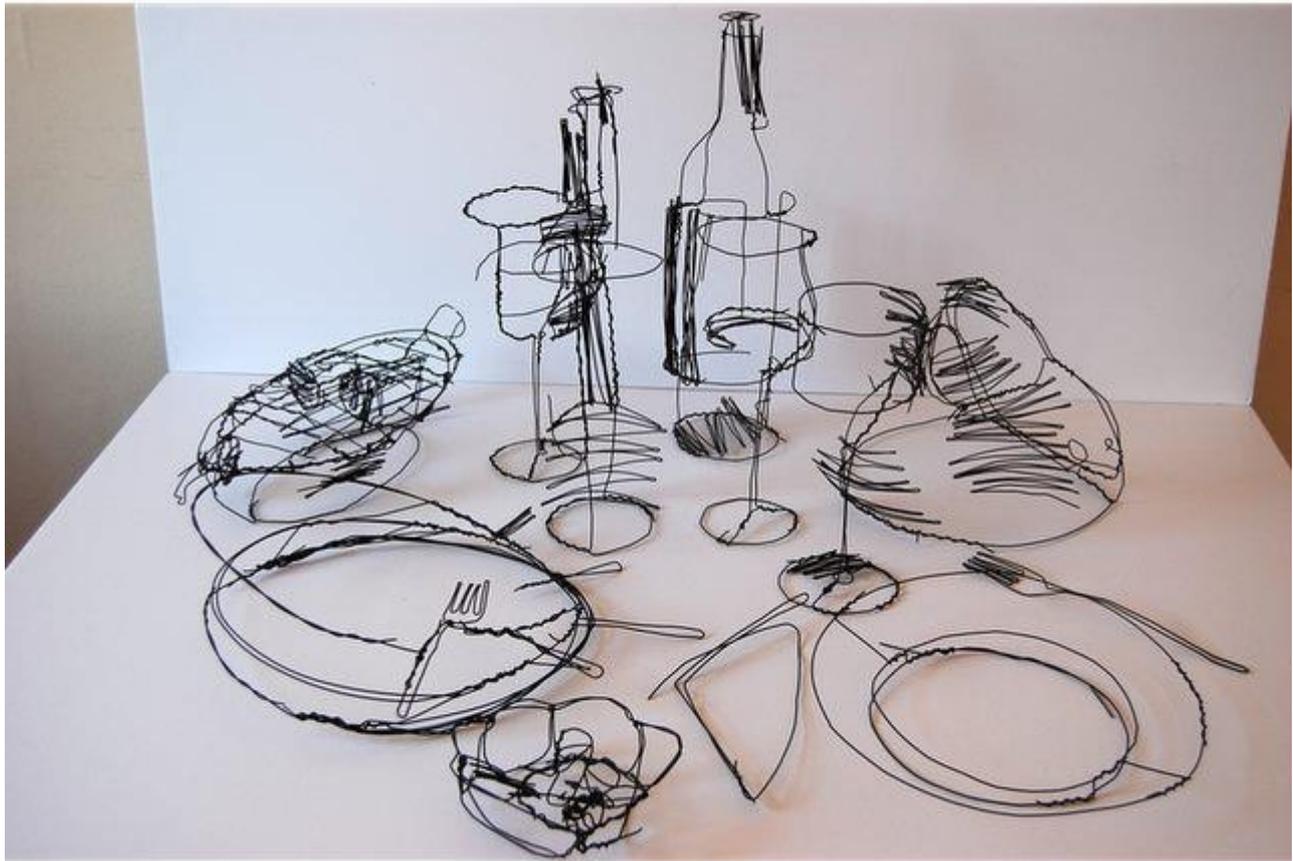
La función del error al cuadrado esta dada por:

$$e^2(n) = x^2(n+\alpha) - 2x(n+\alpha)y(n) + y^2(n)$$

# TIPOS

Existen diversas estructuras para el filtro de Wiener.

- Filtro IIR no causal
- Filtro IIR causal
- Filtro FIR



# FILTRO IIR NO CAUSAL(1)

Para un filtro IIR sin restricciones debemos determinar la respuesta impulsional,  $h(n)$

$$H(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n)z^{-n}$$

que minimice el error cuadrático medio

$$\epsilon^2 = E\left\{|e(n)|^2\right\}$$

donde  $e(n)$  es la diferencia entre la respuesta deseada  $d(n)$  y la salida del filtro de Wiener,

$$e(n) = d(n) - \hat{d}(n) = d(n) - \sum_{l=-\infty}^{\infty} h(l)x(n-l)$$

# FILTRO IIR NO CAUSAL(2)

Para encontrar la respuesta derivamos  $x$  respecto a  $h^*(k)$  para todo  $k$  e igualamos las derivadas a cero. Así, obtenemos

$$\frac{\partial \xi^T}{\partial h^*(k)} = -E\{e(n)x^*(n-k)\} = 0 \quad ; \quad -\infty < k < \infty \quad E\{e(n)x^*(n-k)\} = 0 \quad ; \quad -\infty < k < \infty$$

Esta ecuación se conoce como principio de ortogonalidad.

# FILTRO IIR NO CAUSAL(3)

Ordenando términos llegamos:

$$\sum_{l=-\infty}^{\infty} h(l) E\{x(n-l)x^*(n-k)\} = E\{d(n)x^*(n-k)\} ; \quad -\infty < k < \infty$$

El valor medio esperado en la izquierda es la autocorrelación de  $x(n)$ , y el término de la derecha es la correlación cruzada entre  $x(n)$  y  $d(n)$ . Por tanto, podemos escribir la ecuación anterior como :

$$\sum_{l=-\infty}^{\infty} h(l)r_x(k-l) = r_{dx}(k) ; \quad -\infty < k < \infty$$

# FILTRO IIR CAUSAL

Al aplicarse la restricción de causalidad, la respuesta impulsional será cero para valores de  $n$  menores de cero, y la estimación de  $d(n)$  tomará la forma:

$$\hat{d}(n) = x(n) * h(n) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k)x(n-k)$$

Debemos encontrar los coeficientes que minimizan el error cuadrático medio, y para ello, derivamos  $x$  respecto a  $h^*(k)$  con  $k = 0$  e igualamos las derivadas a cero

$$\sum_{l=0}^{\infty} h(l)r_x(k-l) = r_{dx}(k) \quad ; \quad 0 \leq k < \infty$$

# FILTRO FIR (1)

Para el filtro FIR se utiliza la restricción de longitud finita  $p$ , cuya respuesta impulsional esta dada por:

$$W(z) = \sum_{n=0}^{p-1} w(n)z^{-n}$$

De esta manera la estimación de la señal se obtiene de la siguiente manera:

$$\hat{d}(n) = \sum_{l=0}^{p-1} w(l)x(n-l)$$

Para obtener los coeficientes que minimizan la función de coste utilizamos:

$$\xi = E\{|e(n)|^2\} = E\{|d(n) - \hat{d}(n)|^2\}$$

# FILTRO FIR (2)

Derivamos la ecuacion anterior respecto a  $w^*(k)$  e igualamos las derivadas a cero para los valores posibles de  $k$  ( $k=0,1,\dots,p-1$ )

$$\frac{\partial \xi^2}{\partial w^*(k)} = \frac{\partial}{\partial w^*(k)} E\{e(n)e^*(n)\} = E\left\{e(n) \frac{\partial e^*(n)}{\partial w^*(k)}\right\} = 0$$

Aplicamos la expresion del error  $e(n)$  y finalmente obtenemos

$$\sum_{l=0}^{p-1} w(l)r_x(k-l) = r_{dx}(k) \quad ; \quad k = 0, 1, \dots, p-1$$

# EJEMPLO

Para nuestro ejemplo utilizaremos Matlab para calcular los coeficientes de un filtro FIR según el método de Wiener.



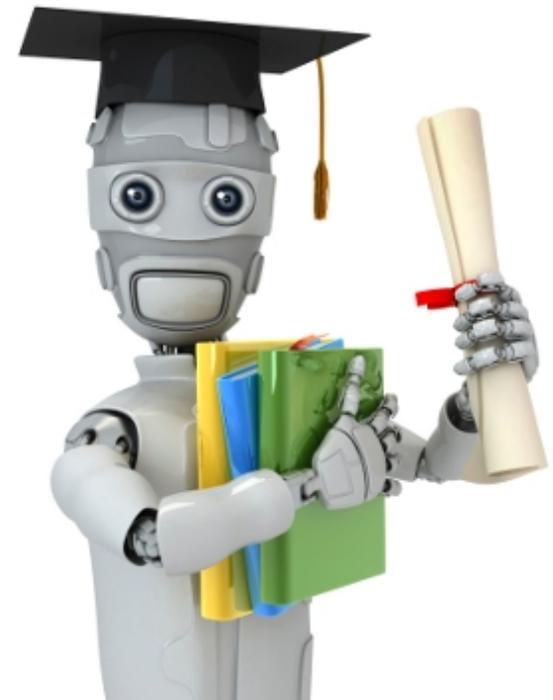
# EL PERCEPTRÓN



ひまわり

# EL PERCEPTRÓN (1)

- Fue el primer modelo de **Red Neuronal Artificial** supervisada.
- Es la más simple de las Redes neuronales.



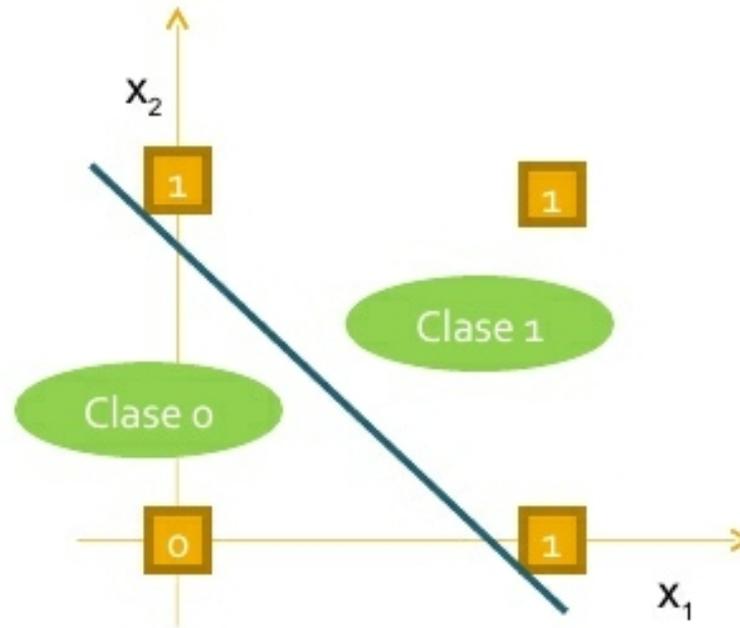
# EL PERCEPTRÓN (2)

- Desarrollado en 1958 por Frank Rosenblatt.
- Se basa en el modelo de McCulloch y Pitts y en una regla de aprendizaje basada en la corrección del error.



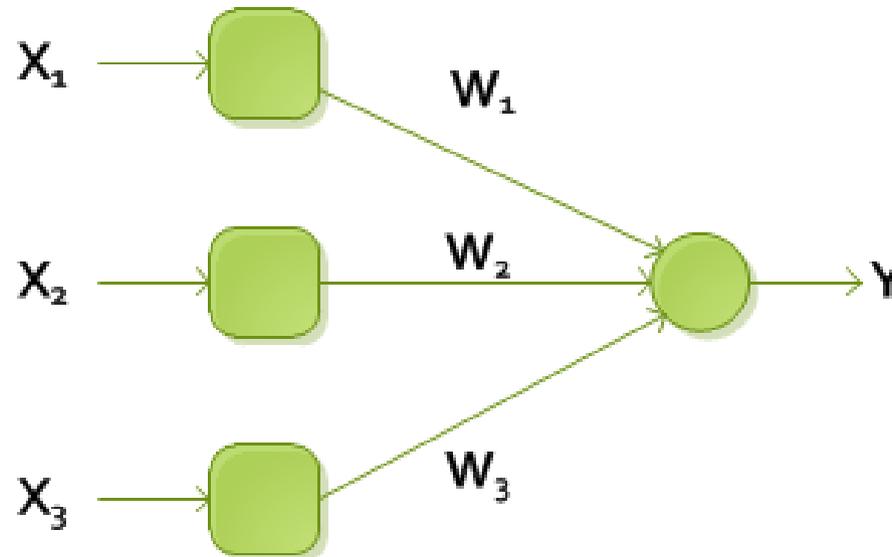
# APLICACIÓN GENERAL

- Clasificación y aprendizaje de patrones .

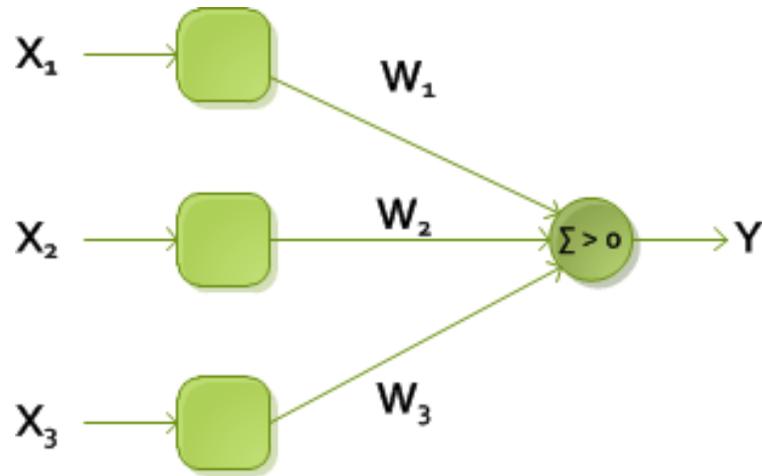


# ESTRUCTURA

- Está constituido por:
  - Nodos de entrada.
  - Un único nodo de salida.
  - Conexiones con pesos entre nodos de entrada y salida.



# EJEMPLO: 0 LÓGICO



$X_1$	$X_2$	$X_0$	0 - Lógico
0	0	1	<b>0</b>
0	1	1	<b>1</b>
0	0	1	<b>1</b>
0	1	1	<b>1</b>

# EJEMPLO: O LÓGICO (2)

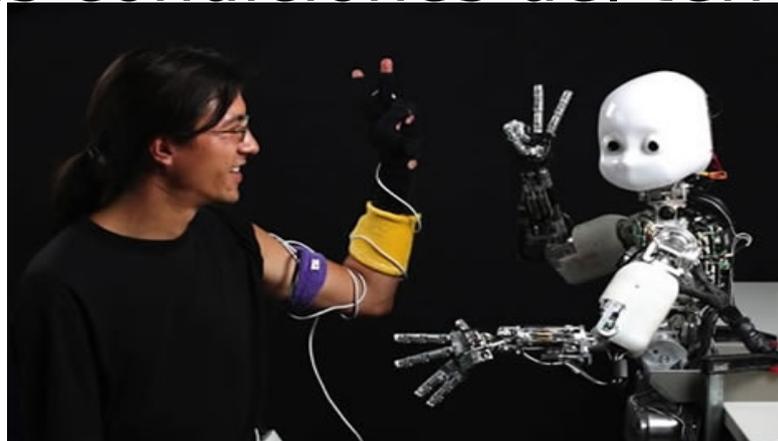
Iteración 1 $W_1=(0, 0, 0)$				
	Muestra	Resultado	OK?	W ajustado
	(0, 0, 1)	0	<b>Si</b>	
	(0, 1, 1)	0	<b>No</b>	(0, 1, 1)
(0, 1, 1)	(1, 0, 1)	1	<b>Si</b>	
	(1, 1, 1)	1	<b>Si</b>	
Iteración 2 $W_1=(0, 1, 1)$				
	Muestra	Resultado	OK?	W ajustado
	(0, 0, 1)	1	<b>No</b>	(0, 1, 0)
(0, 1, 0)	(0, 1, 1)	1	<b>Si</b>	
	(1, 0, 1)	0	<b>No</b>	(1, 1, 1)
(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	1	<b>Si</b>	
Iteración 3 $W_1=(0, 1, 1)$				
	Muestra	Resultado	OK?	W ajustado
	(0, 0, 1)	1	<b>No</b>	(1, 1, 0)
(1, 1, 0)	(0, 1, 1)	1	<b>Si</b>	
	(1, 0, 1)	1	<b>Si</b>	
	(1, 1, 1)	1	<b>Si</b>	
Iteración 4 $W_1=(1, 1, 0)$				
	Muestra	Resultado	OK?	W ajustado
	(0, 0, 1)	0	<b>Si</b>	
	(0, 1, 1)	1	<b>Si</b>	
	(1, 0, 1)	1	<b>Si</b>	
	(1, 1, 1)	1	<b>Si</b>	

# APLICACIONES



# APLICACIONES

- Edificios que se puedan reparar.
- Aviones que se anticipan a los problemas mecánicos.
- Reajuste y estado de los posibles problemas estructurales en los puentes.
- Explorar planetas, autoreparándose y reprogramándose según las condiciones del terreno.
- Muchas muchas más!!!



# CONCLUSIONES

Construir máquinas adaptativas ha evolucionado en construir máquinas con comportamiento similar a animales en la naturaleza y el de los niños.



# CONCLUSIONES

Computación afectiva y la aplicación de algoritmos genéticos se relacionan profundamente con los principios de las máquinas adaptativas



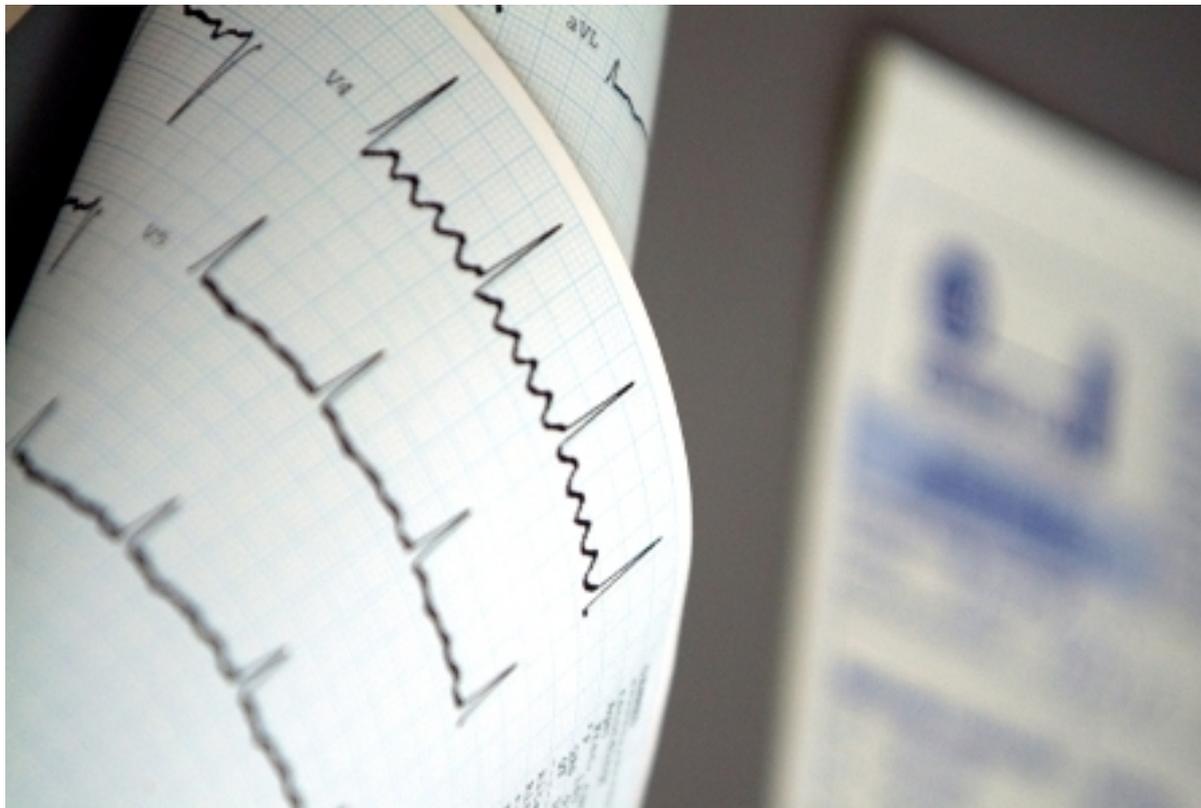
# CONCLUSIONES

El filtro de Wiener busca obtener una respuesta impulsional que minimiza el error de una señal.



# CONCLUSIONES

El filtro de Wiener se utiliza en todas las aplicaciones que conlleven procesamiento de señales.



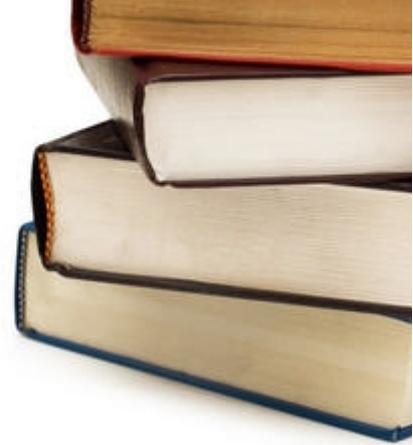
# BIBLIOGRAFÍA



- [1] “Definición de la RAE para el concepto adaptar” <http://buscon.rae.es/drae/>
- [2] “El filtro de Wiener” <http://www.cttc.es/resources/doc/080313-capiv-38065.pdf>
- [3] “El filtro Wiener” <http://www.slideshare.net/sofilu55/filtros-wiener>



# BIBLIOGRAFÍA



- [4] Muñoz Pérez José. Lenguajes y Ciencias de la Computación. Universidad de Málaga. [Fecha de consulta: 02 junio 2012]. Disponible en: <http://www.lcc.uma.es/~jmortiz/archivos/Tema4.pdf>
- [5] Redes de neuronas. [Fecha de consulta: 02 junio 2012]. Disponible en: <http://www.redesdeneuronas.com/perceptron-simple.html>
- [6] Figueroa Díaz Roberth & Solís Álvarez Camilo. SlideShare. [Fecha de consulta: 02 junio 2012]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/rgfigueroa/perceptron-simple-y-regla-aprendizaje>
- [7] Solano Sabatier Yadira. Escuela de Ciencias de la Computación e Informática. Universidad de Costa Rica. “*Frank Rosenblatt y los Perceptrones*”. Material del curso: Paradigmas Computacionales.
- [8] Sandini, G., Metta, G., and Vernon, D. 2007. “The iCub Cognitive Humanoid Robot: An Open-System Research Platform for Enactive Cognition”, in in 50 Years of AI, M. Lungarella et al. (Eds.), Festschrift, LNAI 4850, pp. 359–370, 2007, Springer-Verlag, Heidelberg.

# ¿PREGUNTAS?





[www.facebook.com/wwabe](http://www.facebook.com/wwabe)

[www.facebook.com/carito.castaneda.12](http://www.facebook.com/carito.castaneda.12)

[www.facebook.com/henry.tenorio](http://www.facebook.com/henry.tenorio)

[www.facebook.com/danielflorescr](http://www.facebook.com/danielflorescr)

[walter.wabe@gmail.com](mailto:walter.wabe@gmail.com)

[caritol.castaneda@gmail.com](mailto:caritol.castaneda@gmail.com)

[henryt885@hotmail.com](mailto:henryt885@hotmail.com)

[danielflorescr@gmail.com](mailto:danielflorescr@gmail.com)



# MUCHAS GRACIAS

