



Análisis y diseño de una red inalámbrica de sensores para un proyecto agrario

Proyecto Final de Carrera

Autor: Ramón Martínez García

Ingeniería Técnica de Telecomunicación,
especialidad en Telemática

Universitat Oberta de Catalunya

Consultor: José López Vicario

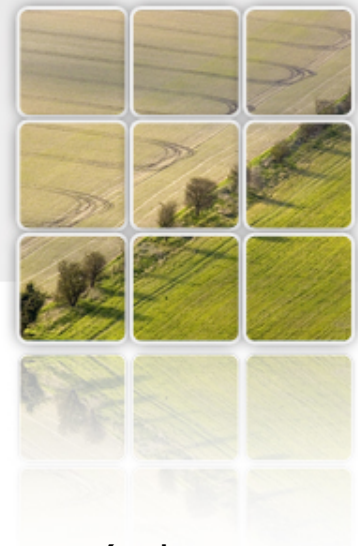
16 de enero de 2014

Índice

- Descripción del Proyecto
- Objetivos
- Planificación
- State of Art - WSN
- WSN Características I
- WSN Características II
- WSN Sector Agrario
- WSN Arquitectura Hardware I
- WSN Arquitectura Hardware II
- WSN Elementos
- Análisis del entorno agrario I
- Análisis del entorno agrario II
- Estudio de cobertura
- Direccionamiento y rutas
- Pruebas con prototipo
- Presupuesto
- Riesgos y conclusiones



Descripción del proyecto



Agricultura Inteligente – Concepto

Mejora la eficiencia y autonomía de los cultivos agrícolas

Hace frente a los cambios meteorológicos abruptos



Uso de tecnologías avanzadas de sensores



Objetivos



Objetivos principales del proyecto:

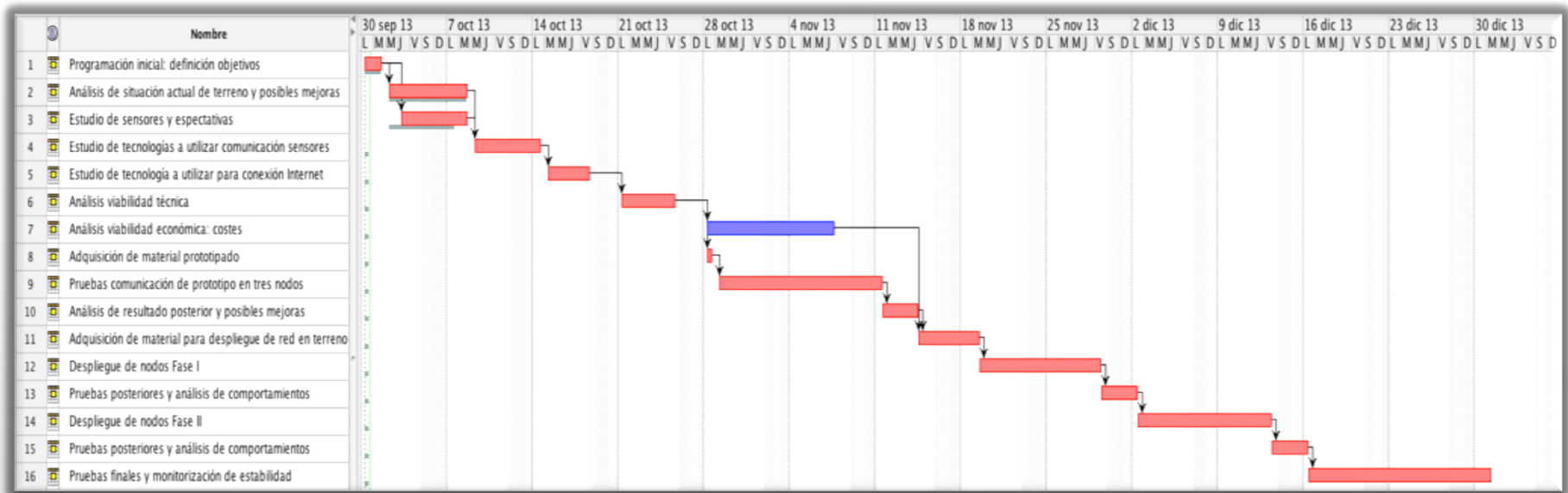
- Análisis de las diferentes soluciones actuales en las WSN
- Estudio de Hardware de microcontroladoras y módulos de Radio ZigBee
- Análisis del consumo de los nodos
- Simulación de la solución
- Análisis del despliegue en el entorno agrario
- Estudio económico del proyecto piloto



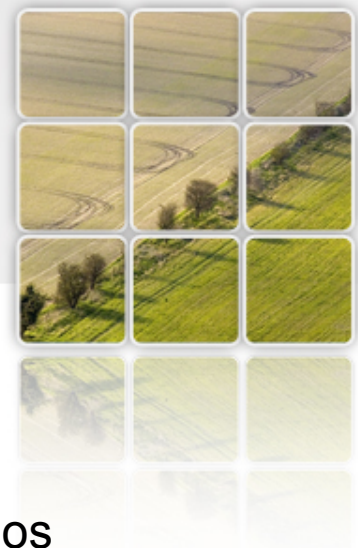
Planificación



Planificación del proyecto piloto, comienzo 30 de Septiembre, finalización estimada lunes 30 de Diciembre.



State of Art - WSN

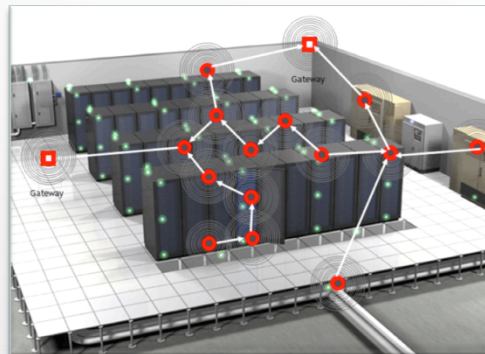
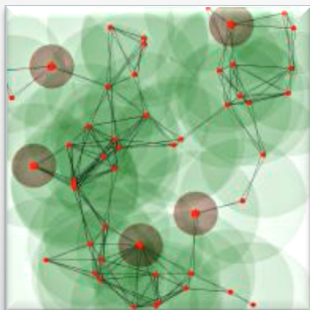


¿Qué es?

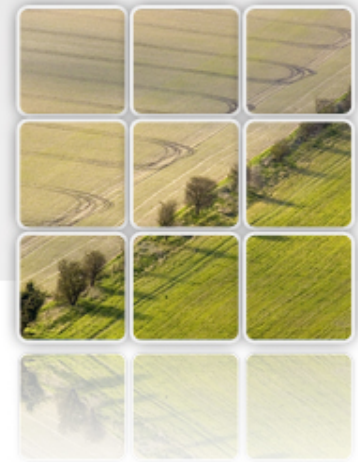
WSN – Red inalámbrica de nodos distribuidos espaciados y autónomos que hacen uso de sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales.

Áreas de aplicación muy extensas:

Control de eficiencia energética, e-Health, aplicaciones industriales, sensores ambientales, etc.

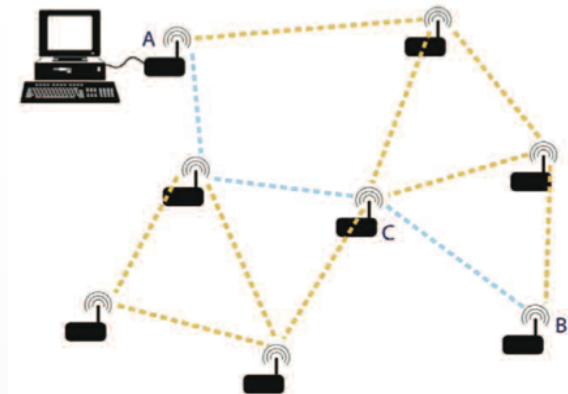
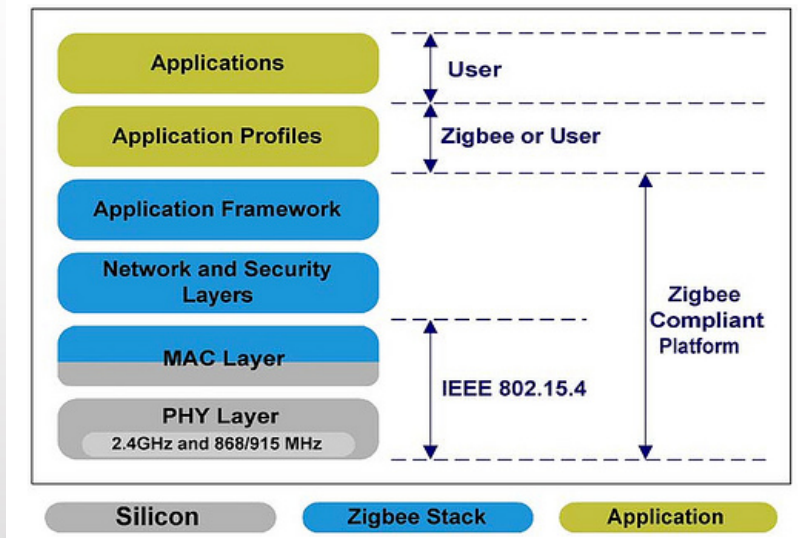


WSN– Características (i)

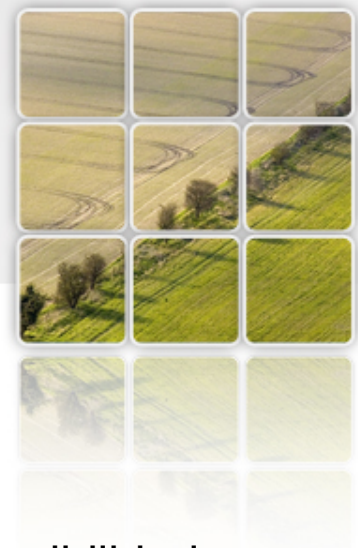


802.15.4 y ZigBee

- Red basada en el estándar inalámbrico 802.15.4
- Se usa banda de 2,4 GHz con canales de 5 MHz
- Funcionalidades de routing y redes aportadas por el protocolo ZigBee que hace uso del 802.15.4



WSN– Características (ii)



Comparativa tecnologías Wireless

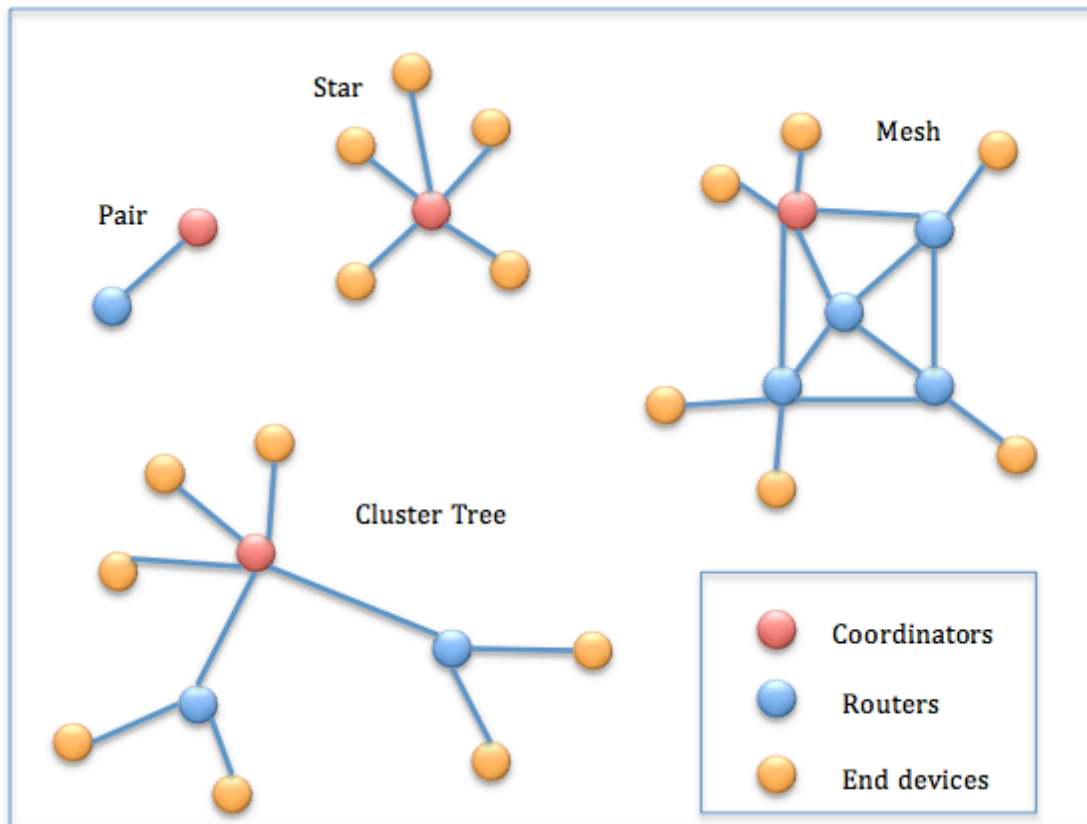
Ventajas de ZigBee: bajas tasas de transmisión permiten mayor sensibilidad, mayor cobertura y **mayor duración de la batería** (baja potencia de transmisión)

	ZigBee and 802.15.4	GSM/GPRS CDMA	802.11	Bluetooth
Focus Application	Monitoring and Control	Wide Area Voice and Data	High-Speed Internet	Device Connectivity
Battery Life	Years	1 Week	1 Week	1 Week
Bandwidth	250 Kbps	Up to 2 Mbps	Up to 54 Mbps	720 Kbps
Typical Range	100+ Meters	Several Kilometers	50-100 Meters	10-100 Meters
Advantages	Low Power, Cost	Existing Infrastructure	Speed, Ubiquity	Convenience

WSN – Características (iii)

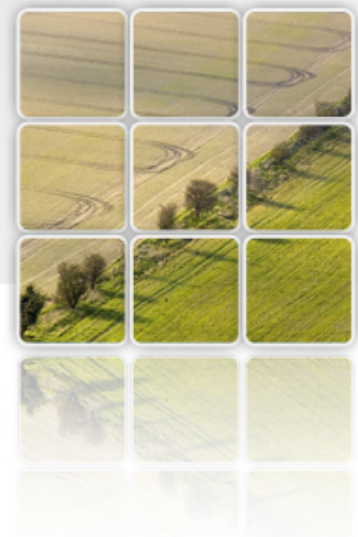


Escalabilidad y topología de red



En este proyecto se hará uso de la jerarquía en árbol o *Cluster Tree* ya que ZigBee no es válido en redes totalmente malladas.

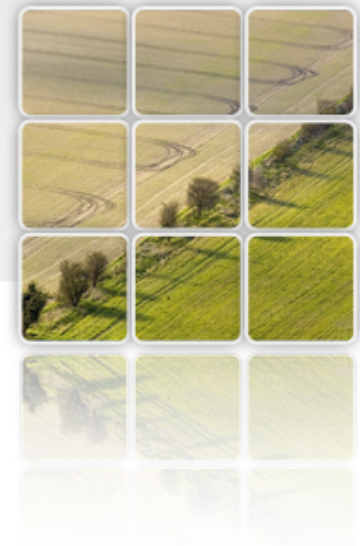
WSN – Sector Agrario



Aplicación en el sector agrario: Monitorización del estado del entorno para optimizar la irrigación, uso de químicos, etc.

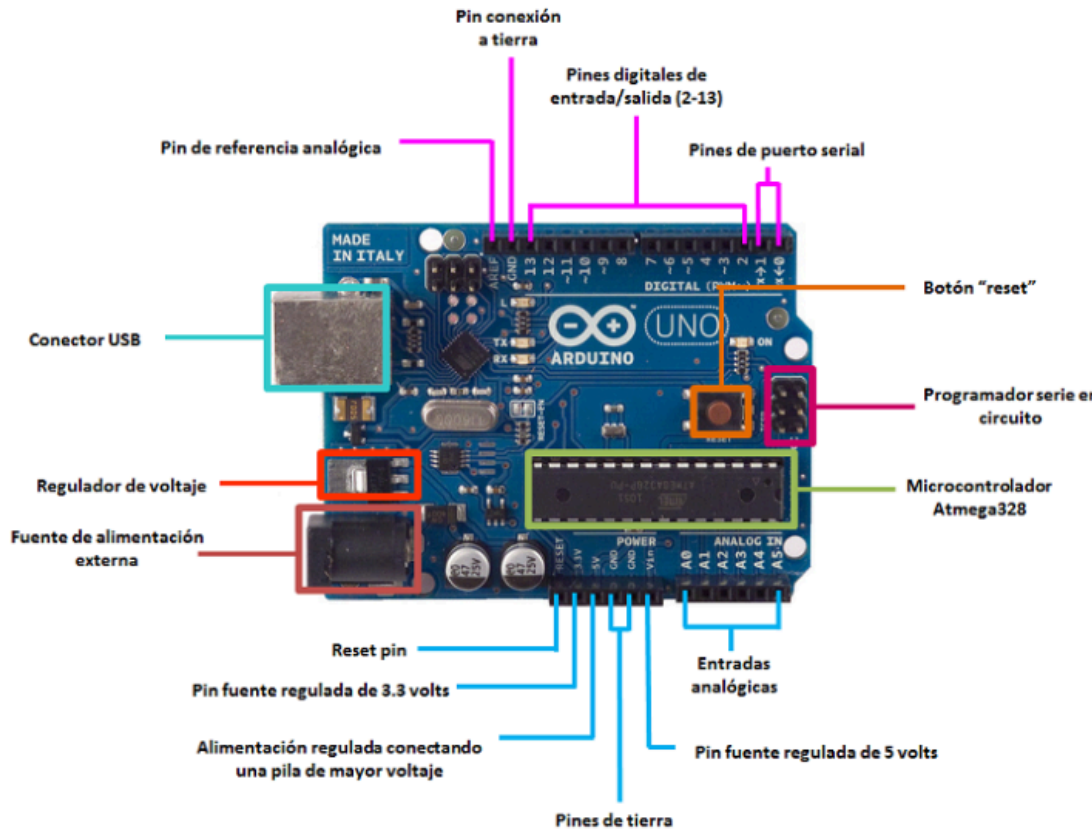


WSN- Arquitectura Hardware (i)



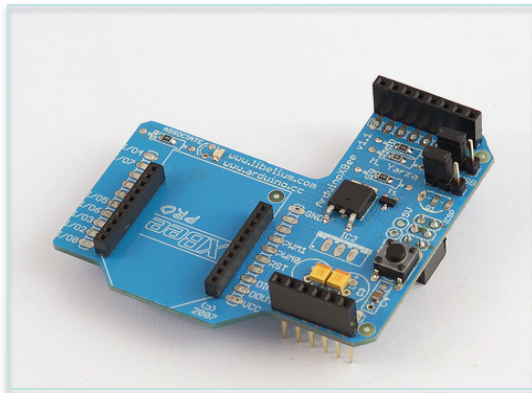
Disponibilidad de diferentes plataformas: Raspberry Pi, Wasmote, Arduino, etc.

Se hace uso de la arquitectura Arduino UNO por funcionalidad, simplicidad y costes.



Voltaje operacional: 5 V
Voltaje de entrada (recomendado): 6-12V
Voltaje de entrada (límites): 6-20V
Corriente DC por Pin I/O: 40mA
Corriente DC para Pin 3.3V: 50mA
Memoria Flash: 32 KB, 0.5 KB de los cuales son para el Bootloader
SRAM: 2KB
EEPROM: 1KB
Velocidad de reloj: 16 MHz

WSN- Arquitectura Hardware (ii)



+



Módulo XBee ZB Series 2
RF con conector RPSMA para
antena externa

+

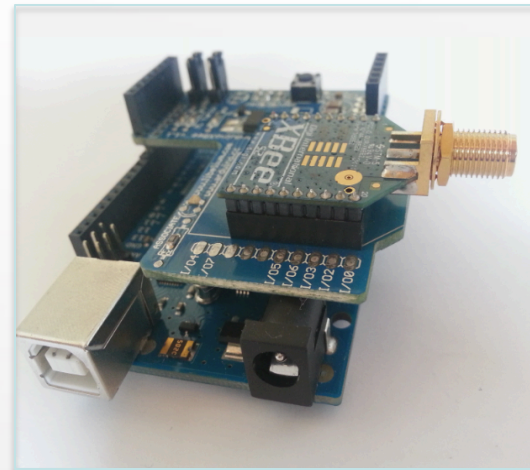


Antena 5 dBi 2,4 GHz

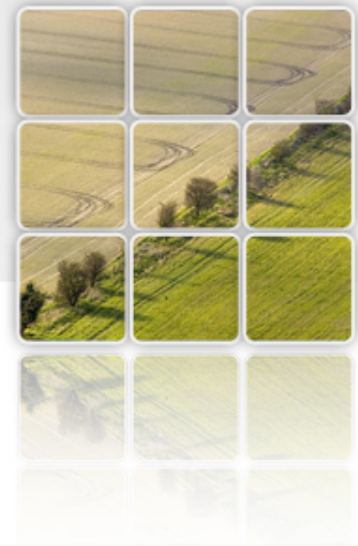
XBee Shield

Soporte para conectar el módulo RF
XBee con la microcontroladora Arduino

Arquitectura del nodo completa
Arduino UNO + XBee Shield + módulo
XBee



WSN – Elementos



Nodo Coordinador

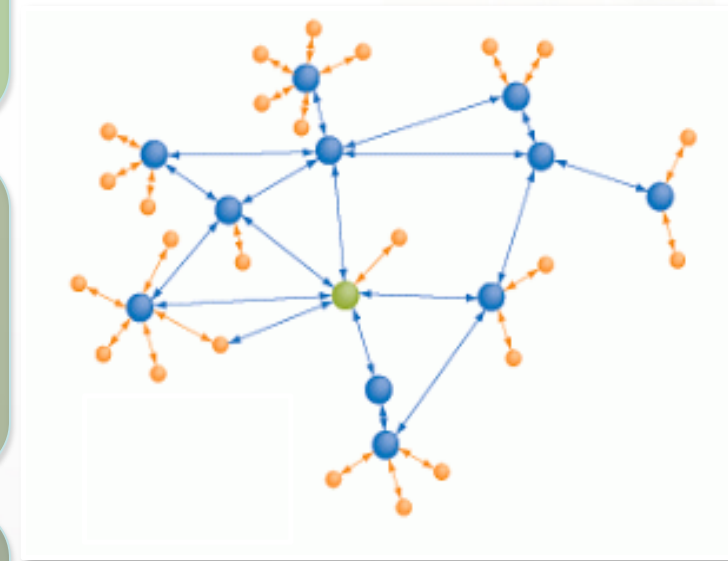
- Obligatorio tener un (único) nodo Coordinador en la red
- Encargado de inicializar la red y hacer función de Gateway
- Selecciona el canal y el PAN ID y puede permitir que otros nodos participen
- No puede entrar en estado *sleep*




Nodo Router

- Debe unirse a la red ZigBee antes de poder transmitir o encaminar datos
- Una vez unido, puede permitir que otros nodos participen en la red
- Puede encaminar tráfico
- No puede entrar en estado *sleep*

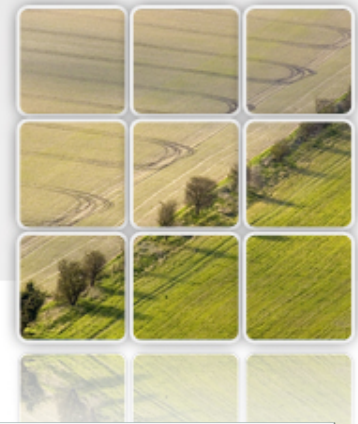
Nodo Final (Sensor)

- Debe unirse a la red ZigBee antes de recibir o transmitir datos
- No puede permitir que otros dispositivos se unan a la red
- Siempre debe transmitir y recibir datos a través de su padre
- No puede encaminar datos
- Puede entrar en estado *sleep*



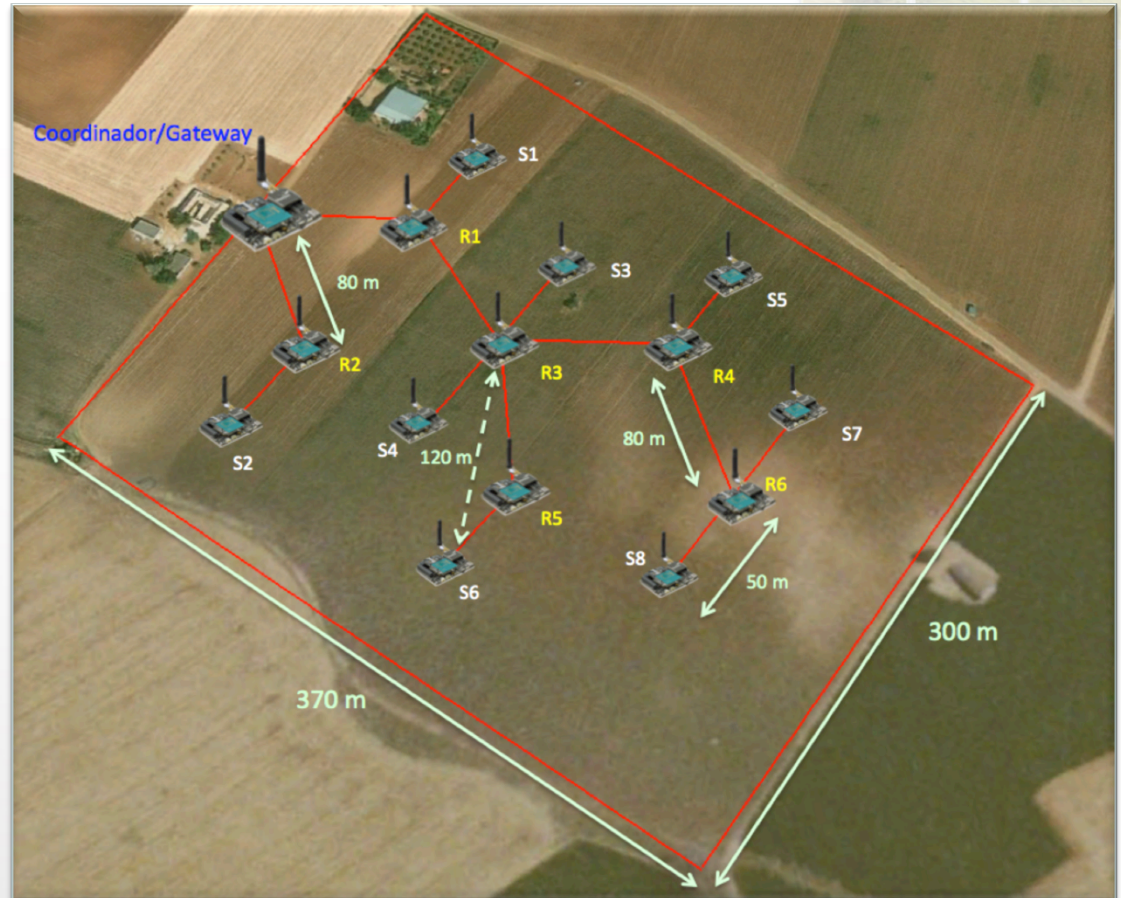
-  ZigBee Coordinador
-  ZigBee Router
-  ZigBee Final

Análisis entorno agrario (i)



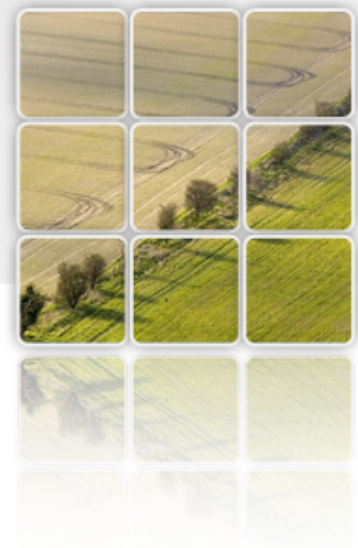
Ubicación y topología física

- Distribución de nodos pensada para facilitar futuras expansiones y alcance de un mayor número de puntos sobre el terreno.
- Posibilidad de convergencia manual en caso de falla.



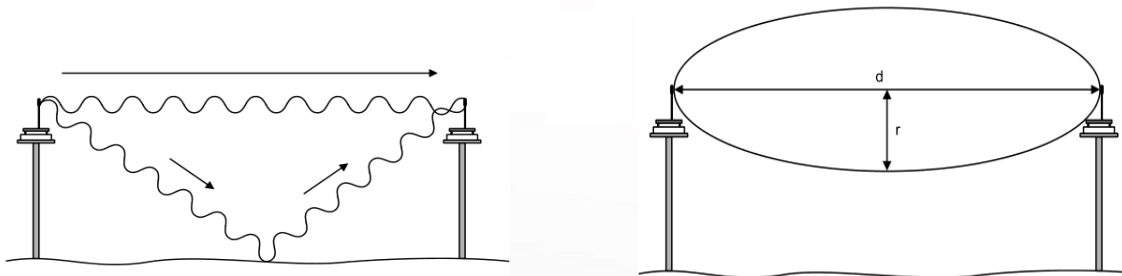
Nodo	Latitud	Longitud
Coordinador	37°39'14,22" N	5°4'12,89" O
R1	37°39'13,68" N	5°4'9,66" O
R2	37°39'11,67" N	5°4'12,09" O
R3	37°39'11,26" N	5°4'8,54" O
R4	37°39'10,75" N	5°4'5,33" O
R5	37°39'8,74" N	5°4'8,58" O
R6	37°39'8,11" N	5°4'4,80" O
S1	37°39'14,85" N	5°4'8,33" O
S2	37°39'10,41" N	5°4'13,56" O
S3	37°39'12,43" N	5°4'7,09" O
S4	37°39'10,00" N	5°4'9,97" O
S5	37°39'11,87" N	5°4'3,90" O
S6	37°39'7,57" N	5°4'10,12" O
S7	37°39'9,27" N	5°4'3,33" O
S8	37°39'6,92" N	5°4'6,24" O

Análisis entorno agrario (ii)



Consideraciones topología física y energía

Altura de antenas acorde a valor calculado para estimar Zona Fresnel



$$r_m = 17.32 \sqrt{\frac{d_{Km}}{4f_{Ghz}}}$$

$r = 1,58$ m en distancias de 80 m entre sensores y $r = 1,24$ en distancias de 50 m.

Vida estimada de baterías (3xAA) en nodos finales = 13 meses (función sleep)

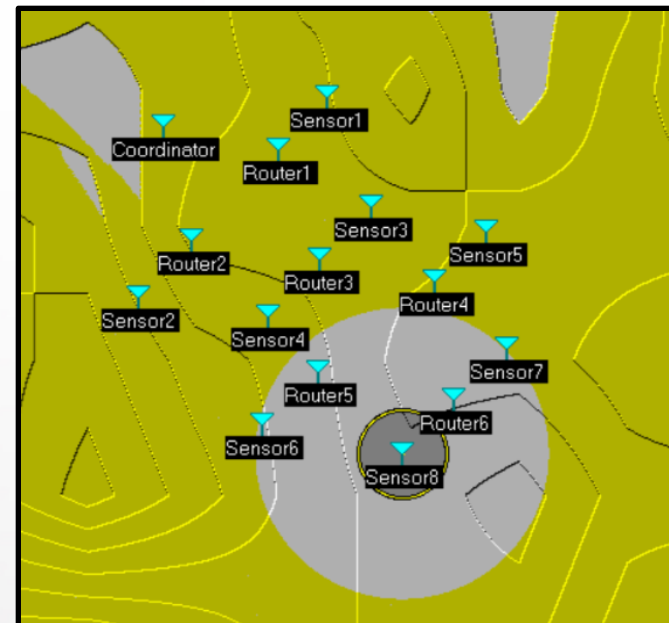
Vida estimada de baterías en Routers y Coordinador = 18.75 horas de vida -> uso necesario de panel solar para recarga de baterías.

Estudio de cobertura

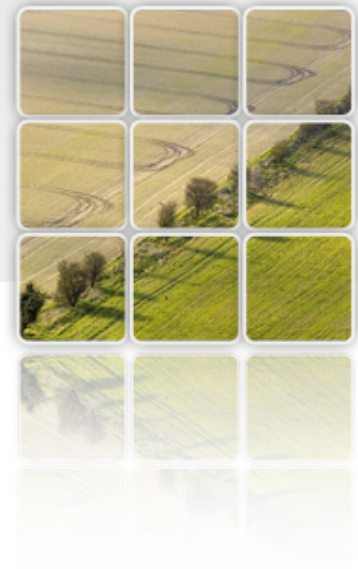


Estudio realizado con **Radio Mobile**

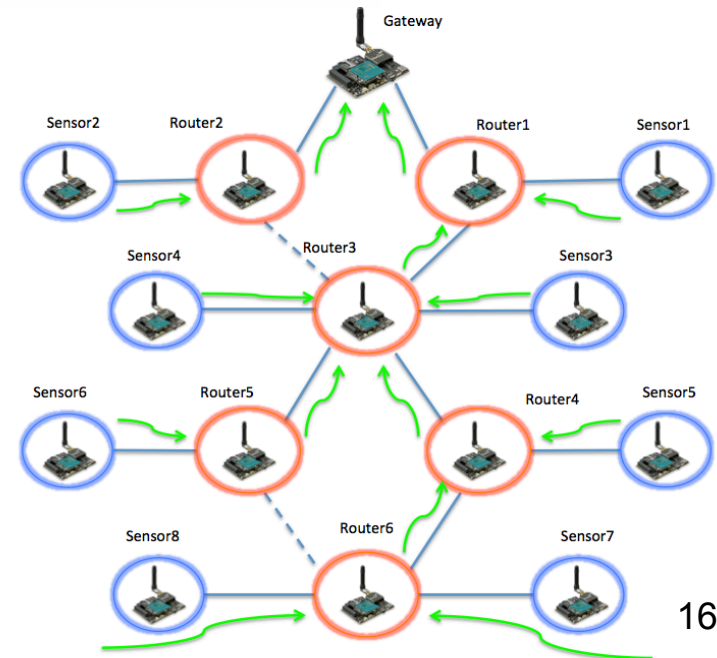
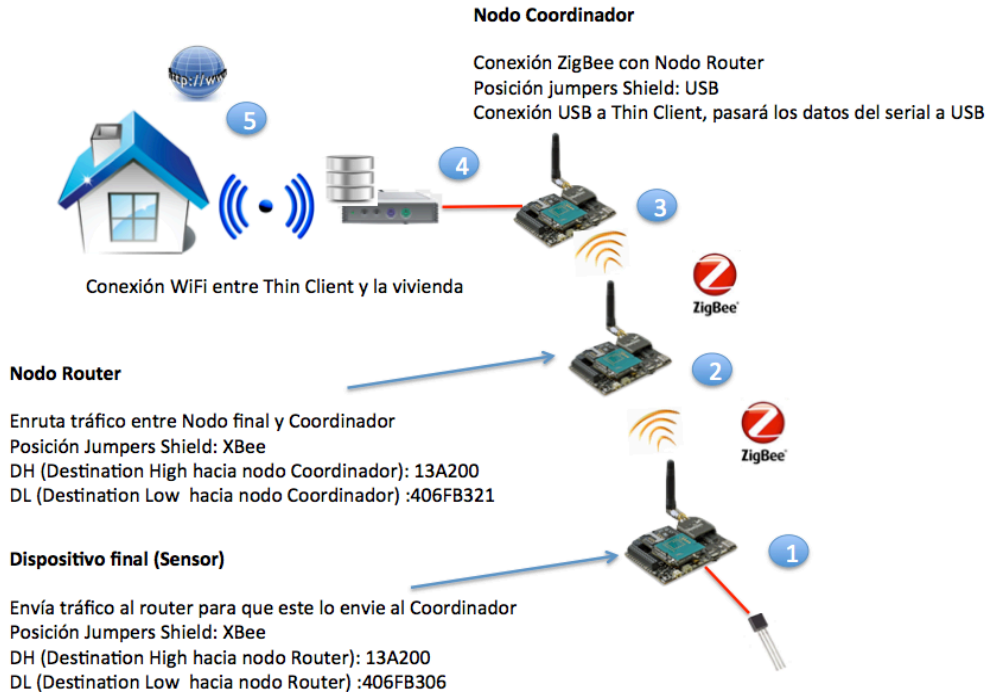
- Cobertura proporcionada (zona sin colorear) óptima.
- Convergencia manual posible en caso de falla.



Direccionamiento y rutas

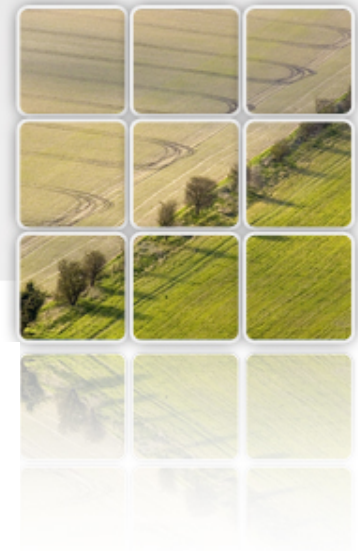


Esquema interconexión elementos WSN



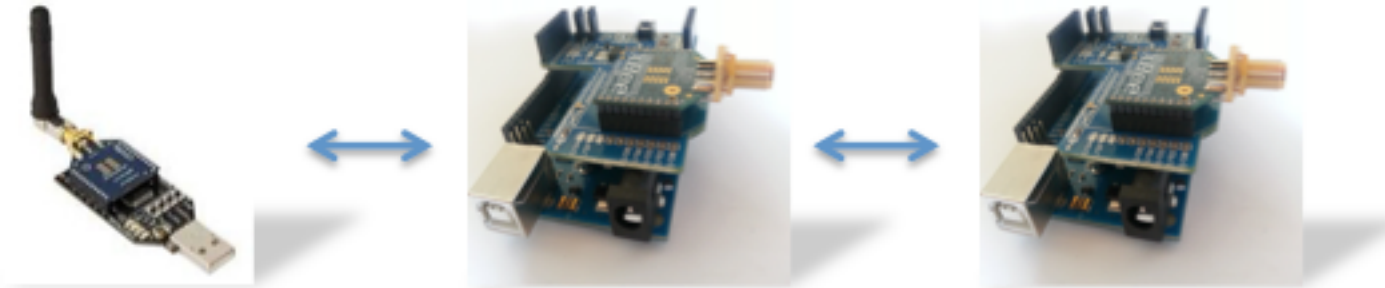
Disposición lógica de la red, sentido de comunicación de la información

Pruebas con prototipo



Elementos usados en prototipo:

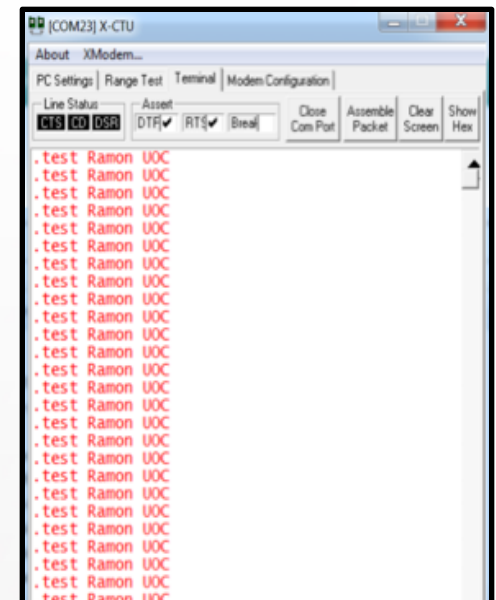
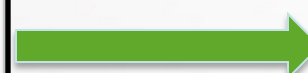
Waspote Gateway + XBee RF Arduino UNO + Shield + XBee RF Arduino UNO + Shield + XBee RF



Sketch con mensaje configurado en nodo Final para transmitir por la red creada:

```
sketch_nov18a | Arduino 1.0.5  
sketch_nov18a §  
void setup()  
{  
  Serial.begin(9600);  
}  
void loop()  
{  
  Serial.println("test Ramon UOC");  
  delay(1000);  
}
```

Resultado recogido en Gateway:



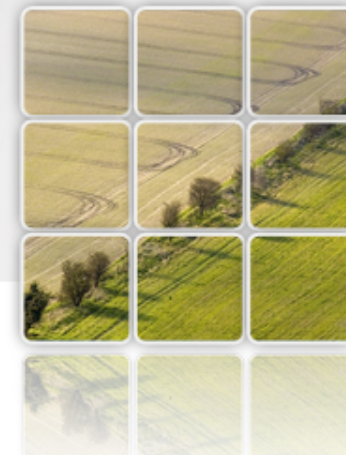
Presupuesto

Presupuesto estimado para proyecto piloto:

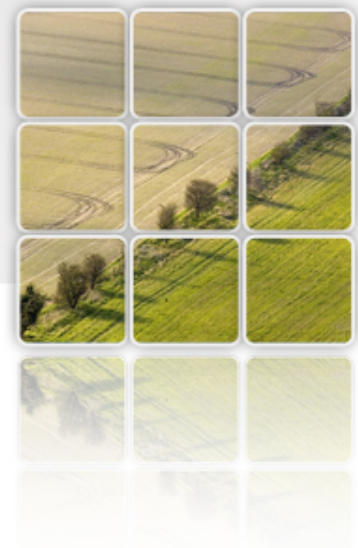
Reducción de coste en recursos humanos para futuras intervenciones una vez conseguido estándar.



Elemento	Descripción	Precio unidad (€)	Cantidad	Total (€)
Arduino UNO	Placa con microcontroladora	22	15	330
XBee Shield	Módulo para acoplar Radio	19,50	15	292,50
XBee	Módulo Radio SMA ZB Series 2	25,41	15	381,15
Antenas	5 dBi 2,4 GHz	6,05	15	90,75
Thin Client	Conexión entre Coordinador y red WiFi local + BBDD	200	1	200
Sensor de luz LDR		1,45	8	11,6
Sensor temperatura y humedad suelo		21,43	8	171,44
Sensor Humedad entorno		24,20	8	193,6
Sensor Temperatura entorno	Modelo DS18B20	5,32	8	42,56
Acelerómetro	- Opcional - Detección posible caída de nodo	5,73	15	85,95
Mano de Obra 1 - Ing. Téc. Telecomunicación	Programación, diseño y conexión Radio entre nodos	40€/h	312	12.480
Mano de Obra 2 - Ing. Agrónomo	Diseño y valoración de medidas de sensores	30€/h	72	2.880
Mano de Obra 3 - Técnico de Campo	Instalación y puesta en marcha de nodos	20€/h	64	1.280
Caja	Caja de protección IP65	10,26	15	153,9
Placas Solares	Módulo Solar 3W + batería litio 1100 mAh	60,50	6	363
Otros materiales	Tubos corrugados PVC + cables	8€/nodo	15	120
Precio total aproximado material				2436,45
Precio total aproximado con mano de obra	*ver aclaración inferior			19076,45



Riesgos y Conclusiones



Riesgos

- Un solo nodo Coordinador
- Posibles soluciones no unificadas
- Equipo no profesional usado en prototipo
- Seguridad, necesidad de cifrado
- Robo de nodos
- Coste de mano de obra elevado en prototipo



Conclusiones

- WSN proporciona solución viable y óptima
- Riesgos inherentes aceptables

