

# Sensores y Aplicaciones

26/10/16? λ Aplicaciones?



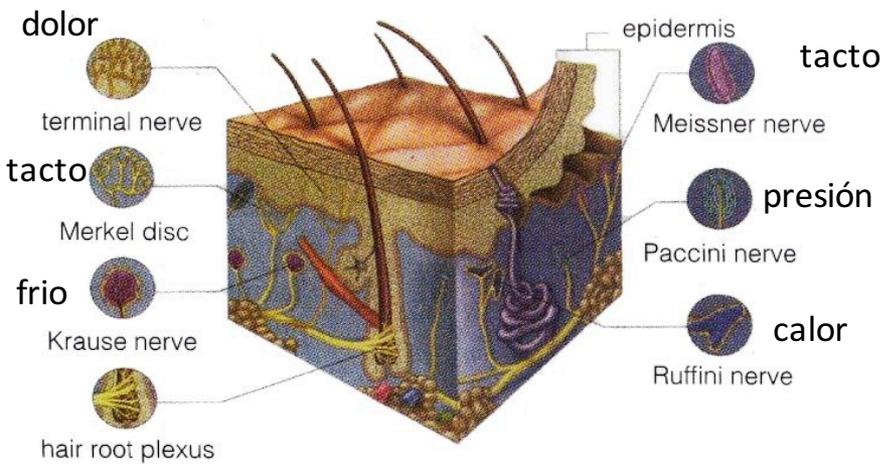
Máster de IT

Redes Ambientales y computación ubicua

211101013

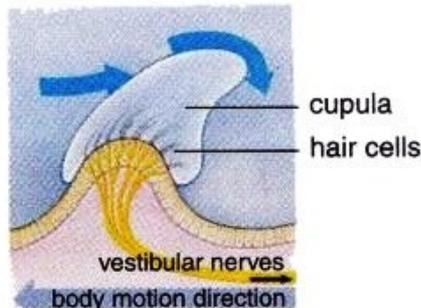
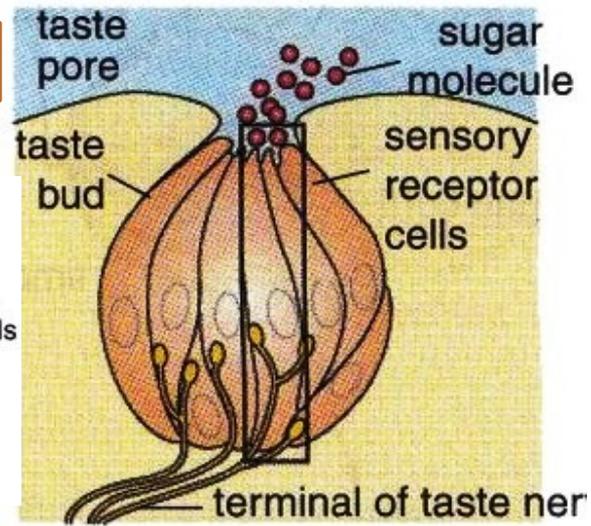
# Temas

- Introducción
- Descripción de los sensores basados en acelerómetros
- Interfaces inalámbricos
  - Bluetooth
  - Zigbee (módulos Xbee)
- Ejemplos y Aplicaciones

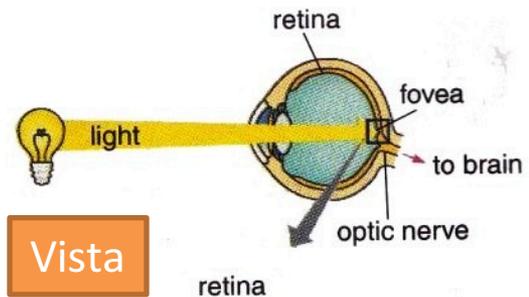
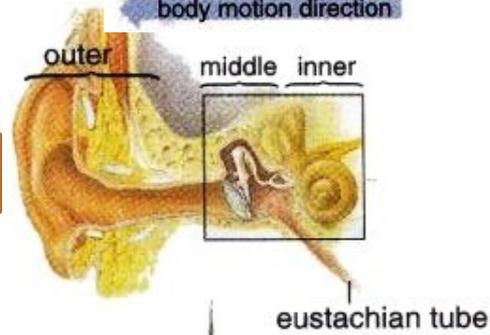


**Piel**

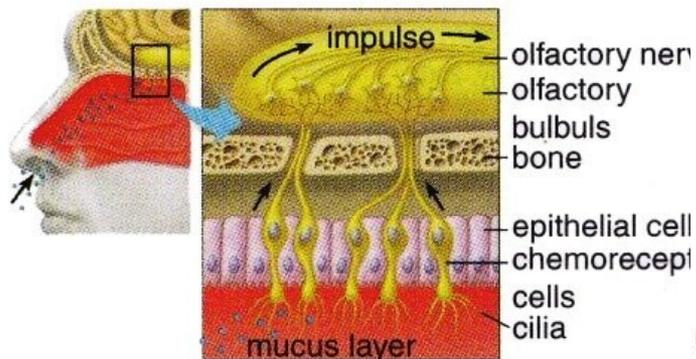
**Gusto**



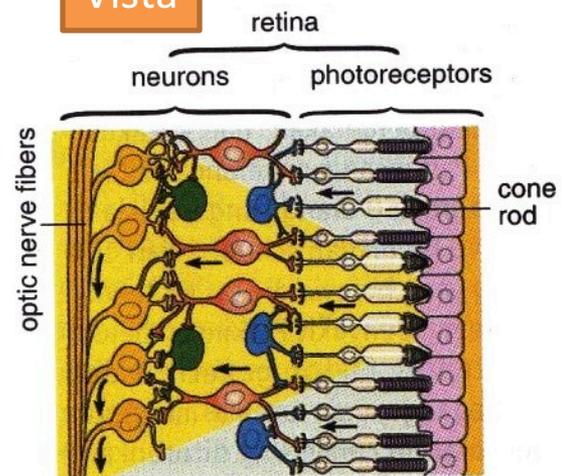
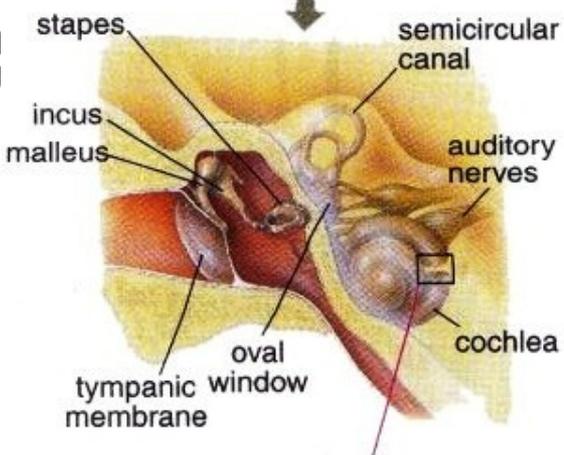
**Oído**



**Vista**



**Olfato**



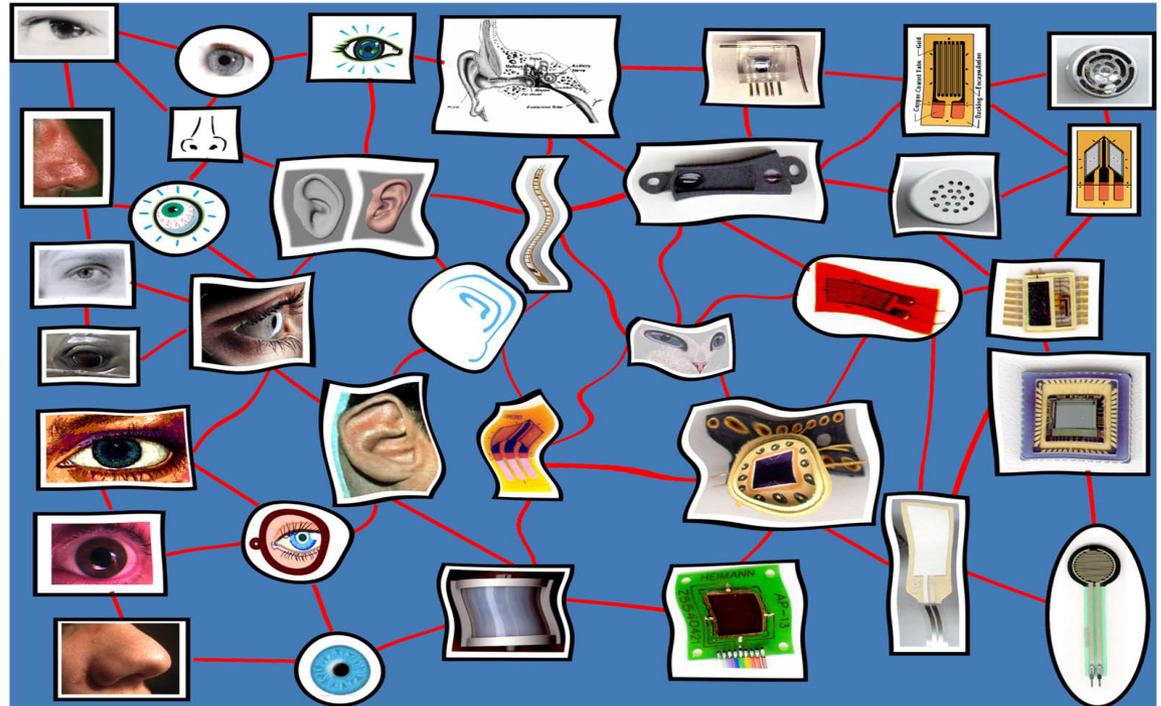
# Introducción

- Las WSN son una extensión del sistema nervioso.

Incrementan  
nuestra per-  
cepción  
de la *realidad*

Fuente:

<http://resenv.media.mit.edu>



- Los sensores están en objetos de uso común y en contacto con los seres vivos

# Introducción(II)

- Los sensores son de uso **común** y *extensivo*
- Pueden diseñarse para cualquier aplicación y objeto
  - Han pasado de considerar su instalación por su coste a incluirlos *por si el usuario los utiliza*
  - Esto ha provocado un cambio de paradigma
    - más que incluir 1 o 2 sensores para algo en concreto, a incluirlos para utilizarlos en general, sin importar la aplicación

¡Sin sensores no habría automatización!

# Introducción(II)

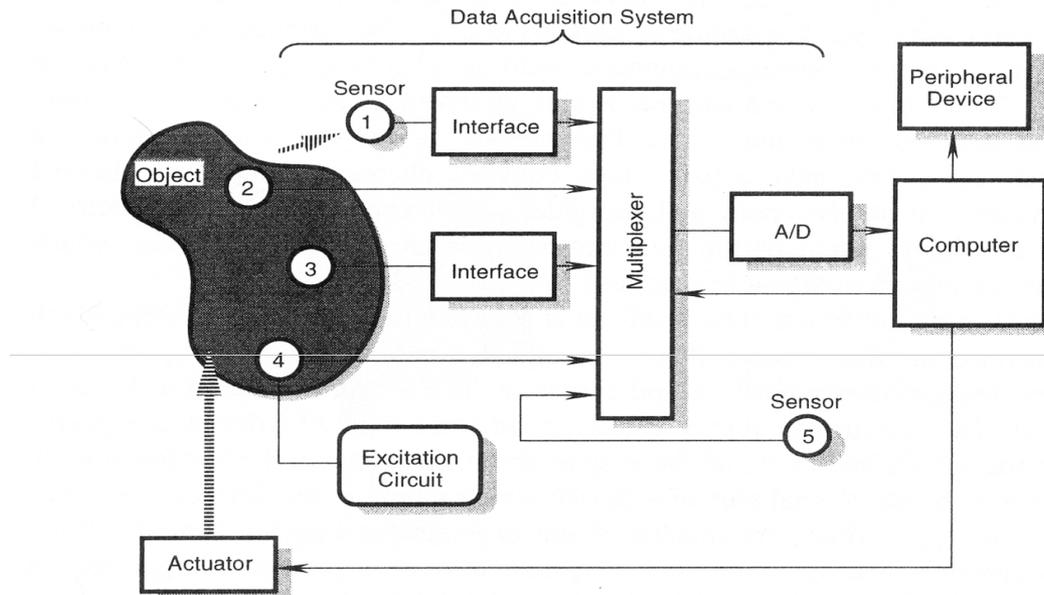
- ¿Para qué los usamos? *por ejemplo*,
  - Medir la carga de una estructura
  - Medir fuerzas que actúan en el cuerpo humano
  - Determinar la naturaleza de vibraciones
  - Medir desplazamientos y controlarlos
  - ... ..
- Los sensores son dispositivos que producen una señal de salida con el propósito de medir (y a veces almacenar para posterior análisis) un fenómeno físico

# Introducción(III)

- La sensorización tienen un carácter intrínsecamente *sinestésico*.
- Utilizamos las mediciones físicas para vincularlas con lo que queremos averiguar.
- Un **Desplazamiento** 'x' (o 'h') en un sensor puede estar relacionado:
  - **Presión** (con elástico o muelle:  $F = kx$ )
  - **Volumen** de un fluido en un tanque ( $V = Ah$ )
  - **Velocidad** (2 medidas diferentes en instantes distintos:  $v = dx/dt$ )
  - **Temperatura** (nivel en termómetro)
  - **Ángulo** desde la vertical (desplazamiento de una burbuja-*nivelador*)
- Utilizaremos las mediciones y algún método matemático para derivar/inferir otros parámetros
  - Aproximación numérica, métodos estadísticos, etc

# Introducción(IV)

- Sensores activos y pasivos



*Ejemplo de sistema de adquisición*

Fuente: Fraden, J. Handbook of Modern Sensors.  
© Springer Science+Business Media, LLC

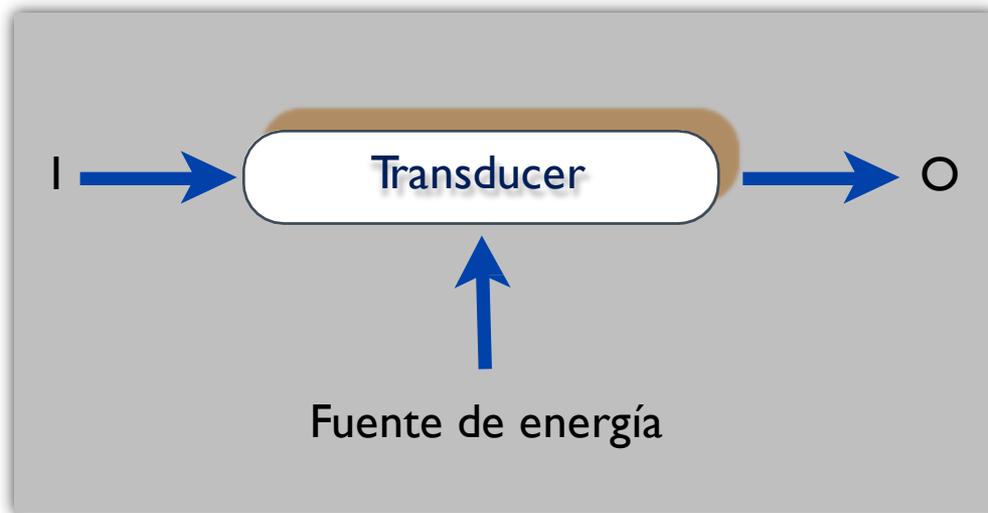
**FIGURE 1.2.** Positions of sensors in a data acquisition system. Sensor 1 is noncontact, sensors 2 and 3 are passive, sensor 4 is active, and sensor 5 is internal to a data acquisition system.

Sensores de **contacto** (2,3,4), **no-contacto** (1) e **interno** (5) de calibración

- **Activos** (4): requieren energía y pueden *estimular* al entorno para obtener una respuesta (ej., **sonar**, **termistor**, **FSR**, etc.)
- **Pasivos** (1,2,3,5): Generan una respuesta directamente del estímulo recibido (ej, **fotodiodo**, **micrófono**, etc)
- **Actuator**: ejerce una acción sobre el usuario y/o el entorno

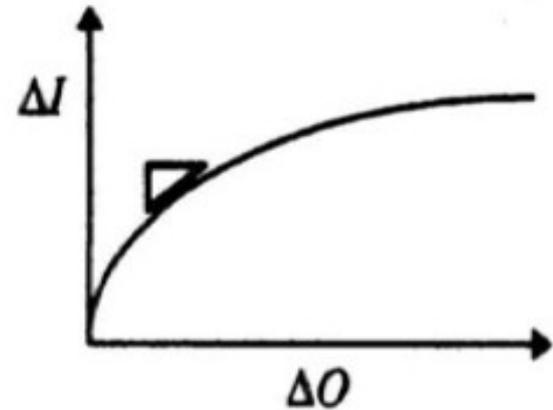
# Introducción(V)

- Características básicas
  - **Sensibilidad** (K): La capacidad de responder a cambios del fenómeno medido. El ratio de cambio entre la salida (O) y la entrada (I).



I - entrada, fenómeno a medir.

O - output, señal que puede medirse.



Sensibilidad =  $\partial O / \partial I$

Para un sensor lineal:

$\partial O / \partial I = k = \text{constante}$

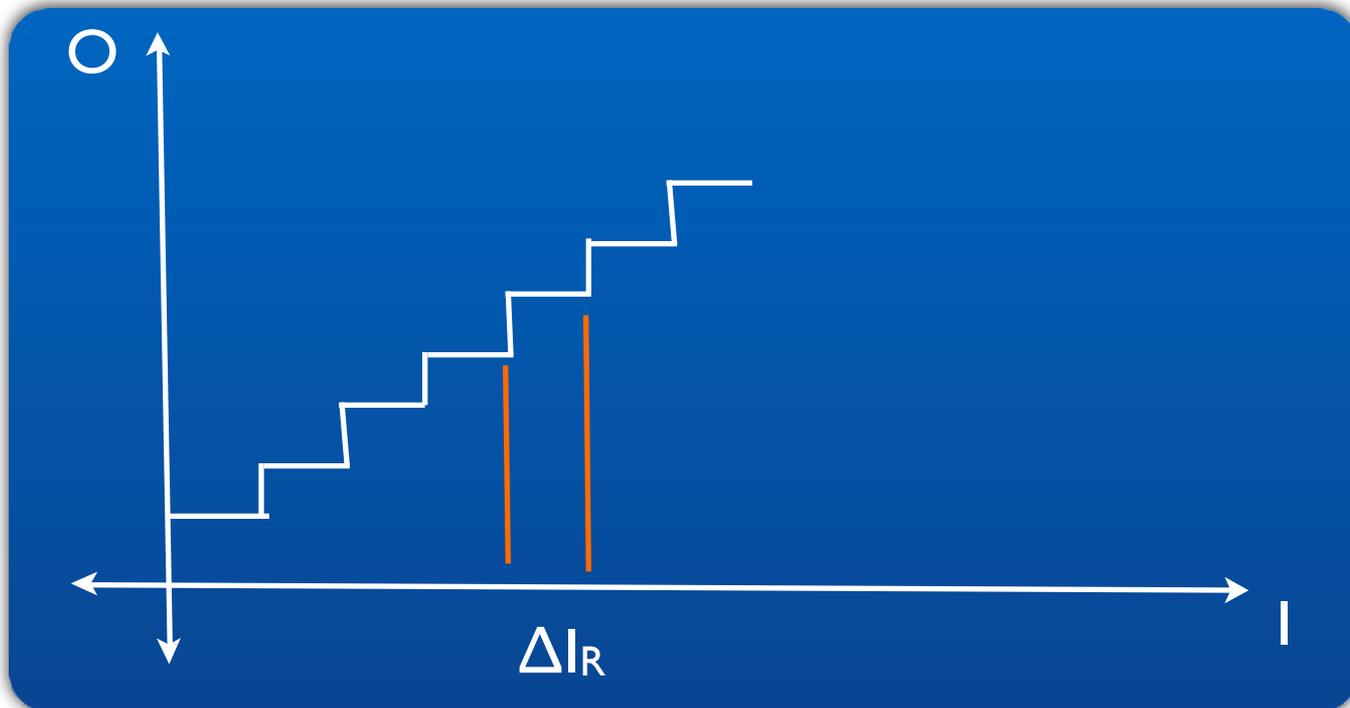
Para un sensor no-lineal:

$\partial O / \partial I = K \div a_1 I + a_2 I^2 + a_3 I^3 + \dots$

# Introducción(VI)

- Calidad de un sensor

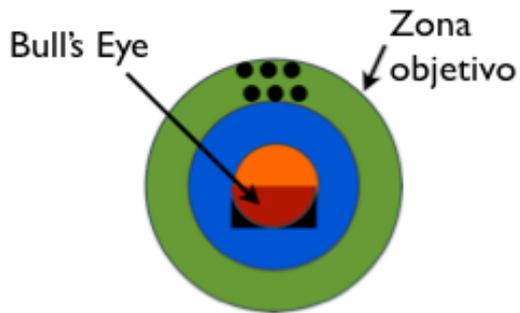
**Resolución:** Es el incremento más pequeño en el valor de la medida que puede detectarse. Está definido como la máxima variación en la entrada (I) que puede haber sin producir cambio en la salida (O)



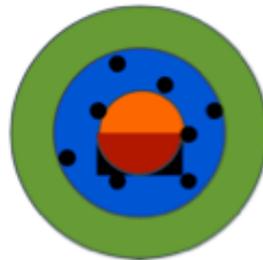
# Introducción(VII)

**Exactitud (*accuracy*):** Es una medida de la diferencia entre el valor **medido** y el valor **actual**. Generalmente, está definido como porcentaje del valor *real*.

**Precisión:** Es la capacidad del instrumento para reproducir una cierta cantidad de lecturas con una desviación dada.



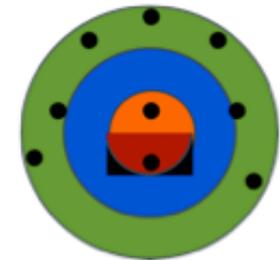
a. Alta precisión y baja exactitud



b. Buena exactitud media con pobre precisión



c. Alta exactitud y alta precisión



d. Pobre precisión y pobre exactitud

# Introducción (VIII)

- Tipos de sensores:
  - Electromagnéticos
    - Fotosensores, RF
    - Corriente, voltage
  - Mecánicos
    - Presión/fuerza
    - Accelerómetros
    - Sonido
    - Temperatura
  - Químicos
    - Olor
    - Gusto
    - pH
    - Medidor de glucosa



Fuente:

<http://www.alivecor.com/home>

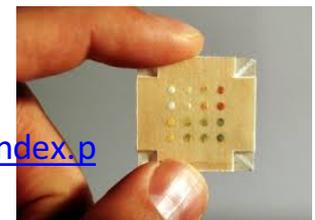


Fuente:

<http://www.withings.com/es>

Fuente:

<http://gmwgroup.harvard.edu/research/index.php?page=9>



# Ejemplo- *Robocup*

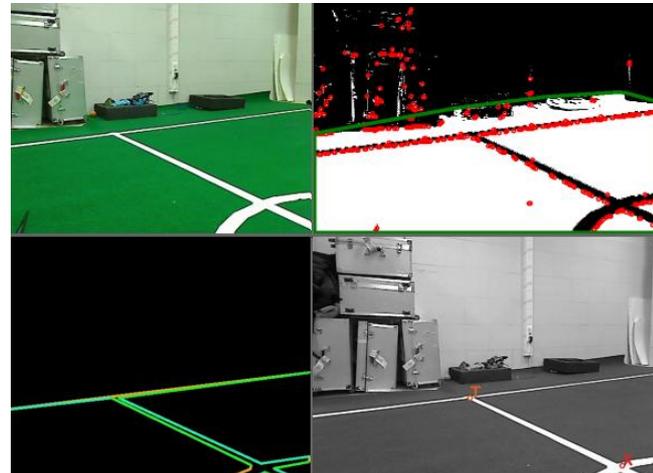
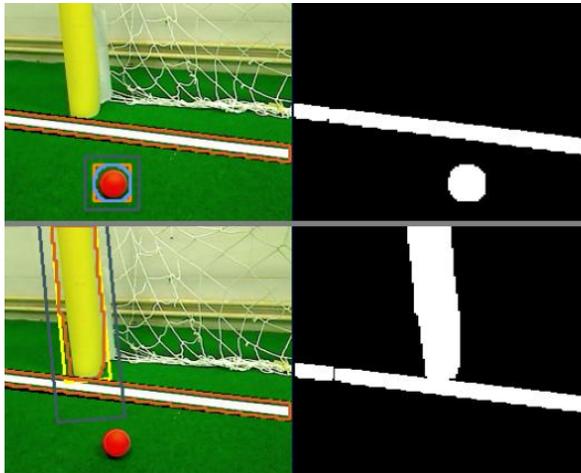


- <http://www.robocup.org>
- [Vídeo: https://youtu.be/cYmNmJltFQQ](https://youtu.be/cYmNmJltFQQ)

# ¿Qué sistemas necesito?

- Visión

- Detección del entorno, p.ej. de líneas de campo, incluyendo portería, medición de distancias.

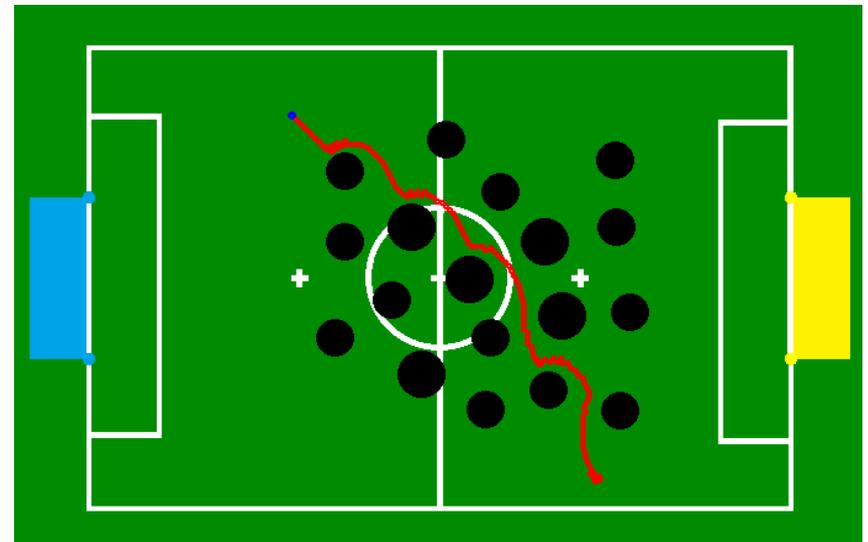
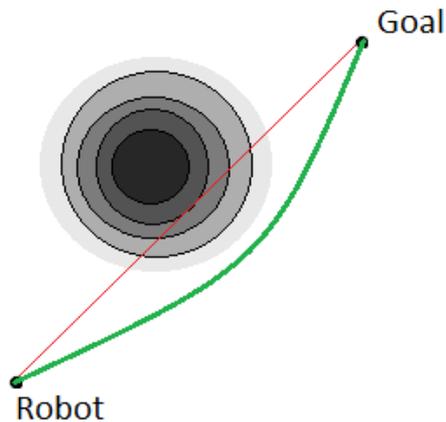


- Movimiento

- Estabilizador (cambio centro de gravedad),
- Actuadores ([dynamixel](#))

# ¿Qué sistemas necesito?

- Localización
  - Algoritmos utilizados: Kalman filters, Montecarlo, Bayes, etc.
- Cálculo de trayectorias
  - Ej. Algoritmo basado en campos potenciales



Y, ¿qué usamos para mantener la verticalidad?, ¿y para levantarse....?

# Accelerómetros (I)

- Accelerómetros
  - Utilizados comúnmente para el análisis de la aceleración, velocidad y el desplazamiento. Además se usan para

Monitorizar el nivel de vibración

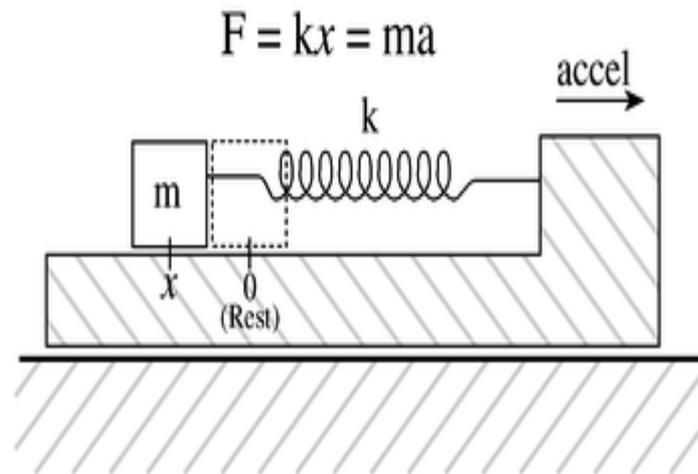
Monitorizar y predecir el correcto funcionamiento y el estado de vehículos, equipos etc

# Accelerómetros (II)

- Accelerómetros
  - APLICACIONES:
    - Mandos en *videojuegos*
    - Control de computadoras y otros equipos como por ejemplo para realizar *scrolling*, navegación y otras acciones sin el uso de punteros o mandos a distancia.
    - Dispositivos de *bio-monitorización* para entrenamiento deportivo personalizado, relacionados con hábitos de comportamiento y salud, etc

# Accelerómetros (III)

- Sensores que miden cambios en la velocidad
- Basado en la segunda ley de Newton



# Accelerómetros (IV)

- En la actualidad están contruidos mediante tecnología MEMS, e integran otros sensores
- Por ejemplo, x-BIMU

(<http://www.x-io.co.uk/products/x-bimu/>)

- Hasta 16g
- Giróscopo
- Magnetómetro



# Interfaces Inalámbricos (I)

- **Bluetooth**

- **Corto alcance**
- Utiliza tecnología FHSS (**salto en frecuencia**)
- Las conexiones cambian de frecuencia a intervalos determinados de tiempo
- Conexiones **Maestro-esclavo**
- El maestro determina cómo se cambia de frecuencia

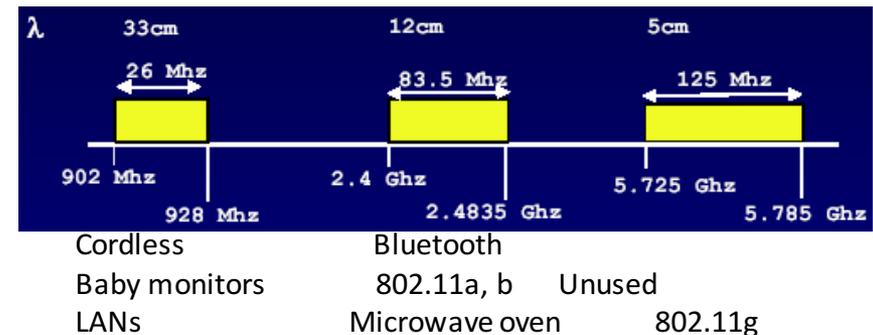
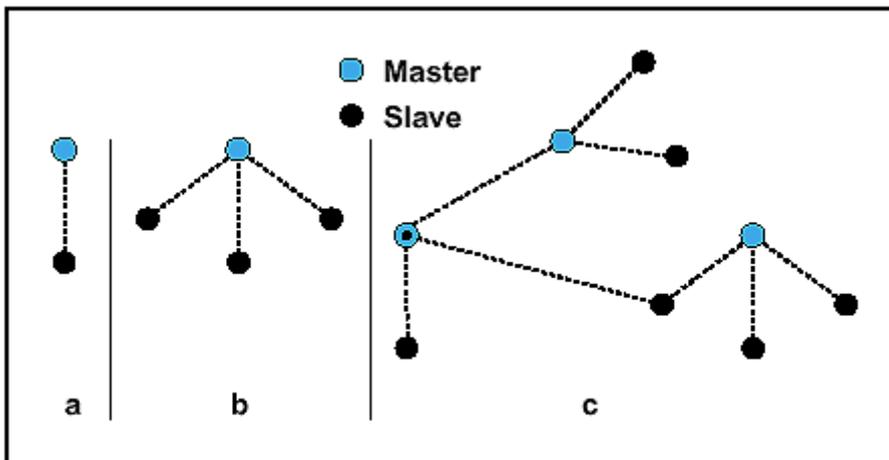
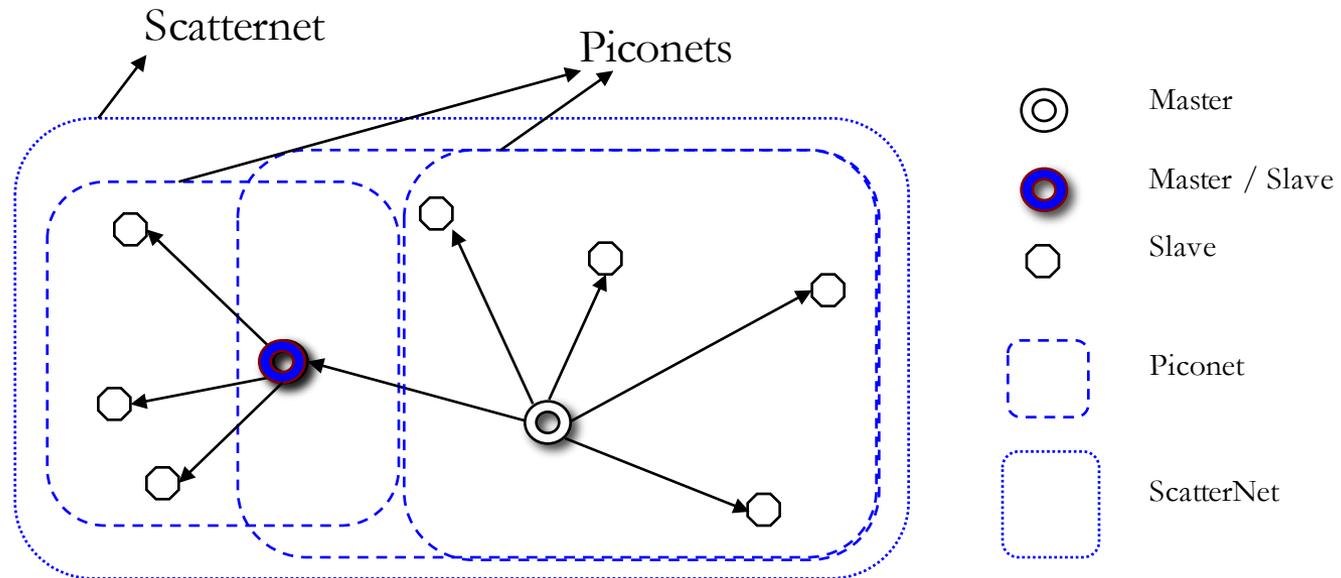


Figure 1.2: Piconets with a single slave operation (a), a multi-slave operation (b) and a scatternet operation (c).

# Interfaces Inalámbricos (II)

- Topología BT



Bluetooth Piconet and Scatternet formation

Fuente:

<http://www.ccng.uwaterloo.ca/Seminars/Presentations/bilm.ppt>

# Interfaces Inalámbricos (III)

- Ventajas de **BT**
  - Transmisiones superiores a **100m** (depende del transmisor). Habitualmente entorno a los 10m.
  - No tiene que existir visión directa
  - **Baja potencia**
  - Protocolo estandarizado
  - **Modo bidireccional** (=> soporte para voz)
  - Reducción del cableado asociado a la conexión
  - **Garantía en la transmisión de datos** (basado en ACKs)
  - Diversos perfiles de uso (*generic, fax, handset, serial port....*)
  - Servicio de *descubrimiento* de red

# Interfaces Inalámbricos (IV)

- Comparativa

		Radio frequency		
Properties	Infrared	802.11x	Bluetooth	Ultrasound
Used technology	Optical 850 nm	2.404 – 2.478 GHz / 5 GHz	2.402 – 2.480 GHz FHSS	Ultrasound 40 KHz
Channel Access	Polling	CSMA / CA	Master-slave, polling	N/A
Range	2 meter	100 meters	10 meters	Approx 15 meters
Max Data Rate	16 Mbps	11 Mbps	1 Mbps	N/A
Max devices	2		8	RV in range
Network Formation	Point-to-point	Ad-hoc, infrastructure	Pt – MultiPt (Piconet or Scatternet)	N/A
Price point (TR + Controller)	2.5-5.5	25	20 <5 with mass adoption	<2

# Interfaces Inalámbricos (V)

- Protocolo **Zigbee**
  - Basado en el estándar IEEE 802.15.4
  - **Diseñado para utilizarlo en redes de sensores**
  - Utilizado en aplicaciones que requieren
    - **Bajo consumo**
    - **Baja velocidad**
    - **Seguridad** (recuperación de errores)

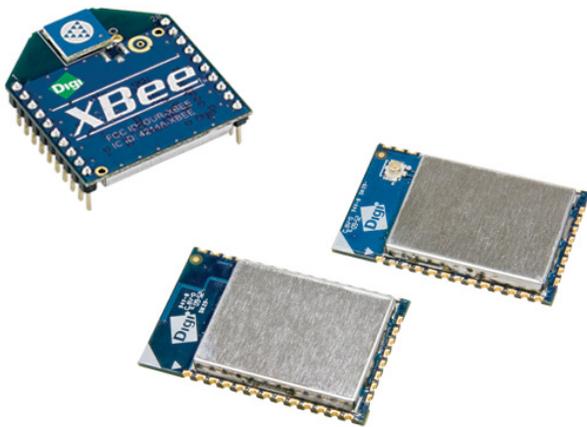
# Interfaces Inalámbricos (VI)

- Comparación de Zigbee con otros protocolos

Market Name	ZigBee™	---	Wi-Fi™	Bluetooth™
Standard	802.15.4	GSM/GPRS CDMA1xRTT	802.11b	802.15.1
Application Focus	Monitoring & Control	Wide Area Voice & Data	Web, Email, Video	Cable Replacement
System Resources	4KB - 32KB	16MB+	1MB+	250KB+
Battery Life (days)	100 - 1,000+	1-7	.5 - 5	1 - 7
Network Size	Unlimited (2 <sup>56</sup> )	1	32	7
Bandwidth (KB/s)	20 - 250	64 - 128+	11,000+	720
Transmission Range (meters)	1 - 100+	1,000+	1 - 100	1 - 10+
Success Metrics	Reliability, Power, Cost	Reach, Quality	Speed, Flexibility	Cost, Convenience

# Interfaces Inalámbricos (VII)

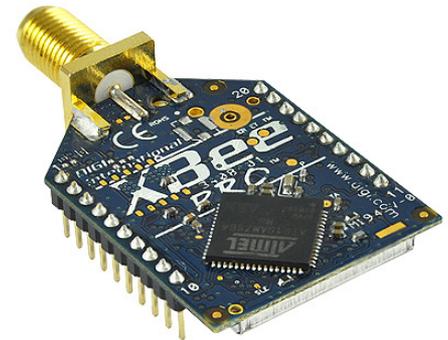
- Módulos Xbee
  - <http://www.x-io.co.uk/downloads/Digi-XBee-Datasheet.pdf>
  - Entre 1mW a 10mW (30 m/indoor, 100m/outdoor, *hasta 1Km*).



**XBee® & XBee-PRO® ZB  
ZigBee® PRO RF Modules**



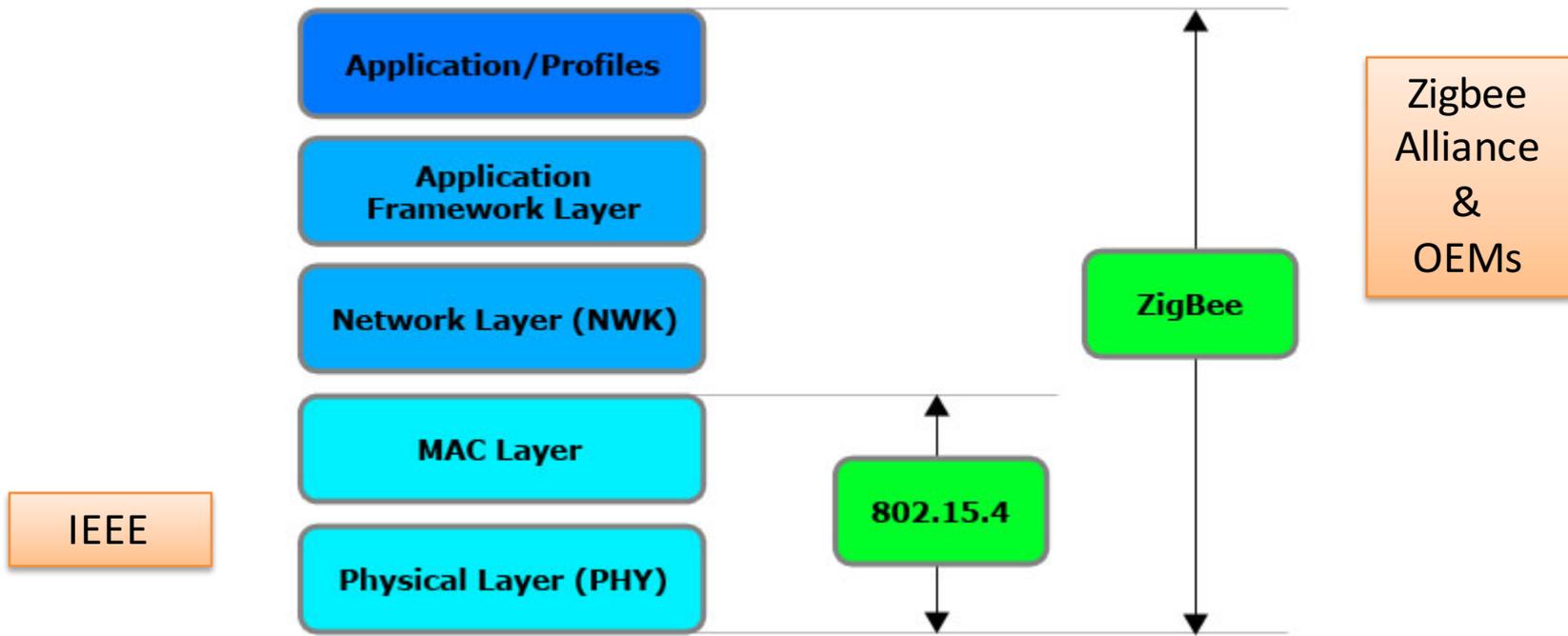
**XBee® & XBee-PRO®  
DigiMesh™ 2.4 RF Modules**



**XBee-PRO®  
DigiMesh™ 900 Mesh  
RF Modules**

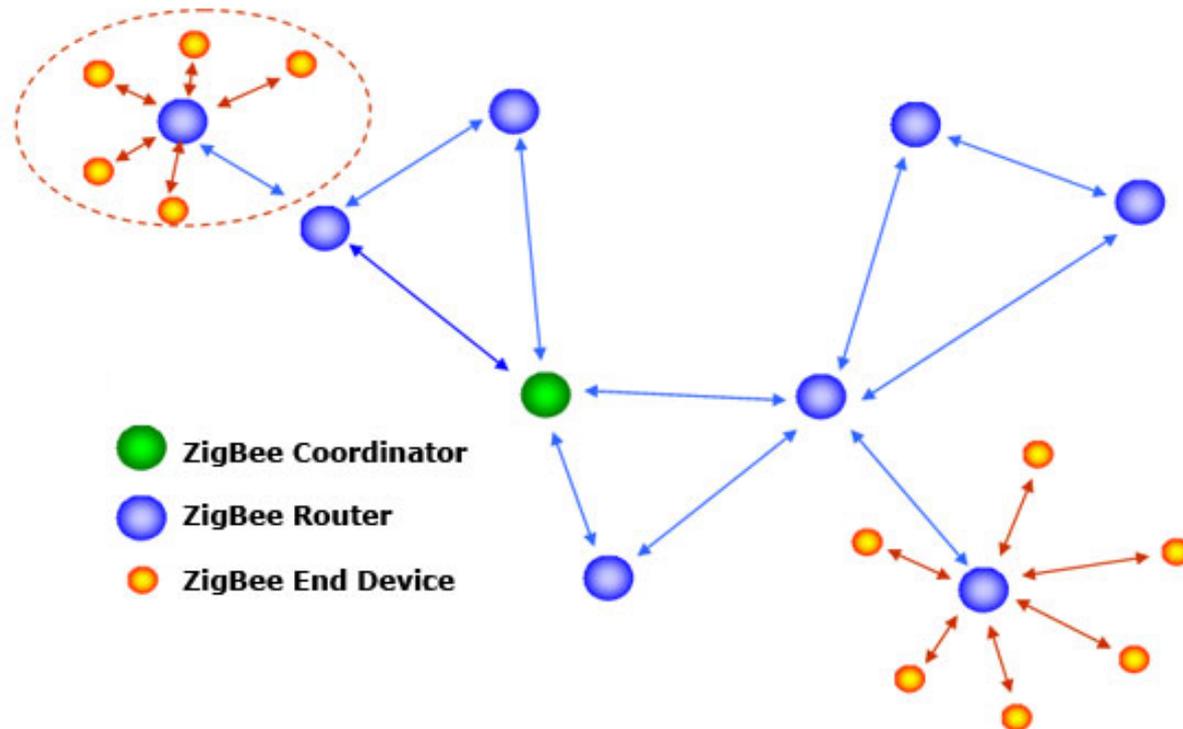
# Interfaces Inalámbricos (VIII)

- Niveles



# Interfaces Inalámbricos (IX)

- Red ZigBee
  - Redes Punto-Punto, Punto- Multipunto y Mesh



# WiFi vs ZigBee

- Explaining Wireless Sensor Nodes: Zigbee vs. WiFi
  - <https://youtu.be/buV11ZPJ7MQ>

# Aplicaciones Zigbee

- Orientados al control y a la eficiencia de recursos
  - Control de *farolas*
    - Los Ángeles: sistema de iluminación inteligente para 240000 luminarias, usando 802.15.4.
  - Automatización de edificios. Domótica
    - <http://www.daintree.net/lighting/library.php?x=76&y=84>
    - <http://www.limitlessled.com>
    - Ejemplo: <https://youtu.be/QY1ertUPto>
    - Ejemplo: <https://youtu.be/HfaOI9RHNC4>
  - Monitorización automática de medidores / Eficiencia energética
    - La [compañía PG&E](#) ha instalado 5.5 millones de medidores de gas equipados con un módulo Xbee
  - Rastreo de mercancías
  - Control industrial

# APLICACIONES

- **Centrados en el individuo**
  - Monitorización del comportamiento personalizado de los usuarios.
  - Por ejemplo,
    - Salud y rehabilitación
    - Monitorización de ancianos y personas con minusvalía.
    - Predicción de comportamiento del usuario en las tareas que esté realizando.
  - ...

# Aplicaciones (Datos)

- Naturaleza de los datos
  - Precisión en las medidas
    - Muestras por segundo
      - Velocidad de muestreo vs velocidad de almacenamiento
    - Bits por muestra
      - Pequeño: temperatura
      - Medio: Audio
      - Alto: Vídeo
  - Requisitos de ancho de banda y de almacenamiento

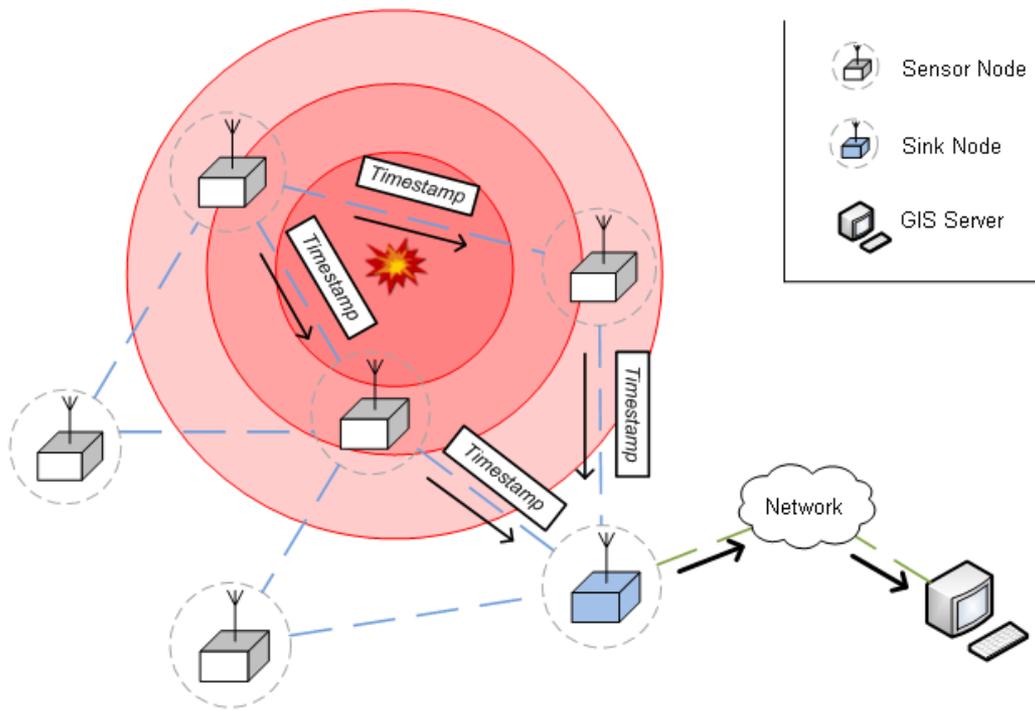
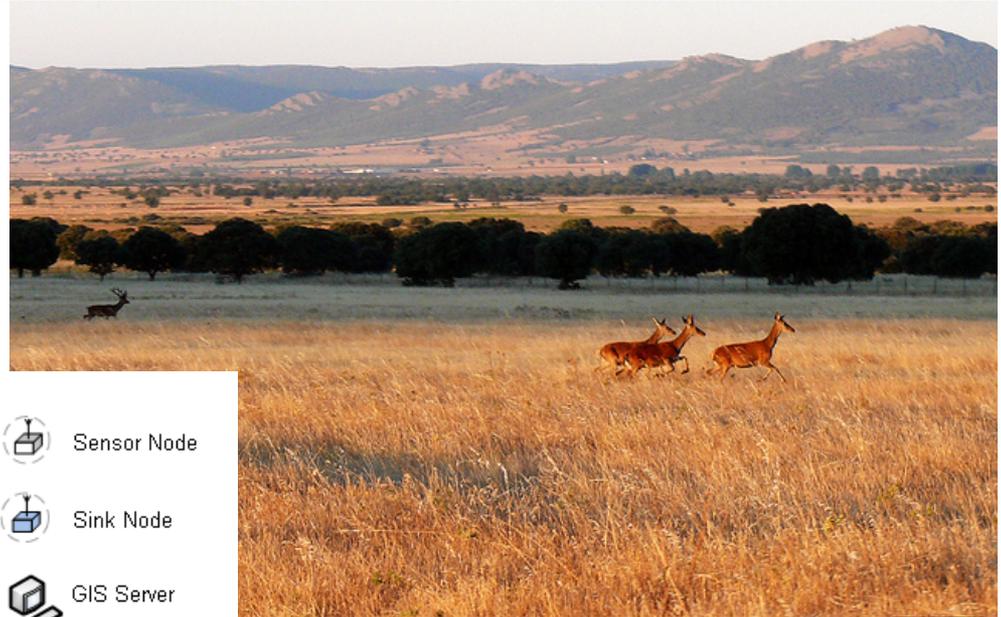
# Aplicaciones (Datos)

- Problemas de los datos *reales*
  - Los datos son complejos y mezcla de diversas fuentes
  - Diferentes requisitos en función de la aplicación
    - Precisión, secuenciación temporal de datos, representación...
  - Gran cantidad de datos donde los datos de interés pueden estar distribuidos.

# Aplicaciones (Datos)

## Ejemplo: Caza (I)

Detección de caza furtiva



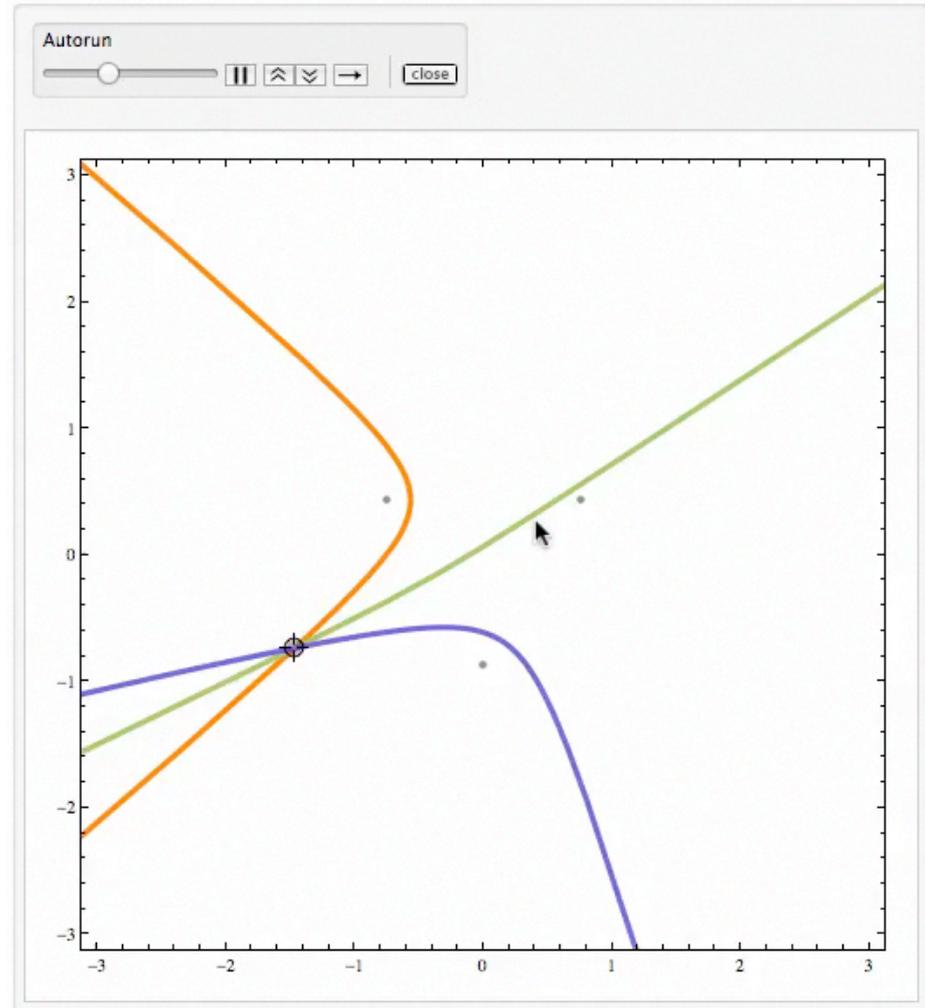
### Fuente:

F. González-Castaño, J. V. Alonso,  
E. Costa-Montenegro, P. López-Matencio,  
. Acoustic sensor planning for gunshot location in  
national parks: a pareto front approach.  
Sensors, 9(12):9493–9512, 2009.

# Aplicaciones (Datos)

Ejemplo: Caza (II)

Multilateración



# Aplicaciones (Datos)

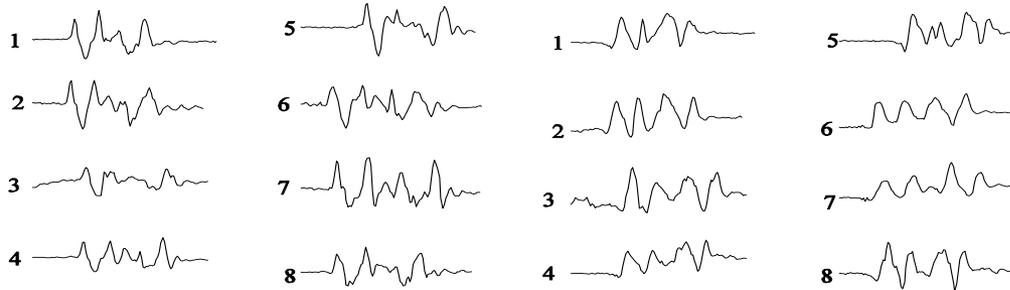
Ejemplo: control a través del movimiento



David Login Gesture 1

X Acceleration

Y Acceleration

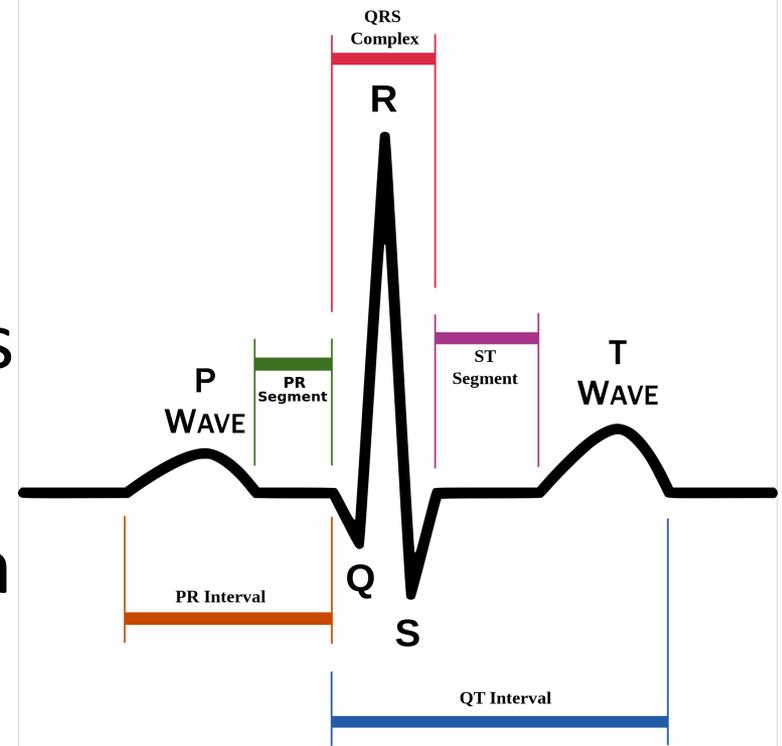


3 Sec.

# Aplicaciones (Datos)

## Ejemplo: Señal cardiaca

- Contracción de la aurícula relacionado con 'P'
- Q, R, S y T están asociados con los ventrículos
- Anomalías en el ECG están relacionados con estos puntos

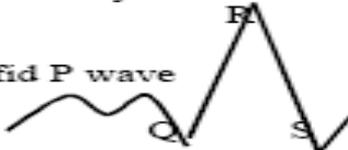
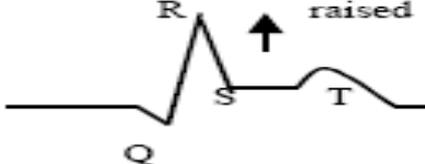
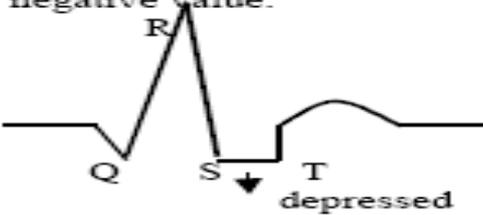


ECG Signal



Wavelet Transform

(Database comparison & analysis)

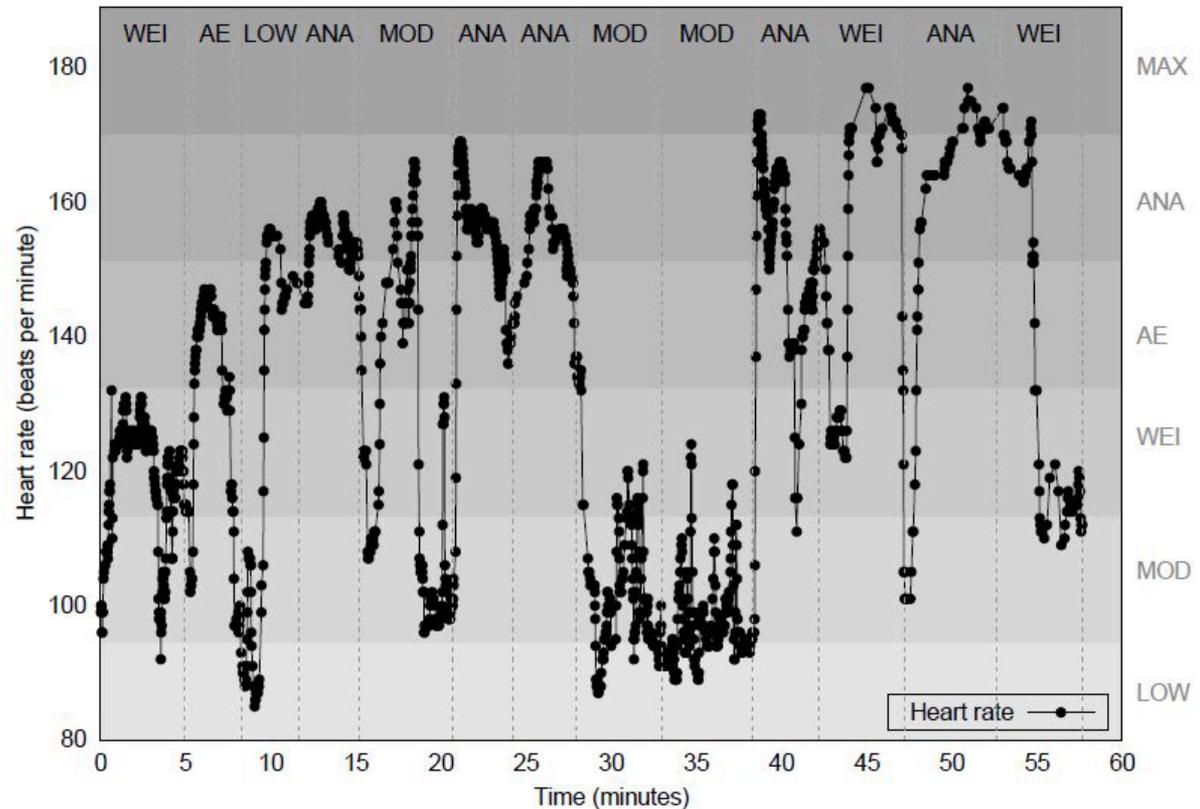
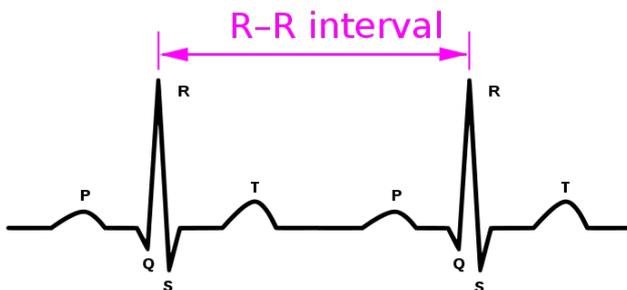
<u>SEGMENT OF ECG</u>	<u>ABNORMALITY</u>	<u>CAUSE</u>
P WAVE	Abnormally high peak 	Right atrial hypertrophy
	Abnormally broad wave bifid P wave 	Left atrial hypertrophy
QRS WAVE	Prolonged QRS segment i.e. 0.1 to 0.12 sec.	Hypertrophy or Dilation of the left/right ventricle.
ST SEGMENT	Raised i.e. gives a positive value. 	Acute myocardial injury, due to recent infarction.
	Lowered i.e. gives a negative value. 	Ischaemia.
T WAVE	Inverted i.e. gives a negative value.	Bundle branch block, Ventricular hypertrophy.

# Aplicaciones (Datos)

## Ejemplo: Entrenador personal

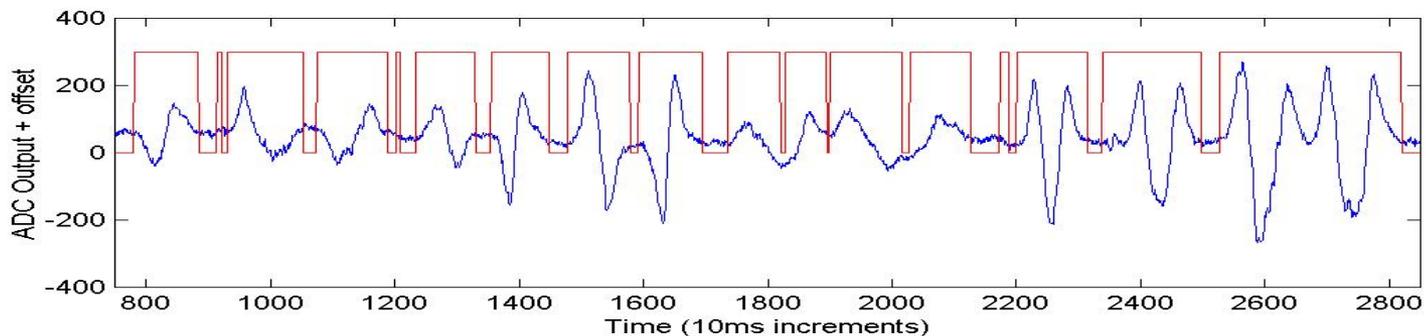


HR máx.=220-edad



# Aplicaciones (*Wearables*) (I)

## Ejemplo: Activity Monitor & Tracking



# *Wearables*

Smart Socks CO

<http://www.sensoriafitness.com>



<https://vimeo.com/115602040>

# *Wearables*

Athos

<https://www.liveathos.com>

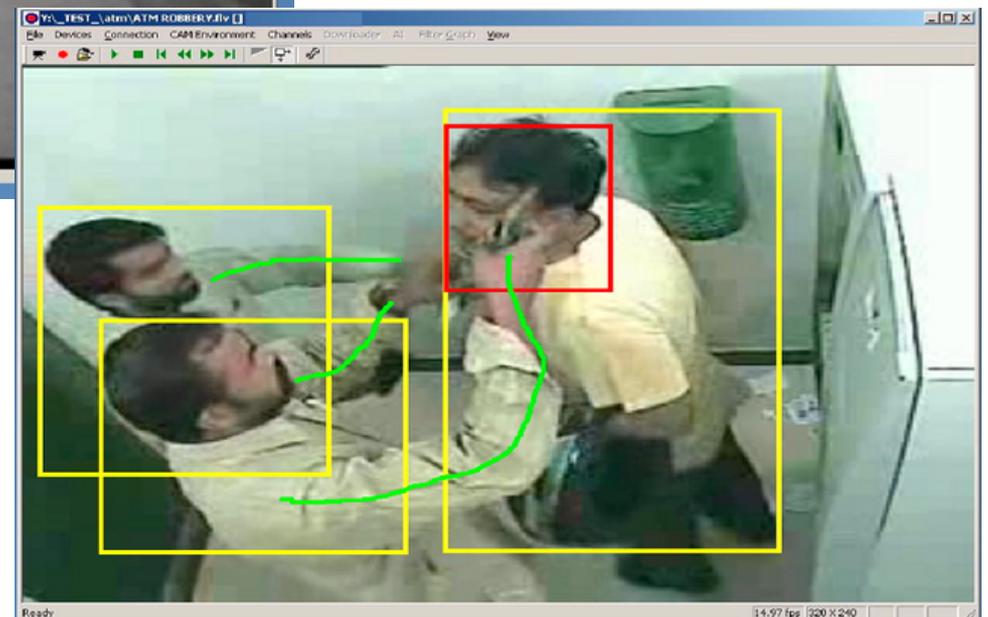


<https://youtu.be/NxqOJwAd2Qk>

# Aplicaciones (*Wearables*) (II)

- Investigación sobre tecnologías *llevables* en Europa
  - <http://www.wearable.ethz.ch/research/groups/textiles/SimpleSkin>
  - <http://www.opportunity-project.eu>
- Sensores – orientado al desarrollo e investigación
  - <http://www.x-io.co.uk>
  - <http://www.xsens.com>
  - <http://www.shimmersensing.com>
- Ejemplos de uso en investigación
  - Producción agrícola y ganadería
    - [GPS Sensor forFarms](#)
    - [Transforming Agriculture through pervasive WSN](#)
    - Sensor and Actuator Networks: Protecting Environmentally Sensitive Areas
  - [Embedded activity recognition system](#)
  - [Wearable activity tracking in car manufacturing](#)
  - [Activity-aware for healthcare](#)
  - [The Urbanet revolution: Sensor power to the people](#)

# Sensorización por imagen/vídeo



Detección de actividad por procesamiento de imagen

# Sensorización por imagen/vídeo

Seguridad  
en bancos  
y  
comercios



# Sensorización por imagen/vídeo

- **Análisis de tráfico**
  - Detección de vehículos
  - Detección de Infracciones
  - Velocidad
  - Densidad de tráfico
  - Accidentes y vehículos parados

Fuente  
<http://traffiko.com>

# Análisis de tráfico

- Contador de Vehículos y determinar su velocidad
- <https://youtu.be/1Hpljc10gVM>



# Sensorización por imagen/vídeo

## Marketing

- Seguimiento de clientes
- Tiempo delante de un grupo de productos
- Análisis de *zonas muertas*
- Análisis de recorrido

Fuente

<http://www.nytimes.com>

<http://nyti.ms/13cbsuD>



# Investigación

- Nuevos interfaces con los que interactuar con el entorno.

*¡Una idea sencilla puede tener gran impacto!*

# Anillo inteligente

Fuente: <http://www.media.mit.edu>  
<http://fluid.media.mit.edu/projects/fingerreader>

- FingerReader:
- Ejemplo de funcionamiento
  - <https://vimeo.com/122113746>

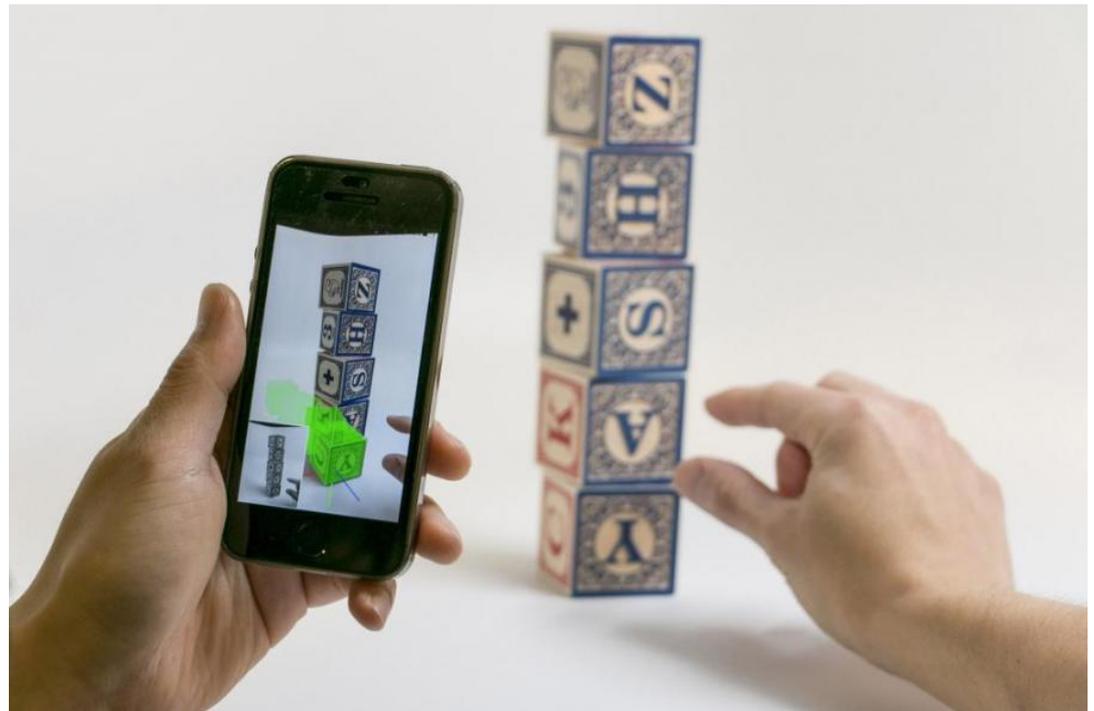




# Interacción con objetos del entorno

Fuente: <http://www.media.mit.edu>  
<http://fluid.media.mit.edu/projects/aftermath>

- Predicting consequences from image
  - Ejemplo: <https://vimeo.com/118561938>



# Actuación por imagen/vídeo

Fuente: <http://www.media.mit.edu>  
<http://tangible.media.mit.edu/project/materiable/>

- Shape changing interfaces
  - Ejemplo: <https://vimeo.com/165798784>

