



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea



Escuela Universitaria  
de Ingeniería  
Vitoria-Gasteiz

Ingeniaritzako  
Unibertsitate Eskola  
Vitoria-Gasteiz

El reto de construir un sistema ciberfísico como experiencia  
educativa

*The Challenge of Building a Cyber Physical System as an  
Educational Experience*

Pablo González-Nalda    Isidro Calvo    Ismael Etxeberria-Agiriano  
Alejandro García-Ruiz    Sergio Martínez-Lesta    Daniel Caballero

Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz  
(UPV/EHU, Spain)



ISTI2014, 19 de junio de 2014



# Contenidos de la presentación

## Contenidos

Resumen

Introducción

Proyecto

Desarrollo de  
la experiencia

Conclusiones

- 1 Resumen
- 2 Introducción
- 3 Proyecto
- 4 Desarrollo de la experiencia
- 5 Conclusiones



## Contenidos

**Resumen**

Introducción

Proyecto

Desarrollo de  
la experiencia

Conclusiones

- 1 Resumen
- 2 Introducción
- 3 Proyecto
- 4 Desarrollo de la experiencia
- 5 Conclusiones



# Resumen

Contenidos

Resumen

Introducción

Proyecto

Desarrollo de  
la experiencia

Conclusiones

Construcción de un *Sistema Ciberfísico* (CPS) como experiencia educativa:

- trabajo multidisciplinar
  - computación embebida
  - teoría de control
  - redes de comunicaciones
- por tanto, reto a alumnado de últimos cursos
- poner en práctica competencias teóricas y transversales
  - trabajo en grupo
  - integración de tecnologías
  - resolución de problemas
  - complejidad de sistemas



## Contenidos

Resumen

**Introducción**

CPS  
Metodologías  
Activas

Proyecto

Desarrollo de  
la experiencia

Conclusiones

- 1 Resumen
- 2 Introducción**
- 3 Proyecto
- 4 Desarrollo de la experiencia
- 5 Conclusiones



# Sistemas Ciberfísicos o CPS

Contenidos

Resumen

Introducción

**CPS**  
Metodologías  
Activas

Proyecto

Desarrollo de  
la experiencia

Conclusiones

Sistemas que conectan los computadores con el mundo físico.  
Combinan

- computación embebida y de tiempo real
- teoría de control
- redes de comunicaciones

Cada vez más frecuentes (domótica, industria).

Los CPS han sido poco estudiados por su heterogeneidad.

Comprenden teoría y tecnologías complejas:

- Tiempo real
- Electrónica
- Computación Concurrente y Distribuida



# Metodologías Activas

Contenidos

Resumen

Introducción

CPS

**Metodologías  
Activas**

Proyecto

Desarrollo de  
la experiencia

Conclusiones

El aprendizaje es el resultado de repetir en primera persona.

Las Metodologías Activas *obligan* a participar mediante tareas:

- cortas (ejercicios y problemas)
- largas: Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP/PBL)

Para que el aprendizaje sea efectivo, el objetivo debe *motivar*.

Las Metodologías Activas aplicadas a los CPS requieren aplicar transversalmente conocimientos de toda la formación anterior.



## Contenidos

Resumen

Introducción

**Proyecto**

Justificación de  
la plataforma  
Robótica Móvil

Desarrollo de  
la experiencia

Conclusiones

- 1 Resumen
- 2 Introducción
- 3 Proyecto**
- 4 Desarrollo de la experiencia
- 5 Conclusiones



# Proyecto

Contenidos

Resumen

Introducción

**Proyecto**

Justificación de  
la plataforma  
Robótica Móvil

Desarrollo de  
la experiencia

Conclusiones

Asignatura *Administración de Sistemas* (Gestión de sistemas operativos GNU/Linux, centros de datos, etc.), optativa de último curso de grado.

Propuesta: telecontrol de un robot móvil con un teléfono *inteligente*.



# Justificación de la plataforma

Contenidos

Resumen

Introducción

Proyecto

**Justificación de  
la plataforma**  
Robótica Móvil

Desarrollo de  
la experiencia

Conclusiones

El proyecto se adecua a la asignatura

- elección e integración de tecnologías
- Debian para Raspberry Pi: *Raspbian*
- vídeo y redes



# ¿Por qué la Robótica Móvil?

Contenidos

Resumen

Introducción

Proyecto

Justificación de  
la plataforma  
**Robótica Móvil**

Desarrollo de  
la experiencia

Conclusiones

Desarrollar robots móviles es muy atractivo.

La Robótica Móvil es un buen ejemplo de sistema de computación embebida y de tiempo real.

La Robótica Móvil comparte con los CPS los conceptos de *corporeidad* y *ubicación*, necesarios para obtener comportamientos inteligentes.



## Contenidos

Resumen

Introducción

Proyecto

**Desarrollo de  
la experiencia**

Planteamiento  
inicial

Dificultades  
Desarrollo Final  
Resultados

Conclusiones

- 1 Resumen
- 2 Introducción
- 3 Proyecto
- 4 Desarrollo de la experiencia**
- 5 Conclusiones

# Esquema inicial de interacción entre dispositivos

Contenidos

Resumen

Introducción

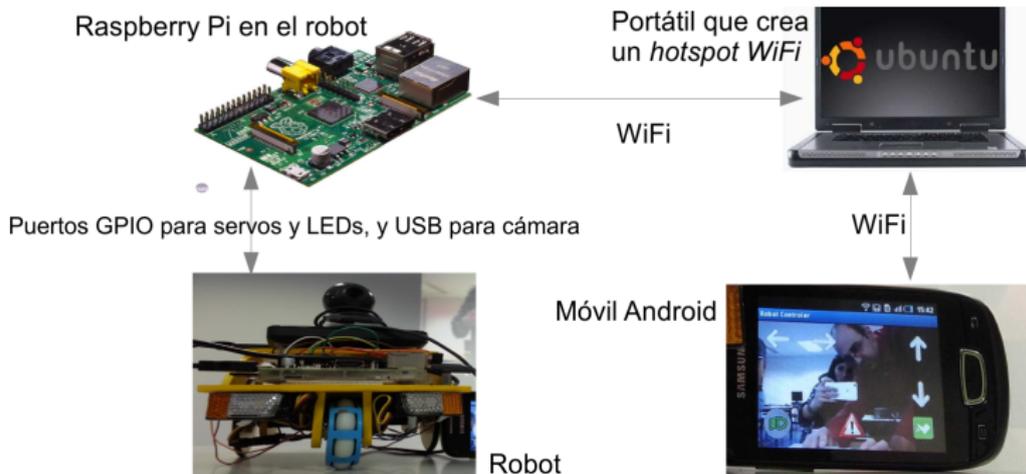
Proyecto

Desarrollo de la experiencia

**Planteamiento inicial**

Dificultades  
Desarrollo Final  
Resultados

Conclusiones



- Programación del servidor
- Hardware: desmontar el original, GPIO, servos
- Programación del cliente Android
- WiFi y *streaming* de vídeo
- Documentación



# Dificultades

Contenidos

Resumen

Introducción

Proyecto

Desarrollo de la experiencia

Planteamiento inicial

**Dificultades**  
Desarrollo Final  
Resultados

Conclusiones

Las principales dificultades fueron:

- Usos de técnicas novedosas para los alumnos.
- Encontrar y compilar RPIO para usar PWM (codificación por anchura de pulsos) con los GPIO
- Calibración de los servos con PWM por prueba y error
- Compilar el controlador hardware del dispositivo WiFi
- Problemas de formato con RTSP (protocolo de flujo en tiempo real) con VLC en línea de comandos de Raspbian
- Ahorro de batería con el uso correcto de eventos
- Uso de energía (servos, conversión de vídeo y WiFi)
- Errores del *MundoReal<sup>TM</sup>*: cuelgues inexplicables por poca alimentación de la Raspberry Pi

## Contenidos

Resumen

Introducción

Proyecto

Desarrollo de la experiencia

Planteamiento inicial

Dificultades

**Desarrollo Final**

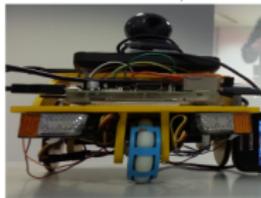
Resultados

Conclusiones

Raspberry Pi en el robot con S.O. Raspbian



Puertos GPIO a servos y LEDs desde Python con RPIO



```
cvlc -vv v4l2:///dev/video0:width=50:height=50:fps=2:chroma=MJPEGJ
:sout="#transcode(vcodec=mp4v,vb=500,scale=1,acodec=mp4a,ab=128,
channels=2,samplerate=8000):rtp(sdp=rtsp://:8080/test.sdp)" :sout-keep
```

Envío de imagen (vídeo y audio) por RTSP con el programa **cvlc**

```
strView.setVideoPath(
"rtsp://192.168.5.1:8080/test.sdp"
);
```

Socket Bidireccional TCP  
Envío y recepción de comandos con cadenas de texto

"STARTCONNECTION"  
"ENDCONNECTION"  
"MOVE"  
"BRAKE"  
"LIGHTS"  
"DIRECTIONLIGHT"  
"EMERGENCYLIGHTS"

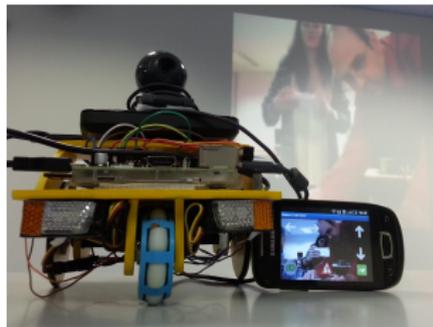
"OK"





# Resultados

- Se obtuvo un sistema funcional y con nuevas opciones.
- Los alumnos tuvieron un alto grado de satisfacción.
  - aplicación práctica de conocimientos
  - creación de soluciones a problemas imprevistos y no estructurados
- La resolución de retos y el aprendizaje produce satisfacción.



Contenidos

Resumen

Introducción

Proyecto

Desarrollo de  
la experiencia

Planteamiento  
inicial

Dificultades  
Desarrollo Final

**Resultados**

Conclusiones



## Contenidos

Resumen

Introducción

Proyecto

Desarrollo de  
la experiencia

**Conclusiones**

- 1 Resumen
- 2 Introducción
- 3 Proyecto
- 4 Desarrollo de la experiencia
- 5 Conclusiones**

Un CPS es adecuado para último curso de grado de Informática.

Aúna aplicación de conocimientos y técnicas transversales con la gran motivación que producen.

Un proyecto permite un contexto real para los conceptos teóricos.

Trabajo futuro:





# ¿Preguntas?

Contenidos

Resumen

Introducción

Proyecto

Desarrollo de  
la experiencia

Conclusiones

