

# Cooperative and multisensor indoor location system

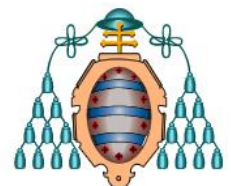
## TFM Ingeniería Web

AUTOR: Juan José Marrón Monteserín

DIRECTOR: Dr. Daniel Fernández Lanvin

CODIRECTOR: Dr. Martín B. González Rodríguez

Julio 2013



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

# Estructura

- **Introducción:**  
Motivación , Posibles usos, Estado del arte, Dificultades y Contribución
- **Descripción del sistema**
- **Diseño e implementación del sistema**
- **Evaluación:**  
Metodología, Resultados y Discusión
- **Conclusión**
- **Trabajos futuros y difusión**

# INTRODUCCIÓN

# Motivación

- Impacto de la computación móvil vs. tradicional.
- Evolución de dispositivos móviles :
  - Aumento de potencia de procesamiento
  - Reducción de precio
  - Mejora de características y capacidad de movilidad
- Demanda de nuevas aplicaciones con necesidades de conocimiento de contexto y localización.
- Mejoras en tecnologías de posicionamiento. *¿ Y en interiores...?*

# Posibles usos y aplicaciones

- Útil en múltiples escenarios:
  - Salud: apoyo a servicios de emergencia.
  - Seguridad: bloqueo automático de áreas.
  - Domótica: ayuda consumo eficiente de recursos.
  - Interacción social: búsqueda de amigos.
  - Ocio: guías en museos o galerías.
  - Navegación: en edificios desconocidos.
  - Publicidad: ofertas por proximidad.

# Estado del arte

- Varias soluciones parciales propuestas.

Clasificación en dos grupos:

- 1) Sistemas híbridos:
  - Basados en hardware externo adicional (WiFi, balizas RFiD,...)
  - Instalación, configuración y mantenimiento.
- 2) Sensores inerciales:
  - Basados en MEMs.
  - Posicionamiento específico o invasivo.
  - Inexactitud, errores acumulativos.

# Dificultades

- Añadidas a las del estado del arte:
  - Complejidad de escenario de interiores:  
variabilidad, ruido...
  - Necesidad de alta exactitud:  
grandes variaciones del contexto en pequeñas distancias.
  - Optimización del consumo de energía:  
dispositivos dependientes de baterías.
  - Pobre BdD de planos de interiores.

# Contribución

- Sistema para clasificación de actividades y seguimiento de personas en interiores.
- Basado en dispositivos móviles.
- No requiere infraestructuras externas, sensores adicionales, ni mapas de datos a priori.
- Utiliza técnicas de segmentación y estrategias de identificación de puntos relevantes para la reducción de errores.



# DESCRIPCIÓN

# Sensores inerciales

- Elementos importantes de la arquitectura del sistema y en la adquisición de datos.
- Disponibles actualmente en la mayoría de dispositivos móviles del mercado.
- Calidad baja. Suficiente para funcionalidad actual.
- Útiles para para calcular posición, orientación y condiciones de entorno:
  - Acelerómetro
  - Giroscopio
  - Magnetómetro

# Actividades en interiores

- Simplificación a 5 actividades:
  - Caminando (W)
  - Giro (T)
  - Parado (Sy)
  - Escaleras (St)
  - Ascensor (E)



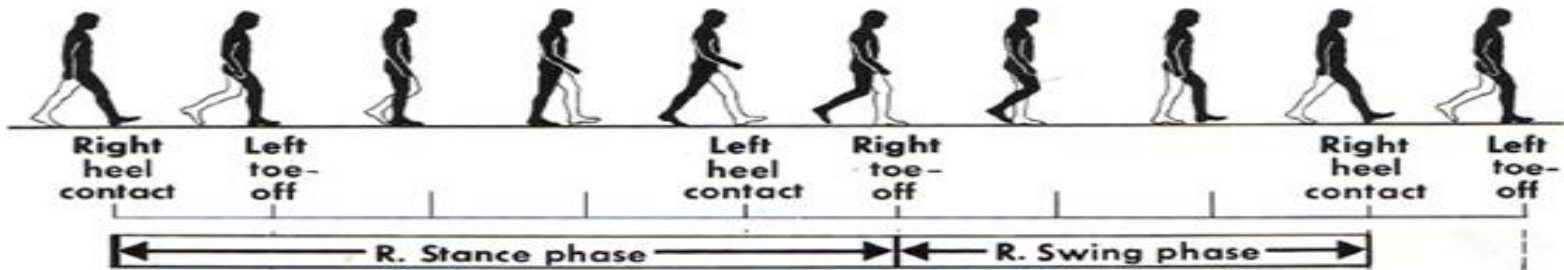
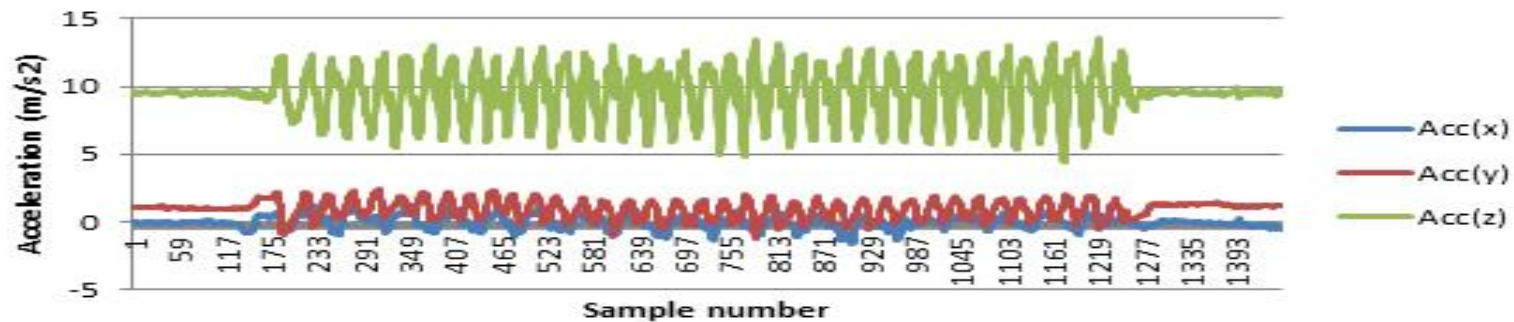
Ejemplo mapa de interior con actividades

# Fundamentos

- Conjunto de reglas y algoritmos basados en:
  - 1) Identificación de puntos de interés en interiores:  
localizaciones dentro de edificios producen eventos reconocibles en una o varias dimensiones de los sensores.
  - 2) Patrones de movimiento del cuerpo humano:  
acciones repetitivas de las personas responden a patrones identificables.

# Fundamentos

- Patrones de actividad: caminando

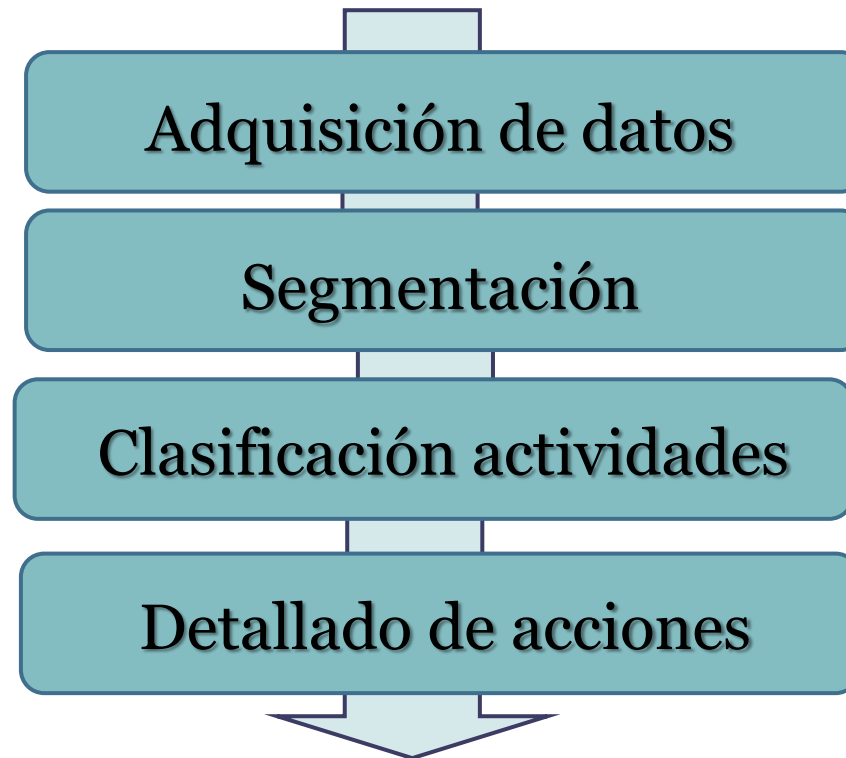


Relación movimiento de caminar y señal generada

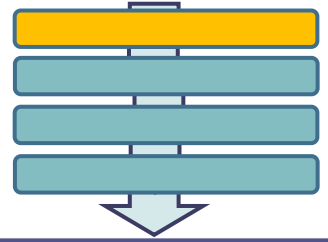
# DISEÑO e IMPLEMENTACIÓN

# Arquitectura

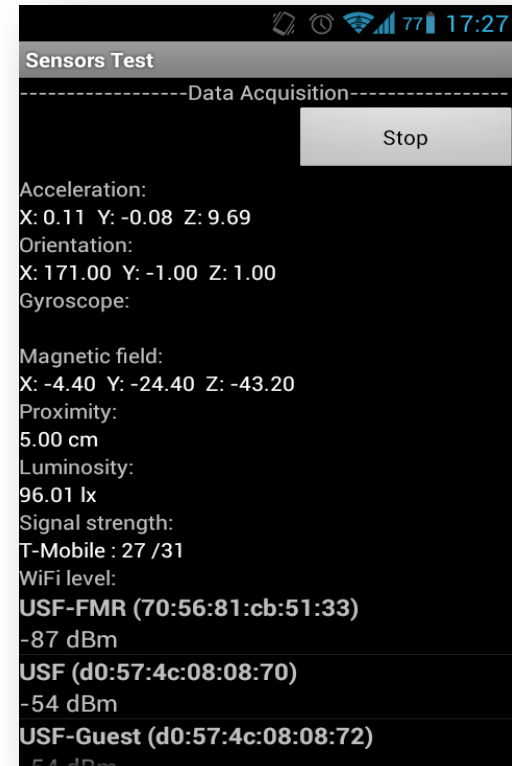
- Organizada en 4 módulos secuenciales:



# Adquisición de datos



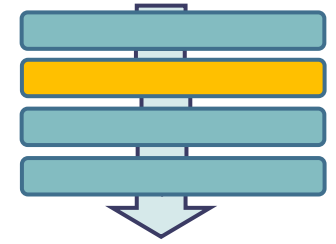
- Recoge las medidas de sensores integrados en el dispositivo móvil.
- Samsung Galaxy S2 corriendo Android OS.
- Aplicación nativa usa Android Sensor API
- Periodo de muestreo a 15ms ( $f = 66.6\text{Hz}$ )



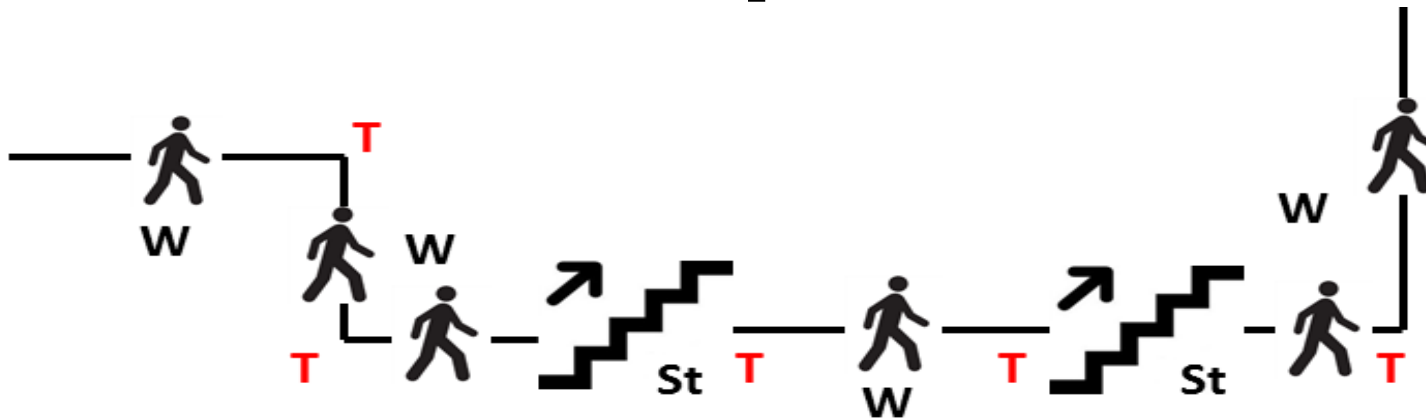
Captura de pantalla Aplicación de adquisición de datos



# Segmentación de recorridos



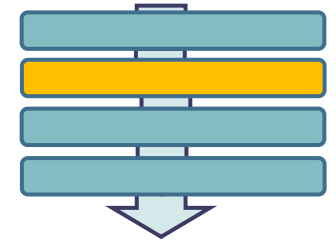
- División en tramas de movimiento  
Reinicio de errores.
- Giros (T) como evento separador.



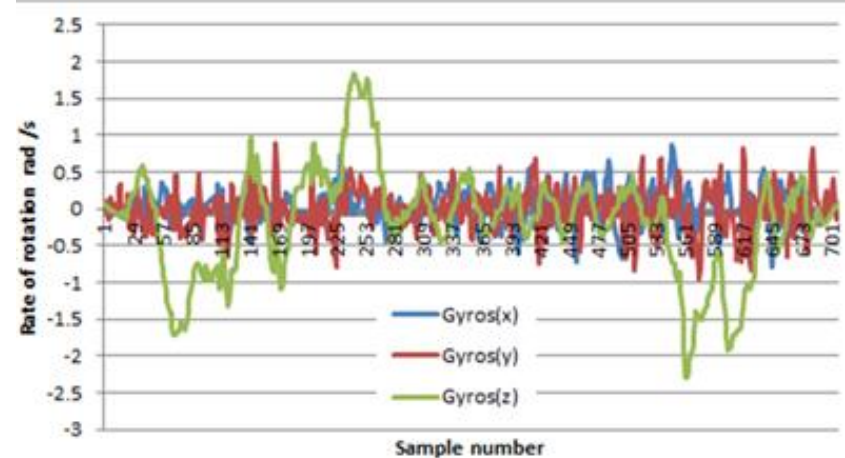
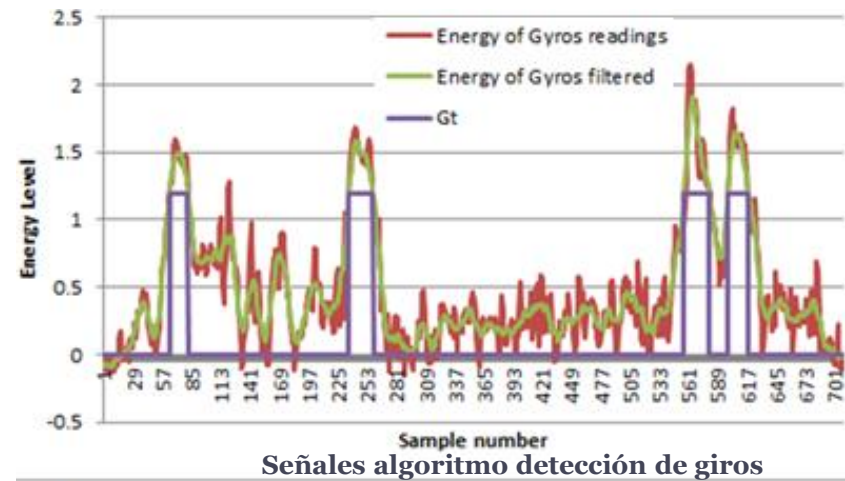
Ejemplo de sucesión de estados tras la segmentación

- Algoritmo de detección de T basado en medidas del giroscopio.

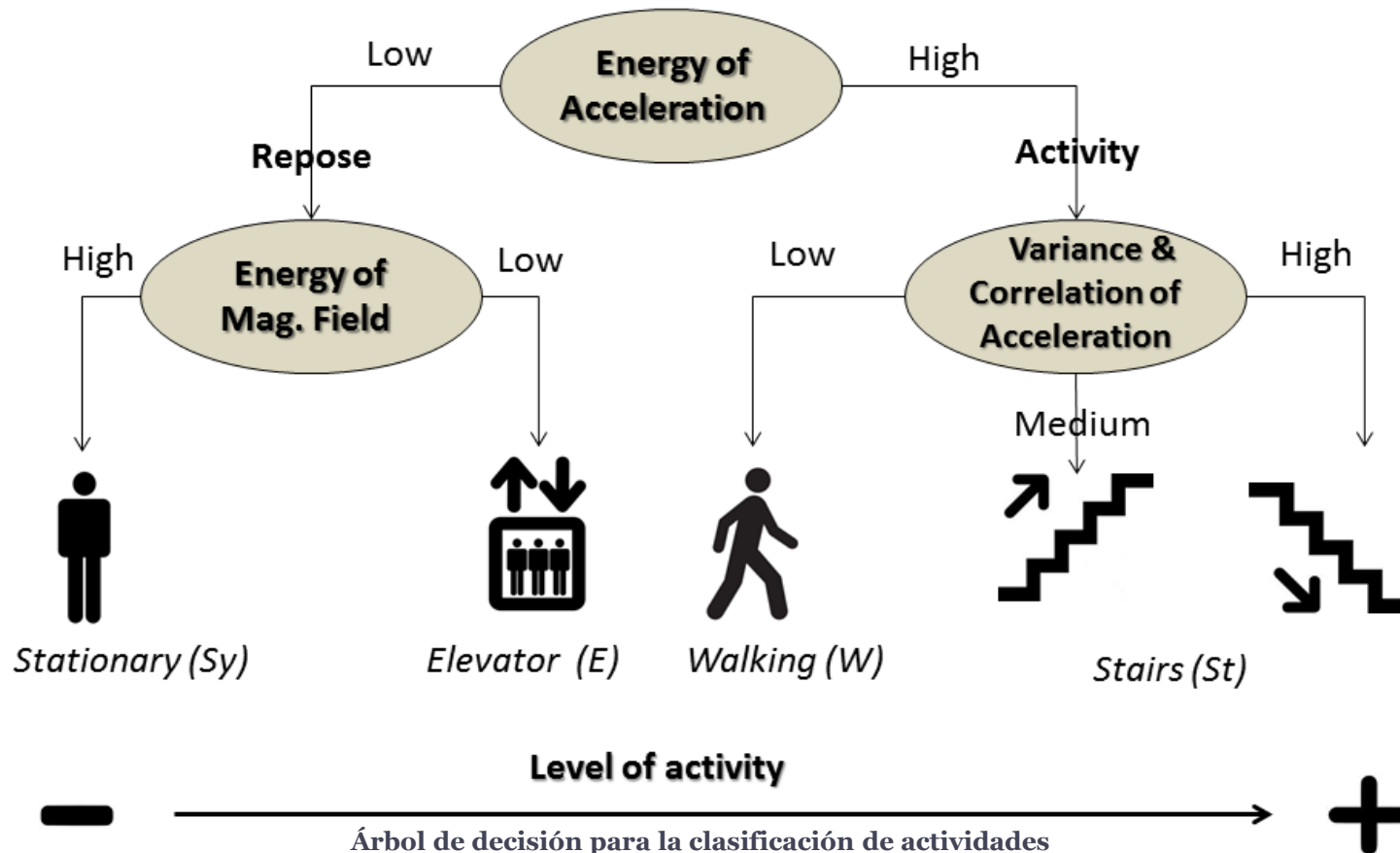
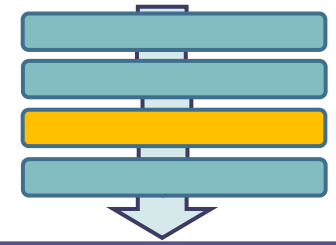
# Segmentación de recorridos



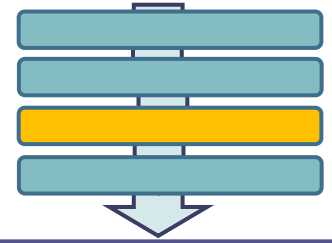
- Pasos algoritmo:
  1. Rutina de calibración
  2. Filtrado de energía
  3. Aplicar umbral
  4. Detección de instante de giro
  5. Asignación de sentido de giro



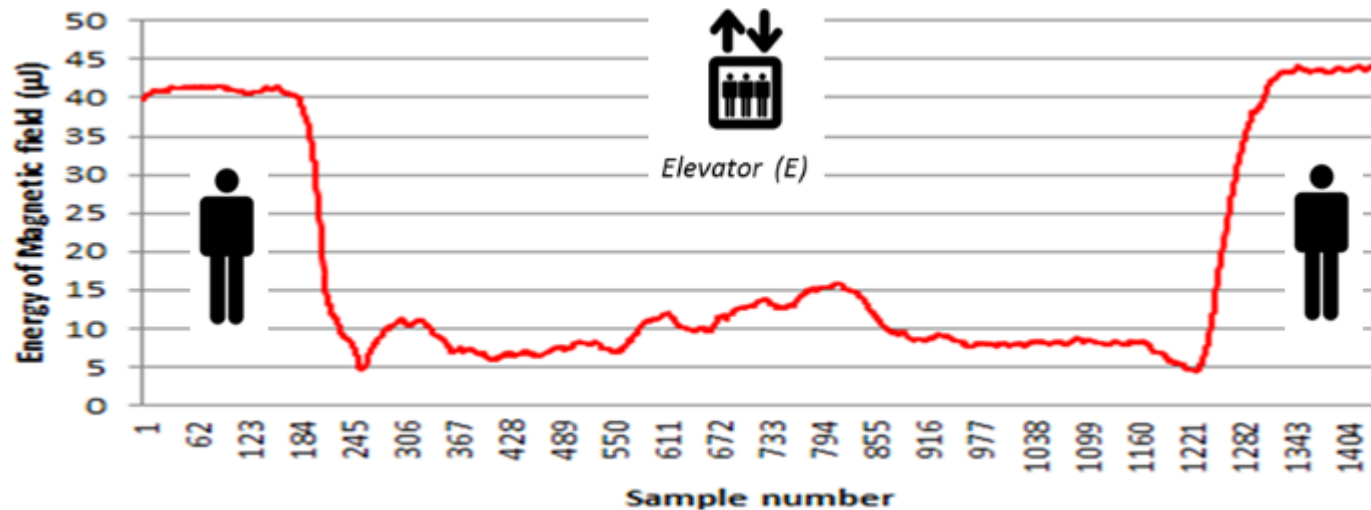
# Reconocimiento actividades



# Reconocimiento actividades

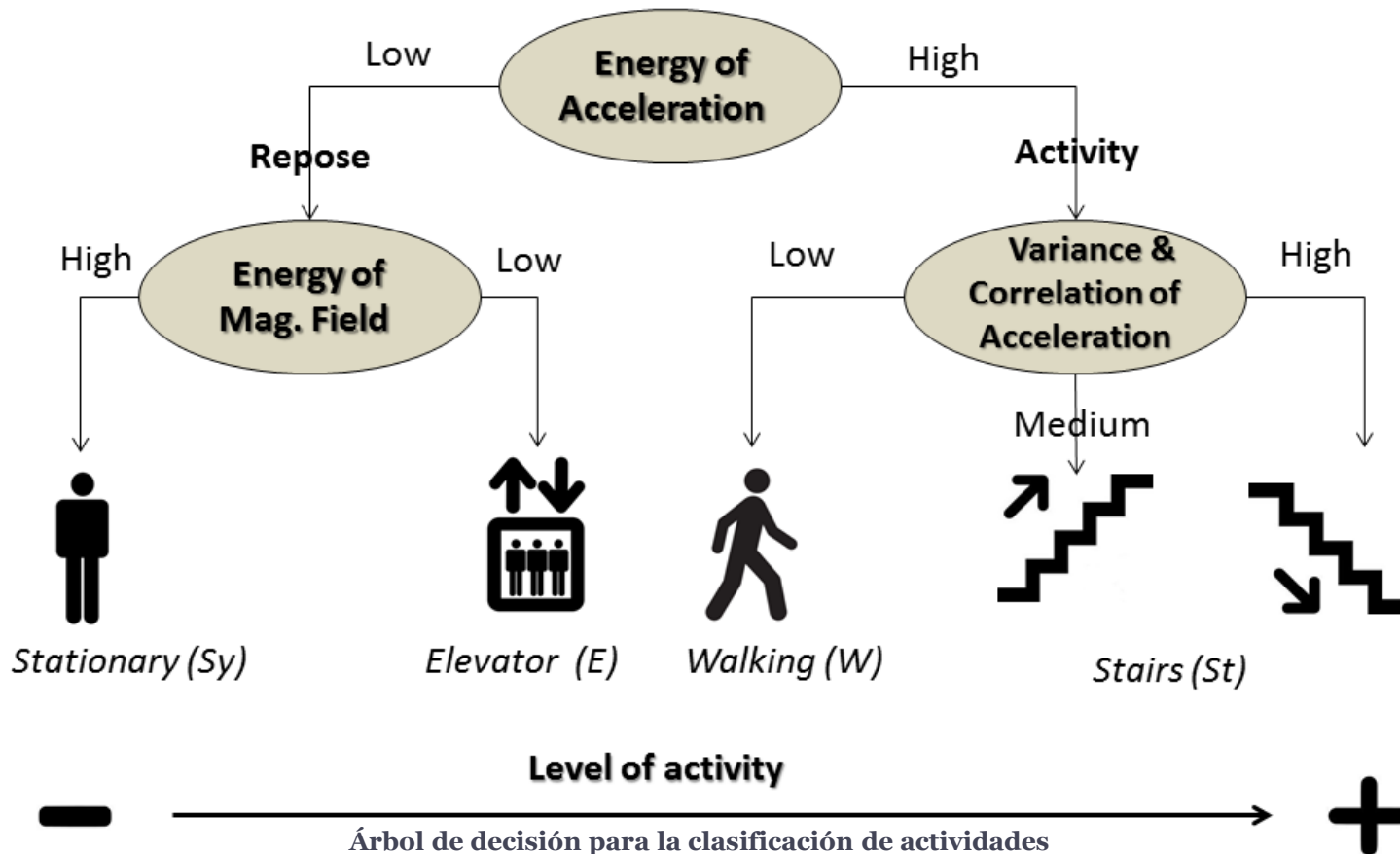
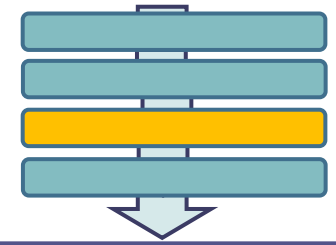


- **Parado (Sy) vs Ascensor (E):**
  - Efecto Faraday

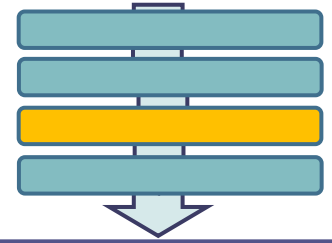


Variación del campo magnético transición entrada /salida ascensor

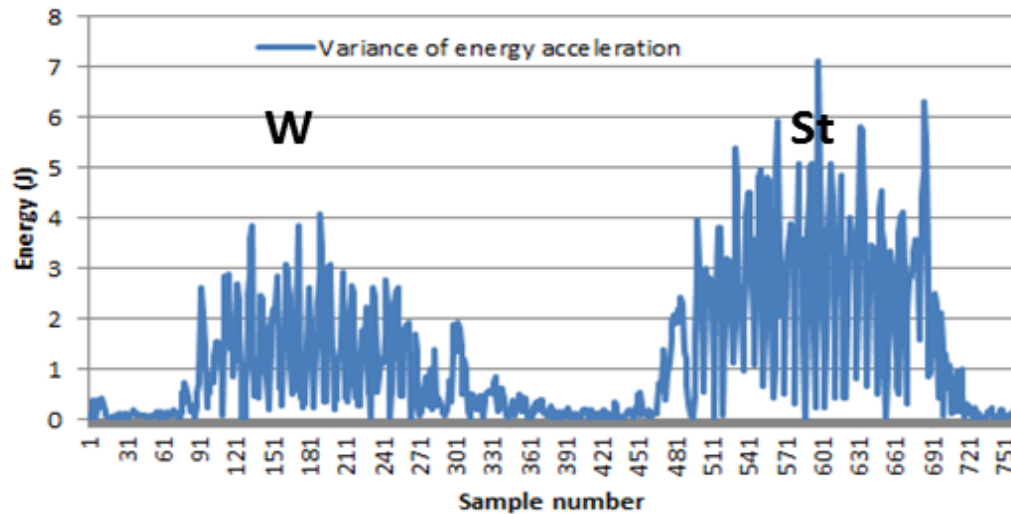
# Reconocimiento actividades



# Reconocimiento actividades

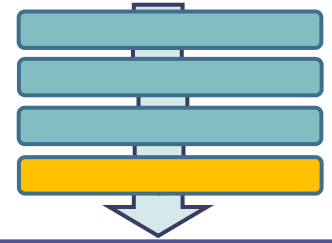


- **Caminando (W) vs Escaleras (St):**

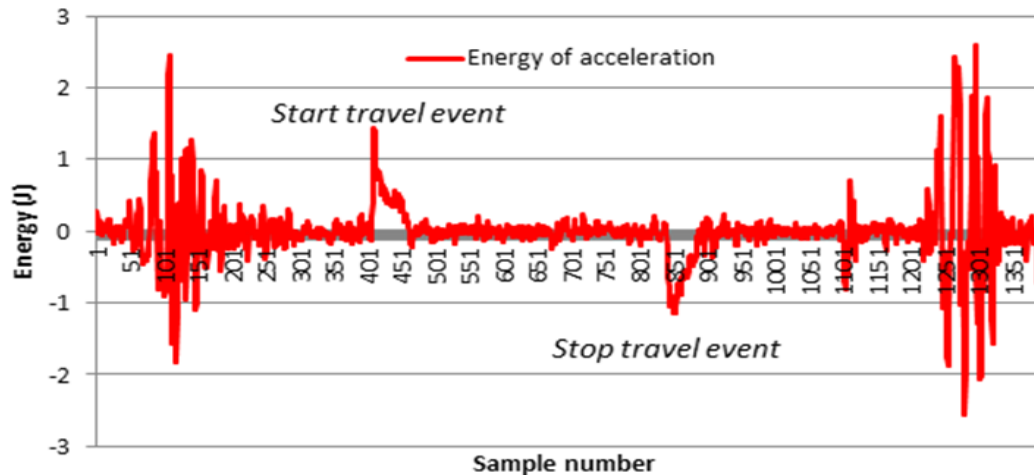


Energía de la varianza de la aceleración en actividades W y St

# Detallado de acciones

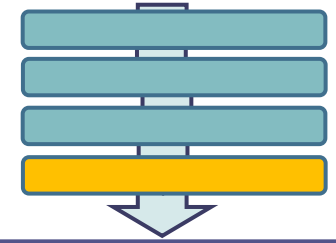


- **Ascensor (E)**
  - Sentido de viaje y estimación del número de pisos.



Picos de la energía de la aceleración en un recorrido de subida en ascensor

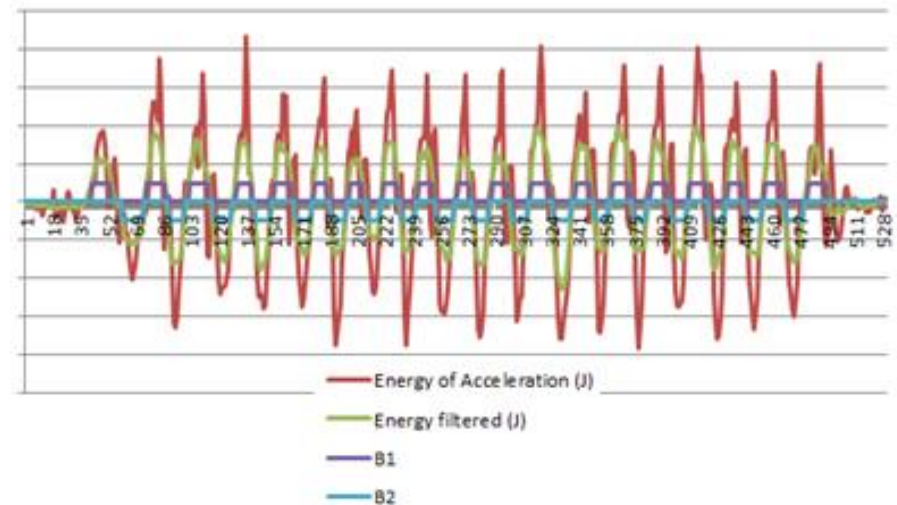
# Detallado de acciones



- **Caminando (W)**

- Número de pasos y estimación de la distancia.
- Algoritmo de detección de pasos basado en aceleraciones:

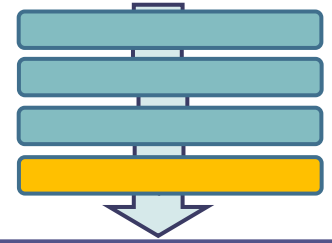
1. Rutina de calibración
2. Filtrado de energía
3. Aplicar doble umbral
4. Detección de paso
5. Estimación distancia



Señales algoritmo de conteo de pasos



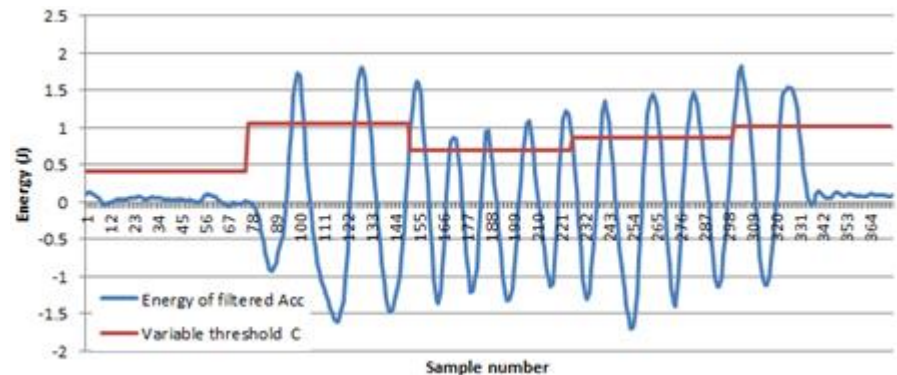
# Detallado de acciones



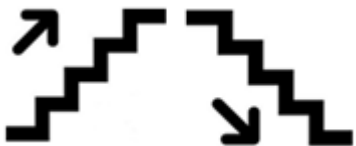
- **Escaleras (St)**

- Número de peldaños y estimación de altura.
- Algoritmo de detección de St basado en aceleraciones:

1. Rutina de calibración
2. Filtrado LPF de energía
3. Detección de picos y umbral
4. Detección de peldaños
5. Estimación altura



Señales algoritmo de conteo de peldaños



# EVALUACIÓN

# Metodología

- Dos conjuntos de pruebas para evaluar módulos por separado:
  1. Tests para la clasificación de actividades:
    - 10 pruebas por cada una de los estados.
  2. Tests para medir la exactitud de los algoritmos específicos:
    - 5 repeticiones con 3 distancias y número de escaleras distintos.
    - 5 pruebas con cuatros secuencias de giros diferentes.
- Diferentes escenarios.
- Varios usuarios.
- Posición del móvil: envío de mensajes.

# Resultados

## Clasificación de actividades:

Activity /Detected	Stationary	Elevator	Walking	Stairs	#Errors
Stationary	10	0	0	0	0
Elevator	1	9	0	0	1
Walking	0	0	9	1	1
Stairs	0	0	2	8	2

Matriz de confusión para el árbol de decisión de actividades

- Errores entre las actividades de escaleras y caminar.
- Tasa de acierto en conjunto del 90%.

# Resultados

## Algoritmos específicos :

- Sin errores en la detección número pasos y escaleras.
- Errores menores en la detección y clasificación de giros.

Tuns detection tests	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	# Errors
Sequence 1: L-R-L	LRL	LRL	LRL	LRL	LRL	0
Sequence 2: R-L-R	RLR	RLR	RLR	RLR	RLR	0
Sequence 3: R-L-L	RLL	RLL	RLL	RRL	RLL	1
Sequence 4: R-R-L	RRL	RRL	RRL	RRL	RRL	0

Resultados test detección y clasificación de giros

# Conclusión

---

- Técnica de localización en interiores basada únicamente en los sensores integrados en dispositivos móviles.
- Funcionamiento automático y transparente al usuario.
- Resultados prometedores.
- Margen de mejora e incremento de funcionalidades.

# Trabajos futuros

- Adaptar funcionamiento a nuevas posiciones.
- Sistema de evaluación mejorado. Integrar con :  
*“Testbed para la evaluación de sistemas de localización en interiores”*
- Automatizar la transición localización interiores/exteriores
- Utilizar nuevos sensores integrados como:  
sensor barométrico de presión.
- Implementación de un sistema participativo de recolección de datos.
- Proyecto aún en desarrollo. Tesis MSCS - USF

# Difusión

- Artículo de investigación:

*“Multi sensor algorithms for pedestrian activity recognition in indoor scenarios”*

- Revista JCR de Springer :

## **Mobile Networks and Applications**

Impacto: Q2 con factor de 1.109

Estado: pendiente de asignación de editor





# AGRADECIMIENTOS